

Grupo de Investigación de Accidentes

**GRIAA**

GSAN-4.5-12-035



**AERONÁUTICA CIVIL**  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

# INFORME

# FINAL ACCIDENTE

**COL-16-37-GIA**

**Agotamiento de combustible**

**AVRO 146-RJ85, Matrícula CP 2933**

**29 de noviembre de 2016**

**La Unión, Antioquia – Colombia**



FINAL

**COL-16-37-GIA**

**Agotamiento de combustible**

**AVRO 146-RJ85, Matrícula CP 2933**

**29 de noviembre de 2016**

**La Unión, Antioquia – Colombia**

## ADVERTENCIA

El presente informe es un documento que refleja los resultados de la investigación técnica adelantada por la Autoridad AIG de Colombia – Grupo de Investigación de Accidentes e Incidentes - GRIAA, en relación con las circunstancias en que se produjeron los eventos objeto de la misma, con probables causas, sus consecuencias y recomendaciones.

De conformidad con los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia RAC 114 y el Anexo 13 de OACI, “El único objetivo de las investigaciones de accidentes o incidentes será la prevención de futuros accidentes o incidentes. El propósito de ésta actividad no es determinar culpa o responsabilidad”. Ni las probables causas, ni las recomendaciones de seguridad operacional tienen el propósito de generar presunción de culpa o responsabilidad.

Consecuentemente, el uso que se haga de este Informe Final para cualquier propósito distinto al de la prevención de futuros accidentes e incidentes aéreos asociados a la causa establecida, puede derivar en conclusiones o interpretaciones erróneas.

**SIGLAS**

<b>AAIB</b>	Air Accidents Investigation Branch
<b>ACC</b>	Centro de Control de Área
<b>AIS</b>	Servicio de Información Aeronáutica (Aeronautical Information Service)
<b>AGL</b>	Referencia sobre el nivel del suelo (Above Ground Level)
<b>ANAC</b>	Agência Nacional de Aviação Civil (Brasil)
<b>APU</b>	Unidad de Potencia Auxiliar
<b>ARO</b>	Oficina de Notificación de los Servicios de Tránsito Aéreo
<b>ATC</b>	Control de Tránsito Aéreo
<b>CAS</b>	Velocidad Calibrada
<b>CENIPA</b>	Centro de Investigación e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
<b>CSN</b>	Ciclos totales desde nuevo
<b>CSI</b>	Ciclos totales desde última inspección
<b>CVR</b>	Registrador de Voces de Cabina
<b>DGAC</b>	Dirección General de Aeronáutica Civil de Bolivia
<b>EASA</b>	Agencia Europea de Seguridad en la Aviación
<b>EET</b>	Tiempo en ruta estimado
<b>ETD</b>	Tiempo estimado de salida
<b>FAA</b>	Administración Federal de Aviación
<b>FADEC</b>	Full Authority Digital Engine Control
<b>FDR</b>	Registrador de Datos de Vuelo
<b>FIX</b>	Punto de Notificación
<b>FIR</b>	Región de Información de Vuelo
<b>FL</b>	Nivel de vuelo (Flight Level)
<b>GPS</b>	Sistema de Posicionamiento Global
<b>GRIAA</b>	Grupo de Investigación de Accidentes Aéreos – AIG COLOMBIA
<b>INAC</b>	Instituto Nacional de Aeronáutica Civil de Venezuela
<b>ILS</b>	Sistema de Aterrizaje por Instrumentos
<b>kt</b>	Nudos (Knots)
<b>LLZ</b>	Localizador
<b>LMI</b>	Designador del vuelo LAMIA
<b>MSL</b>	Nivel medio del mar
<b>MDE APP</b>	Medellín Aproximación ATC
<b>nm</b>	Millas Náuticas
<b>NVM</b>	Memoria No Volátil
<b>PiC</b>	Piloto en Comando (Piloto)
<b>SAFA</b>	Safety Assessment of Foreign Aircraft
<b>SBCH</b>	Aeropuerto Serafín Enoss Bertaso - Ciudad de Chapeco (Brasil)
<b>SBGR</b>	Aeropuerto Guarulhos International – São Paulo (Brasil)
<b>SIC</b>	Segundo en Comando (Copiloto)
<b>SID</b>	Procedimiento Estándar de Salida Instrumental
<b>SKBO</b>	Aeropuerto Eldorado International – Bogotá (Colombia)
<b>SKRG</b>	Aeropuerto José María Córdoba International – Rionegro (Colombia)
<b>SLVR</b>	Aeropuerto Viru International – Santa Cruz (Bolivia)
<b>SLCB</b>	Aeropuerto Jorge Wilstermann International – Cochabamba (Bolivia)

<b>SLCO</b>	Aeropuerto Capitán Aníbal Arab - Cobija (Bolivia)
<b>SMS</b>	Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional
<b>SSP</b>	Sistema Estatal de la Seguridad Operacional
<b>TSN</b>	Tiempo Total desde Nuevo
<b>TSI</b>	Tiempo desde última inspección
<b>UTC</b>	Tiempo Coordinado Universal
<b>VOR</b>	Radiofaro Omnidireccional de Alta Frecuencia

## SINOPSIS

<b>Aeronave:</b>	AVRO 146-RJ85
<b>Fecha y hora del Accidente:</b>	29 de Noviembre de 2016, 02:59 hrs <sup>1</sup>
<b>Lugar del Accidente:</b>	“Cerro Gordo”, Jurisdicción del Municipio de La Unión, Departamento de Antioquia - Colombia
<b>Coordenadas:</b>	N05°58'43.56" – W075°25'7.86"
<b>Tipo de Operación:</b>	Transporte Aéreo Comercial No Regular de Pasajeros (Chárter)
<b>Explotador:</b>	Línea Aérea Mérida Internacional de Aviación - LAMIA CORPORATION S.R.L
<b>Personas a bordo:</b>	04 Tripulantes 73 Pasajeros

## Introducción

El Grupo de Investigación de Accidentes Aéreos (GRIAA) de la Autoridad Aeronáutica de Colombia fue alertado de la desaparición de la aeronave AVRO RJ85 el 29 de noviembre de 2016 a las 03:10 hrs. De conformidad con las disposiciones locales, una vez localizada la aeronave, un equipo de investigadores dio inicio a la investigación del evento estableciéndose en el sitio del accidente a las 11:30 hrs.

El GRIAA inició la investigación del accidente siguiendo las disposiciones de la Reglamentación Aeronáutica Colombiana. Así mismo, cumpliendo las disposiciones internacionales de Investigación de Accidentes Aéreos, contenidas en el Anexo 13 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), la Dirección General de Aeronáutica Civil – AIG (Bolivia), representando al Estado de Matrícula y de Explotación; la Air Accidents Investigation Branch – AAIB (Reino Unido), representando al Estado de Diseño y Fabricación de la aeronave; la National Transportation Safety Board – NTSB (Estados Unidos), representando al Estado de Diseño y Fabricación de los motores; y el Centro de Investigaçãõ e Prevençãõ de Acidentes Aeronáuticos – CENIPA (Brasil), representado al Estado de los nacionales involucrados en el accidente, designaron Representantes Acreditados para participar en la investigación.

Así mismo, participó la Federal Aviation Administration (FAA) como asesor técnico a la NTSB y la Agencia de Aviación Europea para la Seguridad (EASA) como asesor técnico a la AAIB. Se contó también con la asistencia de asesores técnicos de la compañía fabricante de la aeronave y de los motores.

<sup>1</sup> Todas las horas (hrs) expresadas en este informe son UTC. Cinco (5) horas deben ser sustraídas para obtener la hora local en Colombia. Deben sustraerse cuatro (4) horas para obtener la hora local en Bolivia. Dos (2) horas deben ser sustraídas para obtener la hora local de verano en Brasil.

## Resumen

La aeronave AVRO 146-RJ85, de matrícula CP 2933 se encontraba efectuando un vuelo<sup>2</sup> directo entre el aeropuerto internacional de Viru Viru, Santa Cruz – Bolivia (OACI: SLVR) hacia el aeródromo José María Córdoba, Rionegro – Colombia (OACI: SKRG). Durante la ejecución de un descenso en el circuito de espera de la posición GEMLI, para interceptar el Localizador LLZ y aproximar de la pista 01 del aeropuerto internacional José María Córdoba, la aeronave impactó la ladera sur de un terreno montañoso ubicado a 10 nm al Sur de la cabecera 01 del aeropuerto SKRG.

Como resultado del accidente, la aeronave resultó destruida; de un total de setenta y siete (77) ocupantes, setenta y un (71) ocupantes perecieron y seis (6) ocupantes sobrevivieron con lesiones graves y menores.

La aeronave había sido programada para efectuar un vuelo de Transporte No Regular de Pasajeros desde el aeropuerto internacional de Viru Viru, Santa Cruz – Bolivia (OACI: SLVR) hacia el aeródromo José María Córdoba, Rionegro – Colombia (OACI: SKRG), con 77 ocupantes de los cuales cuatro (4) eran tripulantes. No se presentó incendio post-impacto. El accidente ocurrió a las 02:59 hrs, en condiciones nocturnas.

La investigación identificó los siguientes factores causales:

- Inapropiado planeamiento y ejecución del vuelo, por parte del Explotador, pues no se contempló la cantidad de combustible necesaria que se requeriría para volar desde el aeropuerto de destino a un aeropuerto alternativo, ni una cantidad de combustible de reserva, ni el combustible de contingencia, ni el combustible mínimo de aterrizaje, cantidades de combustible que son requeridas por la normatividad aeronáutica para la ejecución del tipo de vuelo internacional que efectuaba el avión CP 2339.
- Apagada secuencial de los cuatro (4) motores mientras la aeronave se encontraba en descenso en el circuito de espera de la posición GEMLI, como consecuencia del agotamiento de combustible a bordo.
- Inadecuada toma de decisiones de la administración de la compañía explotadora de la aeronave, como consecuencia de la falta de aseguramiento de la seguridad operacional en sus procesos.
- Pérdida de la conciencia situacional y equivocada toma de decisiones de la tripulación, que mantuvo la fijación de continuar un vuelo con una cantidad de combustible extremadamente limitada. La tripulación era consciente del bajo nivel de combustible remanente, sin embargo, no tomó las acciones correctivas requeridas para aterrizar en un aeródromo y obtener el reabastecimiento que le permitiera continuar el vuelo de manera segura.

<sup>2</sup> Vuelo LMI2933

La investigación identificó los siguientes factores contribuyentes:

- Configuración prematura de la aeronave para el aterrizaje, durante el descenso en el patrón de sostenimiento de la posición GEMLI, ya que, considerando la ausencia de empuje esta configuración afectó la distancia de planeo del avión hacia la pista del aeropuerto de Rionegro.
- Deficiencias latentes en el planeamiento y en la ejecución de vuelos de Transporte No Regular, por parte del explotador de la aeronave, relacionadas con el abastecimiento insuficiente de la cantidad de combustible requerido.
- Deficiencias específicas en el planeamiento del vuelo accidentado, por parte el explotador de la aeronave.
- Falta de supervisión y control operacional del vuelo por parte del Explotador, que no supervisó el planeamiento del mismo, ni su ejecución, ni efectuó un seguimiento del vuelo que hubiera permitido apoyar a la tripulación en la toma de decisiones.
- Ausencia de llamados oportunos de "prioridad", de "emergencia" u otros, por parte de la tripulación de la aeronave, durante el vuelo, y especialmente cuando era inminente el agotamiento de combustible en la fase de descenso y sostenimiento, que hubieran alertado a los servicios de tránsito aéreo para brindar el apoyo necesario.
- Desviación organizacional y operacional por parte del Explotador en la aplicación de los procedimientos de gestión de combustible, pues no cumplía en la práctica, lo aprobado por la DGAC de Bolivia en el proceso de certificación de la empresa.
- Demora en la aproximación del CP 2933 a la pista de Rionegro, originada por su tardía solicitud de prioridad, y tardía declaratoria de emergencia por combustible, sumada a la densidad de tránsito en el patrón de sostenimiento de VOR RNG.

La investigación emitió once (11) recomendaciones de seguridad operacional.

## 1. INFORMACIÓN FACTUAL

### 1.1 Historia del vuelo

#### 1.1.1 Antecedentes del vuelo

La aeronave CP 2933, operada por una compañía Boliviana de transporte aéreo no regular de pasajeros fue contratada por un equipo de fútbol Brasileño y personal asociado, (en adelante "los pasajeros"), con el fin de realizar dos (2) vuelos chárter de transporte no regular de pasajeros.

El primer vuelo estaba programado para realizarse el 28 de noviembre a las 14:00 hrs, desde la Ciudad de Guarulhos, Estado de São Paulo, Brasil (Aeropuerto Internacional de Guarulhos – ICAO: SBGR), a la Ciudad de Medellín, Colombia (aeropuerto José María Córdoba ICAO: SKRG).

El segundo vuelo debería realizarse el 02 de diciembre a las 07:30 hrs, desde el aeródromo SKRG hacia la Ciudad de Chapecó, Brasil (Aeropuerto Serafín Enoss Bertaso – ICAO: SBCH).

La aeronave CP 2933 se encontraba estacionada en Bolivia. El 27 de noviembre, la compañía elevó dos (2) requerimientos a la Autoridad Aeronáutica Brasileira (Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC), para realizar los vuelos programados.

Dichos requerimientos fueron denegados, debido a que no cumplían con las regulaciones Brasileñas<sup>3</sup> e internacionales, que exigen que los vuelos chárter sólo pueden ser realizados normalmente por un explotador perteneciente al país de origen o país de destino.

El 28 de noviembre a las 13:21 hrs, la compañía realizó un nuevo requerimiento de vuelo a la Autoridad ANAC, la cual nuevamente fue rechazada por las mismas razones previamente mencionadas. Es así como, el explotador, que pertenecía al Estado Boliviano no pudo obtener el permiso necesario para realizar el vuelo como estaba previsto.

Sin la autorización de la ANAC, se realizaron arreglos para que los pasajeros se desplazaran en vuelo regular de pasajeros desde Guarulhos - Brasil (SBGR) hacia Santa Cruz – Bolivia (SLVR), y posteriormente, abordaran la aeronave CP 2933 en SLVR con destino a SKRG.

Los pasajeros abordaron en el aeropuerto Guarulhos – Brasil (SBGR) el vuelo OB739, el cual tenía hora prevista de salida a las 17:45 hrs. El despegue se realizó a las 18:21 hrs.

A las 20:45 hrs, el vuelo OB739 arribó a la Ciudad de Santa Cruz – Bolivia (ICAO: SLVR) con los pasajeros, sin novedad.

<sup>3</sup> Código Brasileño de Aeronáutica y Convenio de Chicago – El acuerdo con Bolivia, no prevé operaciones como se configura en la Séptima Libertad del aire.

### 1.1.2 Trayecto: Cochabamba, Bolivia (SLCB) – Santa Cruz, Bolivia (SLVR)

El 28 de noviembre, la aeronave CP 2933 se encontraba establecida en la Ciudad de Cochabamba - Bolivia (aeropuerto Internacional Jorge Wilstermann – ICAO: SLCB).

Se programó el vuelo CP 2933 entre la Ciudad de Cochabamba (SLCB) y Santa Cruz (SLVR) con hora estimada de salida a las 17:30 hrs. La aeronave efectuó el despegue a las 17:19 hrs y efectuó el aterrizaje en Santa Cruz (SLVR) a las 17:58 hrs sin novedad.

A las 20:10 hrs, el Despachador que acompañaba el vuelo, presentó el plan de vuelo hacia SKRG en la oficina ARO/AIS del aeropuerto de Santa Cruz (SLVR). El plan de vuelo presentado registró una hora de salida a las 22:00 hrs y un nivel de vuelo de crucero de FL 280. El tiempo total de vuelo y la autonomía fueron registrados en el plan de vuelo como cuatro (4) horas y veintidós (22) minutos.

La oficina ARO/AIS realizó la observación de llenado<sup>4</sup> en relación a la casilla de Autonomía que correspondía al mismo Tiempo Estimado en Ruta (EET), sin embargo, dichas observaciones no fueron consideradas por la compañía y el plan de vuelo fue aceptado alrededor de las 20:30 hrs.

A las 20:45 hrs, Los pasajeros arribaron a Santa Cruz (SLVR).

### 1.1.3 Trayecto Santa Cruz, Bolivia (SLVR) – Rionegro, Colombia (SKRG)

Después de la presentación del plan de vuelo y arribo de la tripulación del CP 2933 a Santa Cruz, de acuerdo a información de testigos, el comandante había instruido abastecer la aeronave con una carga máxima de combustible de 9,300 kg. A las 18:40 hrs, se abasteció un total de 2050litros (1,636kg).

Se conoció durante las declaraciones iniciales aportadas por uno de los sobrevivientes, que la aeronave realizaría el reabastecimiento de combustible en el aeropuerto de Cobija (SLCO). El aeropuerto de Cobija se encuentra ubicado cerca de la frontera entre el Estado de Bolivia y el Estado de Brasil, y normalmente sólo opera durante el día o en horario nocturno, salvo requerimiento<sup>5</sup>. El 28 de Noviembre de 2016, el aeródromo cerró la operación a las 22:43 hrs<sup>6</sup>.

Una vez en Santa Cruz, los pasajeros abordaron el avión, y a las 22:08 hrs, se realizó la puesta en marcha de los motores. A bordo, se encontraba la tripulación compuesta por el comandante, un copiloto y dos tripulantes de cabina. Así mismo, se encontraban a bordo setenta y tres (73) pasajeros; dentro de los que se hallaba un técnico, un Despachador de la compañía, y un piloto que ocupó el asiento del observador en la cabina de mando.

<sup>4</sup> Informe ARO/AIS 01 de diciembre 2016

<sup>5</sup> AIP Bolivia AD 2 SLCO 1 – SLCO AD 2.3 Horas de Funcionamiento (12) – El aeródromo tenía vigente NOTAM C1315/16 C1314/16 de inoperatividad de luces de borde y umbral de pista.

<sup>6</sup> Aunque en vuelos previos fue tramitado permiso para operación nocturna, no fue realizado ningún trámite para la extensión de la operación en SLCO por parte del operador.

La aeronave despegó por la pista 34 del aeropuerto SLVR a las 22:18 hrs y ascendió a nivel de vuelo crucero inicial de FL 260, nivelando a las 22:41 hrs. A las 22:49 hrs continuó su ascenso a FL 280 donde niveló a las 22:58 hrs. Posteriormente a las 23:54 hrs, realizó el ascenso al nivel de crucero final de FL 300, nivelando a las 00:14 hrs. La velocidad de crucero registrada fue de 220kt CAS.

Durante la fase crucero, el CVR registró varias conversaciones de la tripulación<sup>7</sup> sobre el estado del combustible de la aeronave y pudieron ser escuchadas algunas conversaciones relacionadas con cálculos de combustible. A las 00:42:18 hrs, se escuchó que uno de los pilotos comentaba que desviarían su ruta a Bogotá (SKBO) para reabastecer combustible.

A las 00:48:49 hrs el vuelo CP 2933 efectuó el primer contacto con el ATC Colombiano (Bogotá Centro de Control sector SE) sobre el FIX ARUXA y sobrevolando la ruta UL417:

Hora (UTC)	Fuente de la transmisión	Comunicaciones
00:48:49	CP 2933 al ATC	Bogotá centro Lima Mike India dos nueve tres tres
00:49:04	BOG ACC SE a CP 2933	Lima Mike India dos nueve tres tres Bogotá control prosiga
00:49:09	CP 2933 al ATC	Buenas noches tres cero cero de nivel responde seis tres seis tres
00:49:20	BOG ACC SE a CP 2933	Lima Mike India dos nueve tres tres recibido está en contacto radar nivel de vuelo tres cero cero le confirmo su ruta está autorizado proceder a Rionegro via ARUXA, PABÓN, BOGOTÁ, BOGOTÁ NIRSO, NIRSO RIONEGRO
00:49:57	CP 2933 a ATC	Copiado el Lima Mike India dos nueve tres tres

A las 00:52:24 hrs, otra conversación tomó lugar en el registro del CVR poco después que el avión fuera transferido al ATC Colombiano, relacionada con la decisión de la tripulación para continuar su ruta hacia Rionegro (SKRG). A las 01:03:01 hrs la tripulación realizó el briefing de aproximación al aeropuerto Jose María Cordoba (SKRG) de Rionegro.

A las 01:15:03 hrs el CVR cesó de registrar información<sup>8</sup>.

A las 01:16:38 hrs se efectuó nuevamente comunicación con Bogotá Centro de Control sector SE:

Hora (hrs)	Fuente de la transmisión	Comunicaciones
01:16:38	CP 2933 a ATC	Control Bogotá Lima Mike India dos nueve tres tres solicitud
01:16:43	BOG ACC SE a CP 2933	Prosiga dos nueve tres tres

<sup>7</sup> Apéndice 1. Transcripción de la Grabadora de Voces de Cabina (CVR)

<sup>8</sup> Posteriormente al cese del funcionamiento del CVR las comunicaciones se obtuvieron de las grabaciones del ATC

01:16:45	CP 2933 a ATC	Solicitamos desvío a la izquierda por formación
01:16:49	BOG ACC SE a CP 2933	Recibido Lima Mike India dos nueve tres tres desvío izquierda aprobado informe si libre de mal tiempo podría volar a la posición NIRSO November India Romeo Sierra Oscar
01:17:06	CP 2933 a ATC	Afirmativo para NIRSO directo de la presente
01:17:10	BOG ACC SE a CP 2933	O.K. libre de mal tiempo directo a NIRSO aprobado dos nueve tres tres
01:17:17	CP 2933 a ATC	NIRSO aprobado para el Lima Mike India dos nueve tres tres

A las 02:28:59 hrs el Centro de Control Bogotá sector SE llamó a la tripulación del vuelo CP 2933 para cambio a Centro de Control Bogotá sector NW:

Hora (hrs)	Fuente de la transmisión	Comunicaciones
02:28:59	BOG ACC SE a CP 2933	Lima Mike India dos nueve tres tres Bogotá
02:29:02	CP 2933 a ATC	Prosiga
02:29:06	BOG ACC SE a CP 2933	Llame Bogotá veintitrés siete buen día
02:29:13	CP 2933 a ATC	Bogotá ciento veintitrés siete

A las 02:29:13 hrs, la tripulación del vuelo LMI 2933 contactó el Centro de Control Bogotá sector NW:

Hora (hrs)	Fuente de la transmisión	Comunicaciones
02:29:13	CP 2933 a ATC	Bogotá Lima Mike India dos nueve tres tres buena noche
02:29:16	BOG ACC NW a CP 2933	Lima Mike India dos nueve tres tres prosiga para Bogotá buena noche
02:29:21	CP 2933 a ATC	Volando a la posición NIRSO estamos cinco tres millas en acercamiento
02:29:27	BOG ACC NW a CP 2933	Lima Mike India dos nueve tres tres continúa en contacto radar mantenga tres cero cero
02:29:32	CP 2933 a ATC	Contacto radar tres cero cero Lima Mike India dos nueve tres tres
02:33:02	CP 2933 a ATC	Bogotá Lima Mike India dos nueve tres tres estamos listos para descenso
02:33:09	BOG ACC NW a CP 2933	Lima Mike India dos nueve tres tres descienda a nivel de vuelo dos cinco cero está reautorizado a la espera del VOR de Rionegro
02:33:17	CP 2933 a ATC	Para dos cinco cero y deja libre ahora tres cero cero Lima Mike India dos nueve tres tres
02:33:23	BOG ACC NW a CP 2933	Correcto Lima Mike India dos nueve tres tres y reautorizado a la espera del VOR de Rionegro

A las 02:33:27 hrs, la aeronave CP 2933 inició el descenso, encontrándose a unas 80 nm al Sur de Rionegro. Las comunicaciones efectuadas fueron:

Hora (hrs)	Fuente de la transmisión	Comunicaciones
02:33:29	CP 2933 a ATC	A la espera del VOR del VOR Lima Mike India dos nueve tres tres
02:33:33	BOG ACC NW a CP 2933	Correcto del VOR de Rionegro Lima Mike India dos nueve tres tres
02:36:34	CP 2933 a ATC	Lima Mike India dos nueve tres tres alcanza dos cinco cero
02:36:38	BOG ACC NW a CP 2933	Mantenga dos cinco cero y proceda a la espera del VOR de Rionegro Lima Mike India dos nueve tres pendiente para su descenso y prevista de aproximación
02:36:49	CP 2933 a ATC	Mantendrá dos cinco cero en espera del VOR Lima Mike India dos nueve tres tres

A las 02:36:40 hrs, la aeronave descendió a nivel FL 250:

Hora (hrs)	Fuente de la transmisión	Comunicaciones
02:39:06	BOG ACC NW a CP 2933	Lima Mike India dos nueve tres tres siga descenso a nivel de vuelo dos cuatro cero a la espera del VOR de Rionegro
02:39:13	CP 2933 a ATC	Dos cuatro cero a la espera RNG (deletreado)
02:39:18	BOG ACC NW a CP 2933	Correcto Lima Mike India dos nueve tres tres comunique ahora Medellín aproximación uno dos uno coma uno buena noche
02:39:39	BOG ACC NW a CP 2933	Lima Mike India dos nueve tres tres comunique Medellín aproximación uno dos uno coma uno
02:39:45	CP 2933 a ATC	Cambiando uno dos uno coma uno Lima Mike India dos nueve tres tres

A las 02:39:45 hrs, el ATC transfirió a la tripulación del vuelo CP 2933, a la dependencia de Medellín Aproximación (MDE APP) quien le ordenó descender a nivel de vuelo FL 230 e incorporarse en el patrón de espera del VOR de Rionegro (VOR RNG):

Hora (hrs)	Fuente de la transmisión	Comunicaciones
02:40:13	LMI 2933 a ATC	Rionegro Lima Mike India dos nueve tres tres buena noche
02:40:17	MDE APP a CP 2933	Lima Mike India dos nueve tres tres control buena noche contacto radar mantenga descienda y mantenga nivel de vuelo dos tres cero incorpórese en el VOR de Rionegro
02:40:28	LMI 2933 a ATC	Para dos tres cero nos incorporamos a VOR Rionegro

02:40:32	MDE APP a CP 2933	Correcto
02:40:33	¿?	Confirmar el Viva Colombia ya aproximó al Jose María Córdova?
02:40:38	MDE APP a CP 2933	Está en la aproximación la aeronave
02:40:42	MDE APP a CP 2933	Viva ocho uno siete cero puede continuar el descenso?
02:40:46	VVC 8170 a MDE APP	Afirmativo inicia el descenso Viva Colombia ocho uno siete cero
02:40:49	MDE APP a CP 2933	Ok

A las 02:42:12 hrs, la tripulación fue instruida para continuar el descenso a FL 210:

Hora (hrs)	Fuente de la transmisión	Comunicaciones
02:42:12	MDE APP	Lima Mike India dos nueve tres tres siga descenso a dos... dos uno cero ahora
02:42:18	LMI 2933	para dos uno cero ahora Lima Mike India dos nueve tres
02:42:22	MDE APP	correcto
02:43:09	LMI 2933	Lima Mike India dos nueve tres tres posibilidad para mantener patrón en la posición GEMLI?
02:43:17	MDE APP a LMI 2933	Autorizado
02:43:19	LMI 2933 a ATC	Mantendré patrón en GEMLI

La aeronave alcanzó el punto GEMLI, y a las 02:45:03 hrs entró en el patrón de sostenimiento con FL 210. (Figura 1 – cada patrón de sostenimiento tiene una distancia de aproximada de 24 nm).



A las 02:43:52 hrs, la aeronave niveló a FL 210, los flaps se ajustaron a 18° y la velocidad se redujo a 180 kt CAS. A las 02:45:03 hrs, la tripulación informó al ATC que habían entrado al patrón de sostenimiento en el punto GEMLI a FL 210.

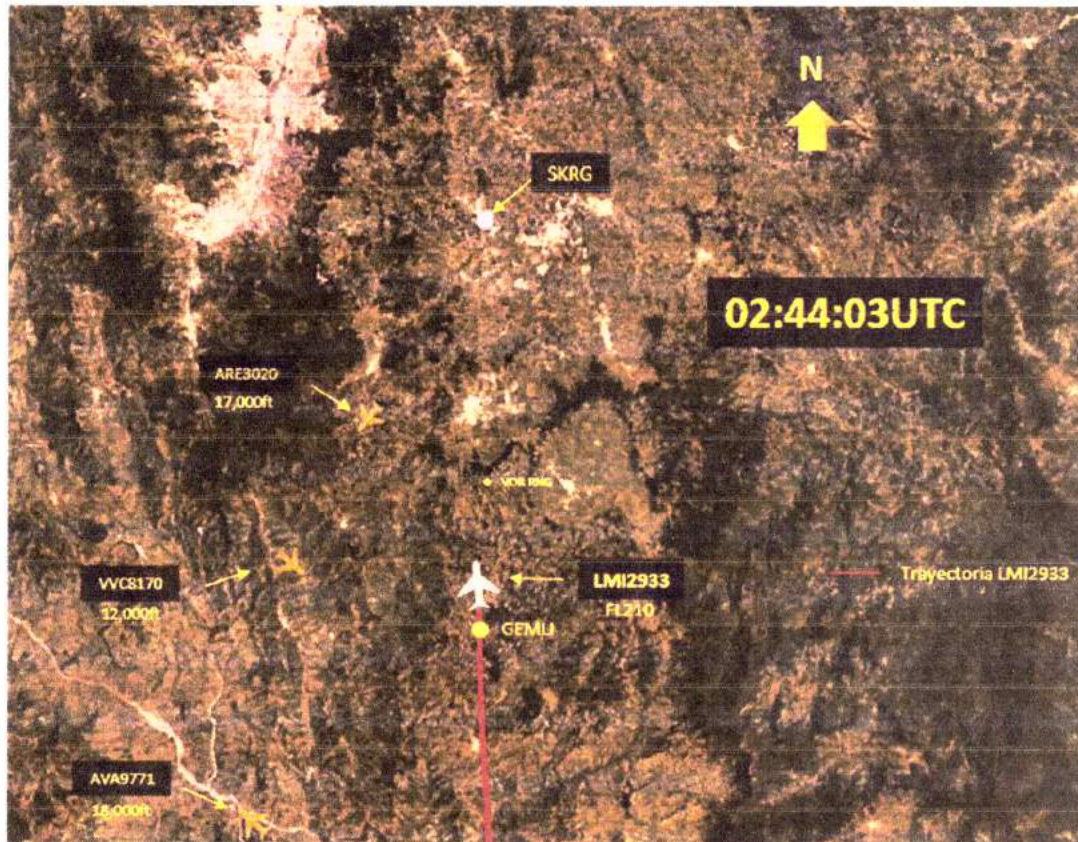


Figura 2. Posición vuelo CP 2933 cruzando la posición GEMLI – 02:44:03 hrs

Posteriormente, a las 02:49:11 hrs, la aeronave CP 2933 realizó un primer sostenimiento en el patrón y encontrándose en el segundo acercamiento a GEMLI<sup>11</sup>, la tripulación del vuelo CP 2933 solicitó prioridad por un problema de combustible:

Hora ( hrs)	Fuente de la transmisión	Comunicaciones
02:47:49	LMI 2933 a ATC	'Lima Mike India dos nueve tres tres dos uno cero en acercamiento'
02:49:11	LMI 2933 a ATC	'Lima Mike India dos nueve tres tres dos uno cero en acercamiento y solicitamos prioridad para la aproximación ... se nos ha presentado un problema de combustible'

<sup>11</sup> Figura 3. del presente informe

02:49:37	ATC a LMI 2933	'Lima Mike India dos nueve tres tres ¿entendiendo solicita prioridad para su aterrizaje igualmente con problema de combustible correcto?'
02:49:44	LMI 2933	'Afirmativo'
02:49:49	ATC a LMI 2933	'O.K. atento entonces le daré vectores para proceder al localizador y efectuar la aproximación se estima aproximadamente en siete minutos iniciar las aproximaciones'
02:50:00	LMI 2933 a ATC	'Estaré atento para los vectores Lima Mike India dos nueve tres tres'

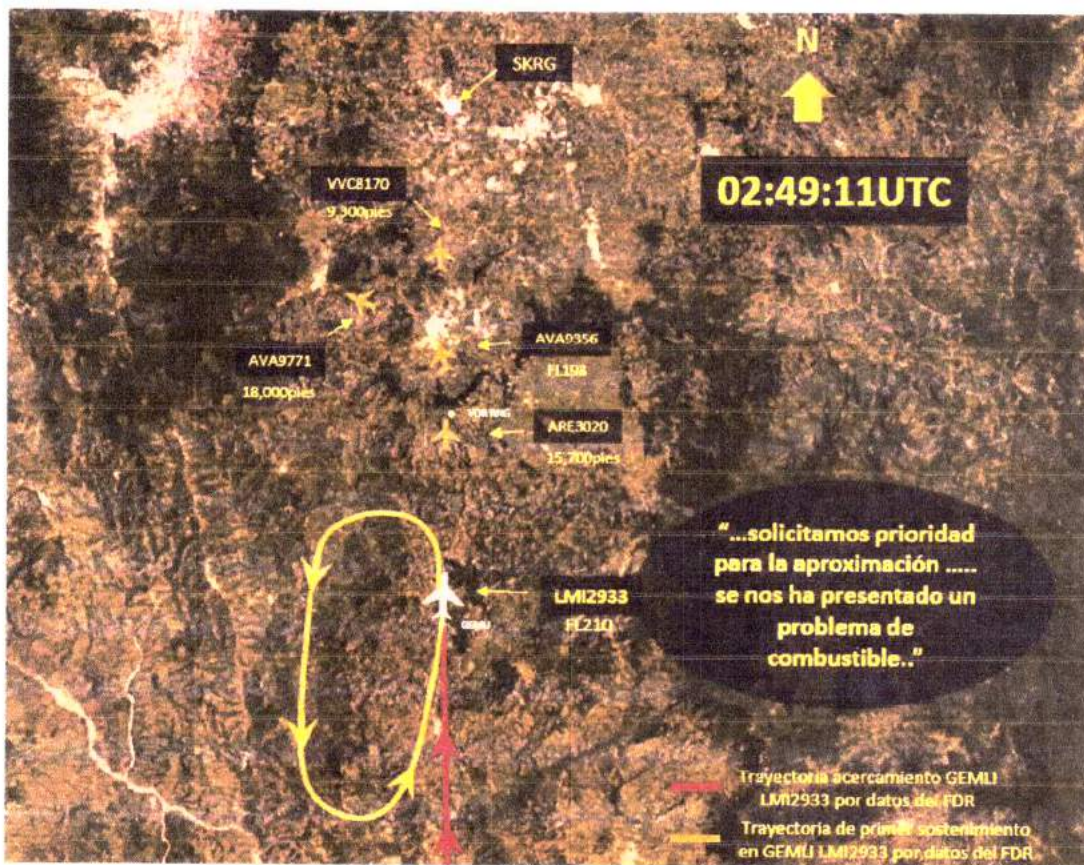


Figura 3. Segunda trayectoria de acercamiento a GEMLI vuelo CP 2933 – 02:49:11 hrs

El ATC autorizó la aproximación a otra aeronave (02:50:31 hrs - ARE 3020), que se encontraba realizando patrón de sostenimiento a 17,000pies.

Hora ( hrs)	Fuente de la transmisión	Comunicaciones
02:50:57	ATC a LMI 2933	'Lima Mike India dos nueve tres tres notifique rumbo'
02:51:04	LMI 2933 a ATC	'Uno... uno siete nueve en alejamiento'
02:51:07	ATC a LMI 2933	'Mantenga presente rumbo y espere para iniciar el.... para continuar su descenso'
02:51:12	LMI 2933 a ATC	'Mantendrá presente rumbo y estamos atentos al descenso'
02:52:05	LMI 2933 a ATC	'Lima Mike India dos nueve tres tres solicita vectores para acercamiento ...'
02:52:18	ATC a LMI 2933	'Atento tengo una aeronave por debajo por debajo suyo efectuando la aproximación y adicional están efectuando la revisión de pista, ¿qué tiempo tiene para permanecer en su aproximación Lima Mike India?'
02:52:26	LMI 2933 a ATC	'Estamos con emergencia de combustible ... por eso le pido de una vez curso final'
02:52:45	LMI 2933 a ATC	'solicito descenso inmediato Lima Mike India dos nueve tres tres'



Figura 4. Tercera trayectoria de vuelo en acercamiento a GEMLI vuelo CP 2933 – 02:52:26 hrs

El ATC canceló la autorización de aproximación a la aeronave ARE 3020.

02:53:03	ATC a LMI 2933	'Lima Mike India dos nueve tres tres puede usted efectuar el viraje ahora por la derecha para iniciar el descenso tiene los tránsitos a una milla por debajo de usted'
----------	----------------	--

A las 02:53:07 hrs, los mandos de potencia de la aeronave CP 2933 se redujeron y la aeronave comenzó a descender. A las 02:53:09 hrs, los frenos aerodinámicos se extendieron.

02:53:14	LMI 2933 a ATC	'Tránsito a la vista no es factor y solicitamos incorporarnos de una vez al localizador'
----------	----------------	--

A las 02:53:24 hrs, el selector de tren de aterrizaje fue seleccionado "abajo".

02:53:20	ATC a LMI 2933	'Capitán usted tiene dos uno cero necesito bajarlo de nivel tendría que mantener.... virar por su derecha para iniciar su descenso'
02:53:29	LMI 2933 a ATC	'Negativo ... estamos ya iniciando el descenso y estamos para el localizador'

A las 02:53:36 hrs los flaps se ajustaron a 24° y la velocidad del avión comenzó a reducirse, y continuó reduciéndose hasta el final de la grabación FDR.

A las 02:53:45 hrs, la velocidad del motor del número 3 no coincidió con la posición de los mandos de potencia y comenzó a apagarse. 13 segundos después, lo mismo ocurrió en el motor No. 4.

El ATC emitió instrucciones de cambios de rumbo a las otras aeronaves que se encontraban en el patrón de sostenimiento para despejar la trayectoria a la aeronave CP 2933.

02:54:09	ATC a LMI 2933	'Lima Mike India dos nueve tres tres tiene un tránsito adelante suyo dieciocho mil pies alfa tres veinte'
02:54:19	LMI 2933 a ATC	'Está identificado en el TCAS y lo tenemos arriba de nosotros ... y estamos en curso final'
02:54:24	ATC a LMI 2933	'La aeronave está con dieciocho mil pies capitán está el tránsito ahora abandonando por la izquierda, adicional tiene un tránsito OK ya dejó libre dieciocho quinientos'
02:54:35	LMI 2933 a ATC	'A la vista y estamos con uno ocho mil nosotros'

A las 02:54:36 hrs el FDR registró selección de flaps a 33°.

A las 02:54:47 hrs, los registros del FDR indicaron bajo nivel de presión de aceite en los motores número 3 y el número 4 con una advertencia de MASTER WARNING<sup>12</sup>. Al mismo tiempo, durante un período de 12 segundos, los valores de N1<sup>13</sup> del motor número 1 se redujeron del 39,5% al 29,0%.

A las 02:55:04 hrs el motor del número 2 comenzó a apagarse.

02:55:06	ATC a LMI 2933	'Atento, Lima Mike India dos nueve tres tres diecisiete setecientos continúe en la aproximación pista húmeda llame VOR uno cero mil en lo practicable y si requiere algún servicio en tierra'
02:55:17	LMI 2933 a ATC	'Le confirmaremos para el servicio en tierra y estamos a través de uno seis mil para el localizador'

A las 02:55:19 hrs, durante un período de 10 segundos, los valores de N1 del motor número 1 se redujeron nuevamente de 38,1% a 29,9%.

A las 02:55:27 hrs, los registros del FDR indicaron bajo nivel de presión de aceite en el motor número 2 con una advertencia MASTER WARNING.

02:55:25	ATC a LMI 2933	'Recuerdo QNH treinta veintisiete'
02:55:28	LMI 2933	'3027'

A las 02:55:41 hrs, el motor número 1 comenzó a apagarse.

Tras la pérdida de potencia de todos los motores, a las 02:55:48 hrs el FDR dejó de grabar. En este momento los datos FDR mostraron que la aeronave se encontraba con una CAS de 115 kt, una velocidad de tierra (ground speed) de 142 kt y una altitud por presión de 15,934 ft msl.

La aeronave se encontraba a 15,5 nm al Sur del umbral de la pista 01 de Rionegro, y a 5,4 nm al Sur del sitio del accidente (que tenía una elevación de 8,516 pies).

<sup>12</sup> La caída de presión de aceite es consecuencia de la falta de combustible

<sup>13</sup> N1 es el valor que indica la velocidad de rotación de la 1era. etapa compresora de un motor turbojet.

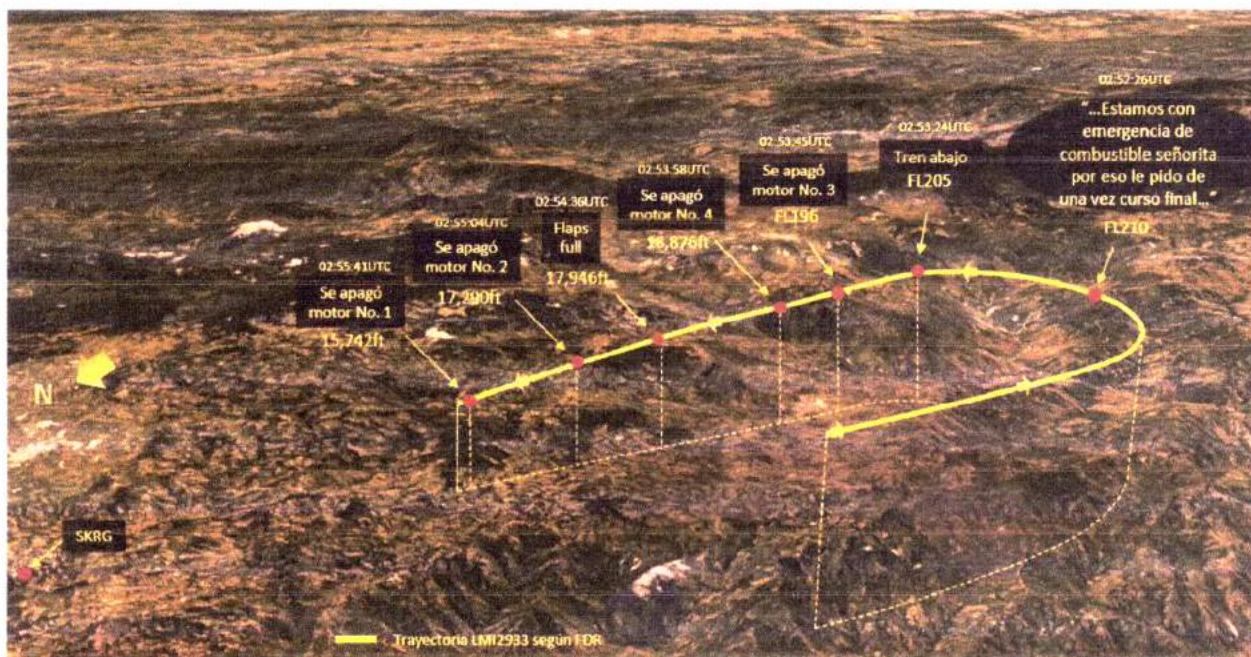


Figura 5. Última secuencia de eventos en vuelo CP 2933 hasta las 02:55:48 hrs, momento en que cesó de grabar el FDR

Las trazas radar indicaron que el "modo C" se perdió a las 02:55:55 hrs, momento en el que sólo existió señal radar primaria de la aeronave.

02:57:10	LMI 2933 a ATC	'... Lima Mike India dos nueve tres tres está en falla eh total eléctrica total sin combustible'
02:57:29	ATC a LMI 2933	'Pista libre y operable lluvia sobre la estación Lima Mike India dos nueve tres tres bomberos alertados'
02:57:40	LMI 2933 a ATC	'...ilegible... Lima Mike India (se escuchó de fondo, "vectores dile") vectores ... vectores a la pista'
02:57:46	ATC a LMI 2933	'La señal radar se perdió no lo tengo notifique rumbo ahora.'
02:57:56	LMI 2933 a ATC	'Estamos con... con rumbo tres seis cero tres seis cero.'
02:58:01	ATC a LMI 2933	'Con rumbo vire por la izquierda cero uno cero procedería al localizador del VOR de Rionegro una milla adelante del VOR al momento usted se encuentra correcto le confirmo por la izquierda con rumbo tres cinco cero'
02:58:18	LMI 2933 a ATC	'Izquierda tres cinco cero ...'

02:58:20	ATC a LMI 2933	'Si correcto usted está a cero coma una milla del VOR de Rionegro'
02:58:30	ATC a LMI 2933	'No lo tengo con la altitud Lima Mike India'
02:58:38	LMI 2933 a ATC	'Nueve mil pies ...'
02:58:42	LMI 2933 a ATC	'Vectores, vectores'
02:58:47	ATC a LMI 2933	'Usted está a ocho punto dos millas de la pista'

No se recibieron más respuestas de la aeronave CP 2933, a pesar de los repetidos llamados del ATC.

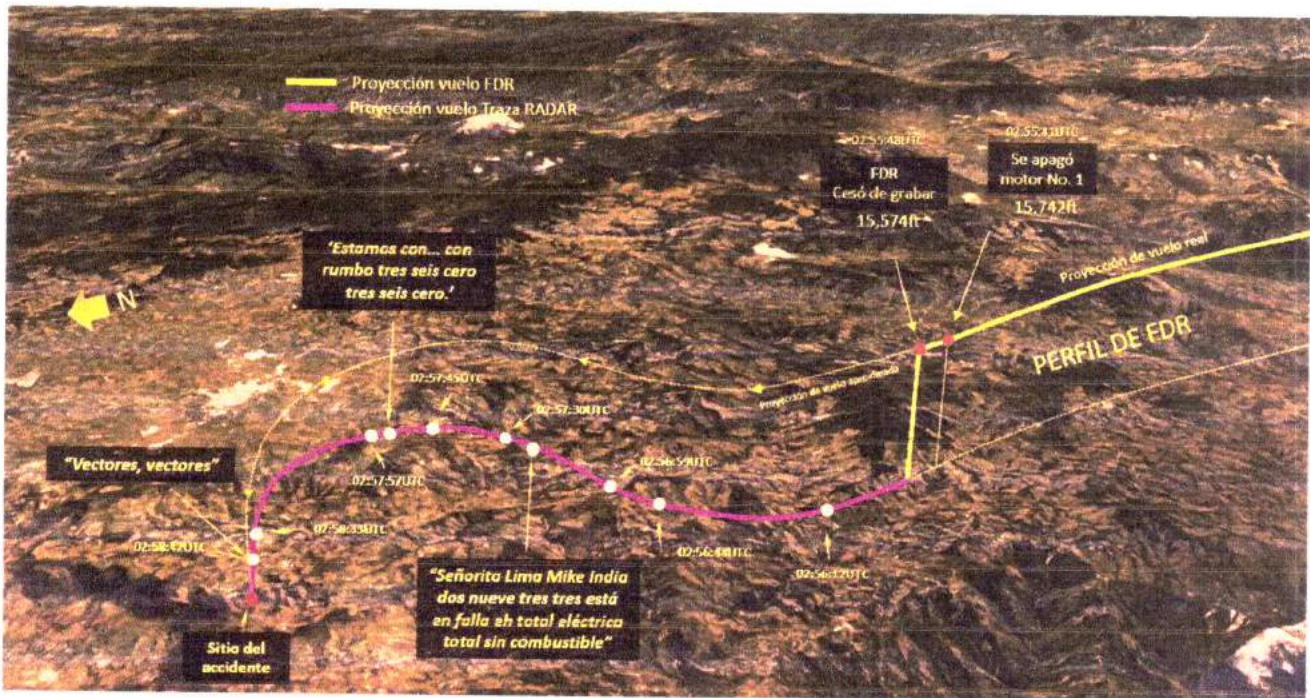


Figura 6. Proyección aproximada del vuelo CP 2933 según Trazas Radar

## 1.2 Lesiones personales

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total	Otros
Mortales	3	68	71	-
Graves	1	4	5	-
Leves/Ilesos	-	1	1	-
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>73</b>	<b>77</b>	<b>-</b>

### 1.3 Daños sufridos por la aeronave

La aeronave resultó totalmente destruida por las fuerzas de impacto contra el terreno

### 1.4 Otros daños

Daños significativos al ambiente y vegetación circundante.

### 1.5 Información personal

#### Piloto

<b>Edad:</b>	36 Años
<b>Licencia:</b>	Piloto de Transporte Línea Aérea
<b>Nacionalidad:</b>	Boliviano
<b>Certificado médico:</b>	1era Clase
<b>Ultimo chequeo en el equipo:</b>	15 de febrero de 2016 (anual)
<b>Horas totales de vuelo:</b>	6,692:51Hrs (Registros LAMIA 20 Nov 2016)
<b>Horas totales en el equipo:</b>	3,417:41Hrs (Registros LAMIA 20 Nov 2016)

El piloto al mando acumuló experiencia como piloto en aerolíneas Bolivianas; para el año 2013 ingresó como comandante y como uno de los propietarios de la compañía explotadora del CP 2933.

En la compañía ejercía dualidad de funciones, desempeñándose como comandante y realizando labores administrativas.

Poseía una licencia de piloto de transporte de línea aérea con habilitación a monomotores y multimotores hasta 5700 kg. La fecha de emisión de su licencia fue el 15 de octubre de 2015. Dicha licencia contaba habilitación de instructor de vuelo IFR, y actuaba como PIC en los equipos RJ-85 y B462 e instructor de RJ-85.

Poseía competencia lingüística nivel 4 válida hasta el 04 de noviembre de 2015 (vencido al momento del accidente). El certificado médico se encontraba vigente hasta el 17 de diciembre de 2016 sin ninguna limitación.

La última verificación de pro eficiencia en el equipo fue el 03 de agosto de 2016 Zúrich (Suiza) en el equipo RJ-85 en un simulador nivel D como PIC. Resultados satisfactorios con una observación de "mejorar la coordinación en cabina / CRM".

El último chequeo anual en el equipo RJ85 fue el 15 de febrero de 2016 en Zúrich (Suiza) como PIC con observaciones de “...definir claramente el control del avión y de las comunicaciones, quien hace que...” – “...tomar el tiempo necesario para preparar el avión en emergencia...”.

Registraba por parte de la compañía un total de 4,723:35Hrs en aeronaves tipo Jet, y 285:16Hrs como instructor en RJ-85.

### Copiloto

<b>Edad:</b>	47 años
<b>Licencia:</b>	Piloto de Transporte Línea Aérea
<b>Nacionalidad:</b>	Boliviano
<b>Certificado médico:</b>	1era Clase
<b>Ultimo chequeo en el equipo:</b>	03 de Julio 2016
<b>Horas totales de vuelo:</b>	6,923.32 (Registros LAMIA 20 Nov 2016)
<b>Horas totales en el equipo:</b>	1,474.29 (Registros LAMIA 20 Nov 2016)

El copiloto tuvo formación como oficial de la Fuerza Aérea Boliviana con una experiencia de vuelo de 20 años.

Poseía una licencia de piloto de transporte de línea aérea con habilitación de monomotores y multimotores tierra hasta 5700 kg.

La fecha de emisión de la licencia fue el 17 de junio de 2016 y tenía habilitación como PIC en B426 y F27, SIC en RJ-85 e instructor de vuelo en Monomotores.

Certificado médico vigente hasta el 10 de noviembre de 2017 sin ninguna limitación.

La última verificación de pro eficiencia fue el 03 de julio 2016 en Zúrich (Suiza) en el equipo RJ-85 en un simulador nivel D como SIC. Resultados satisfactorios con observación que incluía: “... Las configuraciones en aproximación deben de ser más precisas...”.

El último chequeo anual en el equipo RJ85 fue el 15 de febrero de 2016 en Zúrich (Suiza) como SIC con observaciones de: “... en las pérdidas, considerar como factor los obstáculos...” – “...Comunicación con el ATC en emergencias deben ser puntuales (PAN PAN o MAYDAY) según el caso...”.

No contaba con competencia lingüística en el idioma inglés en su licencia.

Registraba un total de 6923:32Hrs totales de vuelo, 6304:23Hrs en aeronaves tipo Jet, y 1474.29Hrs en el equipo RJ-85.

## 1.6 Información sobre la aeronave

<b>Marca:</b>	British Aerospace BAE
<b>Modelo:</b>	AVRO 146 RJ-85
<b>Serie:</b>	E2348
<b>Matrícula:</b>	CP 2933
<b>Año de fabricación:</b>	1999
<b>Certificado aeronavegabilidad:</b>	NRO°405
<b>Certificado de matrícula:</b>	N°834
<b>Total horas de vuelo:</b>	21,640:45Hrs
<b>Total Ciclos:</b>	19,737



Figura 7. Apariencia general de la aeronave AVRO 146-RJ85

### 1.6.1 Historia de la aeronave

La aeronave BAE Systems AVRO 146 - RJ85 tipo jet, de matrícula CP 2933, fue construida por la casa fabricante British Aerospace en 1999; la misma contaba con una configuración de cuatro motores turbo fan marca y modelo Honeywell (LF507-1F), y un empenaje (estabilizadores horizontal y vertical) en forma de T.

El primer certificado tipo emitido para este tipo de avión, fue para el modelo AVRO 146 – 200 (UK CAA BA 16) de fecha 03 de junio de 1983, siendo la compañía BAE System su

titular original. El 23 de abril de 1993 la aeronave cambió su Certificado Tipo a denominación AVRO146 RJ85; y posteriormente el 11 de junio de 2008 la EASA, emitió el certificado tipo EASA A.182 bajo el cual la aeronave mantenía su aeronavegabilidad.

La aeronave fue trasladada al Estado de Estados Unidos desde su fecha de fabricación (1999), mediante certificado de aeronavegabilidad de exportación N°E050442/001; y operó hasta mediados del 2007 en ese país, bajo matrícula norteamericana N523XJ.

En junio de 2007 la aeronave fue enviada al Estado de Irlanda, mediante Certificado de Aeronavegabilidad de exportación No. E322106; obteniendo en junio de 2008 la matrícula irlandesa EI-RJK y el certificado de aeronavegabilidad N°2296. Durante la permanencia en ese país, el avión fue operado por la compañía CityJet Aircraft.

En agosto del 2012 la aeronave fue trasladada al Estado de Aruba; donde le fueron otorgados los certificados de registro y de aeronavegabilidad No. BVI-12/012, con asignación de matrícula P4-LOR.

En febrero de 2014 la aeronave obtuvo un certificado especial de matrícula Venezolana No. 0125, emitido el 05 de febrero de 2014 por la INAC con asignación de matrícula YV2979, el mismo tuvo vigencia entre las fechas del 10 al 12 de marzo de 2014. Así mismo, la INAC emitió un nuevo certificado especial de matrícula Venezolano N°0136 el 21 de agosto de 2014, con una vigencia hasta el 07 de octubre de 2014.

Ambos certificados especiales de matrícula, fueron emitidos con autorización únicamente para ejecutar vuelos de traslado desde la Ciudad de Cochabamba, Bolivia (SLCB) hacia la Ciudad de Valera, Venezuela (SVVL).

La aeronave ingresó en febrero de 2014 con matrícula venezolana YV2979 al Estado de Bolivia, cumpliendo con lo estipulado en la Reglamentación Aeronáutica Boliviana (RAB 21 Apéndice A), por no contar con un certificado de aeronavegabilidad de exportación.

Arribó a las instalaciones de la organización de mantenimiento Servicio de Mantenimiento Aéreo "2" (SMA2) perteneciente a la Fuerza Aérea Boliviana, organización que contaba con un certificado de mantenimiento aeronáutico extranjero TARE "OMAC-E 616" para efectuar servicios al YV2979. En dicha organización se realizó el servicio mayor "C"<sup>14</sup> tomando como referencia las especificaciones del fabricante y el programa de mantenimiento de la compañía explotadora, entre las fechas del 25 de mayo al 22 de octubre de 2014; para lo cual se emitió el certificado de liberación para constancia de mantenimiento y servicio por el trabajo realizado. De igual manera, en dicha organización fue realizado a la aeronave el cambio de matrícula Venezolana YV2979 a matrícula Boliviana CP 2933, y posteriormente fue trasladada a la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, en donde la compañía explotadora contaba con su base principal.

<sup>14</sup> Servicio "C": Servicio Mayor efectuado a la aeronave; por tiempo calendario son dos años y medio (2 ½) y por cumplimiento de ciclos son 5000 ciclos.

La DGAC de Bolivia emitió a la aeronave CP 2933 tres (3) certificados de aeronavegabilidad estándar, antes de emitir el certificado de aeronavegabilidad (No. 405) que se encontraba vigente al momento del accidente. El primero con N°003648 se emitió con fecha de vigencia entre el 31 de diciembre de 2014 y el 10 de enero de 2015. El segundo con N°229 tuvo fecha de emisión 19 de junio de 2015 con fecha de vencimiento 30 de junio/2015, y el tercero N°259 con fecha de emisión y vencimiento del 31 de julio al 05 de octubre/2015.

La compañía explotadora inició proceso de certificación para obtención de un Certificado de Explotador de Servicios Aéreos (AOC), bajo la Reglamentación Aeronáutica Boliviana "RAB 121"<sup>15</sup> en octubre de 2014 ante la DGAC; y el CP 2933 fue la aeronave que la empresa presentó para su certificación.

Durante el proceso de certificación y en la vigencia del 2016, se evidenció un plan de vigilancia y seguimiento con reportes y posteriores planes de acción en el área de mantenimiento, por parte de la Dirección General de Aviación Civil de Bolivia (DGAC) y la Empresa LAMIA.

En Julio de 2015, le fue expedido por la DGAC el AOC # DGAC-DSO-AOC-119-01-002 a la compañía; y posteriormente le fue expedido un nuevo AOC de fecha 02 de septiembre de 2016 por traducción al idioma inglés en su contenido, con vigencia indefinida. (Este último era el que se encontraba vigente a la fecha del accidente).

Al momento del accidente la aeronave CP 2933 poseía un certificado de aeronavegabilidad estándar vigente NRO.405 emitido con fecha del 26 de enero/2016; así mismo poseía un certificado de matrícula vigente No. 834 con fecha de expedición 20 de enero/2016.

El mantenimiento de la aeronave era programado a través de un CAMO<sup>16</sup> ubicado en el País de Irlanda llamado PART TEM Aviation Ltd; dicho CAMO tenía un contrato con la empresa explotadora para proporcionar apoyo técnico en gestión de aeronavegabilidad, control y planificación del programa de mantenimiento.

La aeronave CP 2933 era mantenida bajo el Programa de Mantenimiento revisión N°2, de fecha 16 noviembre de 2016, elaborado con base en el documento "Maintenance Planning Data (MPD)" All Model BAE 146/Avro 146R 146.01, Rev.52 de fecha 15 de diciembre/2015, aprobado por la DGAC.

<sup>15</sup> RAB 121: Requisitos de Operación: operaciones domésticas e internacionales regulares y no regulares.

<sup>16</sup> CAMO: Continuing Airworthiness Management Organization; Organización para la Gestión de la Aeronavegabilidad del mantenimiento. El objetivo del CAMO es proporcionar apoyo técnico, gestión de la aeronavegabilidad, control de programa de mantenimiento y planificación del mantenimiento.

En dicho programa se establecía mantenimiento para: los sistemas y componentes, estructural, zonal, motores, APU y el cumplimiento de la directiva de aeronavegabilidad (AD EASA No 2014-0071).

La organización de mantenimiento BACAMS SRL-1 efectuó el servicio de mantenimiento al avión CP 2933 en la vigencia de 2016; en el transcurso del año, 42 trabajos de mantenimiento fueron efectuados; el último de ellos fue realizado el 21 de noviembre de 2016, siete (7) días antes del accidente. Al avión tuvo un servicio "Zonal inspection program", según orden de trabajo N°141-16, en cumplimiento a lo estipulado en el programa de mantenimiento de la compañía.

En la revisión efectuada al "status report" de Directivas de Aeronavegabilidad aplicado por la compañía explotadora, se evidenció que las mismas se encontraban controladas. De acuerdo al listado de directivas EASA se identificaron ciento diez (110) para la aeronave y de acuerdo al listado FAA, se identificaron ocho (8) directivas de aeronavegabilidad para los motores.

Con base en el registro de "status report" de la aeronave, la misma contaba con las siguientes modificaciones y/o reparaciones mayores:

EASA Number	Descripción	STC Holder
EASA.IM.A.S.02072	Installation of Allied Signal VHF AFIS. (Instalación de la señal VHF AFIS).	Honeywell
ASA.IM.A.S.02113	Installation of digital flight data recorder (DFDR) expanded parameter sensor upgrade. (Instalación del registrador de datos de vuelo digital (DFDR) Ampliación del sensor de parámetros).	Aircraft Systems and Manufacturing
EASA.IM.A.S.02110	Installation of Honeywell Flight Data Acquisition Management System. (Instalación del Sistema de Gestión de Adquisición de Datos de Vuelo de Honeywell).	Honeywell
EASA.A.S.02766	Installation of T2CAS provisions (wiring) with GPS antenna. (Instalación de las disposiciones T2CAS (cableado) con antena GPS).	Delta Engineering
EASA.A.S.02766	Installation of ACSS T2CAS System. (Instalación del sistema ACSS T2CAS).	ACSS

*Tabla 1. Modificaciones y reparaciones mayores aeronave AVRO 146-RJ85*

Dentro de la inspección a los libros de mantenimiento, no se evidenció ninguna anotación o reporte de fallo o acción correctiva realizada a la aeronave en largo periodo de tiempo, ni anotaciones relacionadas con el suministro de aceite a los motores y el APU.

En el libro de reportes de cabina de pasajeros, se encontró un reporte abierto relacionado con inoperatividad de los baños<sup>17</sup> sin evidencia de acción correctiva.

### 1.6.2 Peso y balance

Aunque no se localizó el registro del manifiesto de peso y balance para el vuelo accidentado en el sitio del accidente, ni se dejó una copia del mismo en las oficinas de la compañía en Santa Cruz de la Sierra, los siguientes fueron los pesos estimados tenidos en cuenta en la investigación para el manifiesto de peso y balance:

Items		Peso en kg.	Fuente de referencia
Peso Vacío de Operación de la aeronave		25,844kg	Documentos del operador de la descripción y estado de la aeronave
Combustible estimado	Combustible remanente del vuelo anterior entre SLCB – SLVR el 28 de Nov 2016	7,437kg	Log Book de mantenimiento y libro de vuelo explotador Ref: LAM-MNT-15-001 / LAM-Ops-15-001 página 000122
	Combustible abastecido 2050 litros a 0.798spg	1,636kg	Último recibo de combustible en Santa Cruz No. 1382146
	Total de combustible	9,073kg	Máxima cantidad de combustible que puede ser abastecido es 9,362 kg. Ref: Manual de peso y balance BAE's.
Pasajeros (incluyendo tripulación operacional)	73 x 85kg/pax	6,205kg	80Kg/pax + 5kg/equipaje de mano Ref: Manual de Operaciones LAMIA, Part A, Capítulo 9.
Equipaje facturado	No fue completamente conocido	488kg	Peso del equipaje pesado y recuperado del sitio del accidente.
Peso estimado calculado al despegue		41,610kg	

Tabla 2. Peso y balance AVRO 146-RJ85

Con base en el Manual de Vuelo Rev 7.1 de febrero/2012, adaptado (customizado) para la aeronave E2348 - CP 2933, el peso máximo de despegue (MTOW<sup>18</sup>) es de 41.800 kg. Se estimó que el peso total de la carga y pasajeros era de 41.610 kg. El número total de pasajeros que se contempló en el listado fue de setenta y siete (77).

<sup>17</sup> Aircraft Cabin Logbook – CP 2933 – No. 000019

<sup>18</sup> MTOW: Maximum Take-off Weight, Peso máximo de despegue.

De la información obtenida del vuelo que transportó a los pasajeros desde Guarulhos hasta Santa Cruz, se conoció que el peso del equipaje de los pasajeros, fue de 1.026kg<sup>19</sup>; de acuerdo a este dato, se considera probable que el peso real del equipaje a bordo de la aeronave en el momento del accidente fuera mayor que el peso del equipaje recuperado del lugar del accidente.

Esto sugeriría un peso estimado calculado al despegue de 42,148 kg. El peso de despegue máximo permitido para la aeronave, registrado en el manual de vuelo de la aeronave, es de 41,800 kg.

### 1.6.3 Combustible abastecido a la aeronave CP 2933

El informe de abastecimiento de combustible evidenció que la compañía operadora efectuó dos (2) abastecimientos, uno en el aeropuerto de Cochabamba, y otro en el aeropuerto de Viru Viru, así:

Fecha	Aeropuerto Origen	Aeropuerto Destino	Capacidad Entregada (Ltrs)	Capacidad Entregada (kg.)
26-11-2016	Cochabamba	Viru Viru	10.572	8.436
28-11-2016	Viru Viru	Cobija	2.050	1.636

*Tabla 3. Abastecimientos de combustible AVRO 146-RJ85*

De acuerdo a los recibos de abastecimiento de combustible de fechas 26 y 28 de Nov/2016, la aeronave fue abastecida con 12.622 litros (10.072 kg.) de combustible JET A1; de los cuales 10.572 litros fueron abastecidos en la Ciudad de Cochabamba (SLCB) el 26 de noviembre/16, y 2.050 litros (1.636 kg.) en la Ciudad de Santa Cruz de la Sierra (SLVR) el 28 de noviembre/16.

El combustible remanente en la aeronave después de efectuar el vuelo entre la Ciudad de Cochabamba (SLCB) y Ciudad de Santa Cruz de la Sierra (SLVR) fue de 7.437 kg.<sup>20</sup>

La cantidad de combustible a bordo en la aeronave, una vez efectuado el alistamiento para realizar el vuelo entre Santa Cruz de la Sierra (SLVR) y Rionegro (SKRG), vuelo accidentado, fue de 9.073 kg.

El combustible suministrado a la aeronave CP 2933, fue de tipo Jet Fuel A-1. El informe de la compañía que suministró el combustible, evidenció que el destino del vuelo facturado el día del accidente correspondía para un vuelo hasta el aeropuerto de Cobija (SLCO). La compañía que suministró el combustible no conoció el plan de vuelo de la aeronave CP 2933 al momento de entregar el combustible.

<sup>19</sup> Información compañía BOA – Boliviana de Aviación vuelo O8739

<sup>20</sup> Evidencia registrada en Hoja log book de mantenimiento y libro de vuelo del explotador Ref.: LAM-Ops-15-001 pag.000122.

Fue realizada la toma de muestras de combustible del lote del equipo en donde se realizó el abastecimiento, con el fin de analizar su calidad, sin encontrar contaminantes en su análisis.

#### 1.6.4 Motores

La aeronave accidentada era propulsada por cuatro (4) motores turbo fan, marca Honeywell, modelo LF507-1F; dicho motor cuenta con dos compresores axiales de baja presión (LPC) de una sola etapa, un compresor centrífugo de alta presión de 7 etapas, una cámara de combustión anular, dos (2) etapas de turbina de alta presión (HPT) y dos (2) etapas de turbina de baja presión (LPT). El motor LF507-1F genera un total de 7.000 libras de empuje (máximo).

Posición	S/N	TSN	CSN	TSI	CSI	FADEC S/N
1	P07867	19,293	17,607	129	104	3AGT172
2	P07873	18,629	17,084	1,729	1575	9AL6735
3	P07794	18,566	17,449	134	108	8ALT708
4	P07812	16,876	15,622	133	107	9ALG722

Tabla 4. Información de las plantas motrices AVRO 146-RJ85

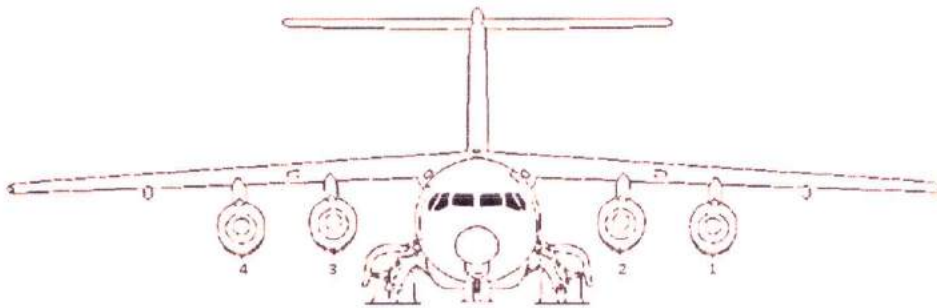


Figura 8. Ubicación y posición de los motores en la aeronave AVRO 146-RJ85

##### 1.6.4.1 Últimas reparaciones efectuadas a los motores:

**Motor N°1:** S/N P07867: La reparación fue efectuada por Honeywell UK Limited, el 24 de noviembre de 2011. Certificada mediante una EASA FORM 1.

**Motor N°2:** S/N P07873: La reparación fue efectuada por KLM UK Engineering Limited, el 31 de julio de 2011. Certificada mediante una EASA FORM 1.

**Motor N°3:** S/N P07794: La reparación fue efectuada por Honeywell UK Limited, el 28 de agosto de 2010. Certificada mediante una EASA FORM 1.

Motor N°4: S/N P07812: La reparación fue efectuada por Honeywell UK Limited, el 02 de abril de 2011. Certificada mediante una EASA FORM 1.

De acuerdo al programa de mantenimiento de la compañía explotadora revisión N°2, de fecha 16 noviembre de 2016, capítulo 8, "Powerplant Maintenance Programme", la frecuencia de revisión (inspección) de los motores, se estipulaba en intervalos de "días" (entre 2 y 1825 días), de "horas" (entre 15 y 5300 horas) y de "ciclos" (entre 100 y 25.000 ciclos).

### 1.6.5 Descripción del Sistema de Combustible AVRO 146-RJ85<sup>21</sup>

El sistema almacena y supe a los motores y al APU de combustible como se muestra esquemáticamente en la figura 9. El Sistema está compuesto de varios componentes como se describen a continuación:

**Tanques:** El combustible es almacenado en tres tanques principales: el tanque del ala izquierda, un tanque central y el tanque del ala derecha. Es posible instalar dos tanques opcionales auxiliares en la parte superior detrás del tanque central. El avión accidentado no contaba con tanques opcionales auxiliares.

Cada tanque de ala está dividido en cuatro secciones: un compartimento principal, un tanque de alimentación interno, un tanque de alimentación externo y un tanque de expansión.

El combustible del tanque central se transfiere por igual a los compartimentos principales del ala izquierda y derecha. El combustible del compartimento del ala se transfiere a los tanques de alimentación.

Si se instalan tanques auxiliares, el combustible del tanque auxiliar izquierdo se transfiere al compartimento principal del ala izquierda y el combustible del tanque auxiliar derecho se transfiere al compartimento principal del ala derecha.

**Bombas y válvulas de alimentación:** Cada tanque de alimentación contiene una bomba de combustible accionada eléctricamente. En operación normal, la bomba del tanque de alimentación interna alimenta el motor interno y la bomba externa, alimenta el motor externo.

Cada ala tiene una válvula de alimentación común accionada eléctricamente. La válvula une las líneas de alimentación a los motores interno y externo, más allá de las bombas. Con la alimentación común abierta, cualquiera de las bombas puede alimentar ambos motores en la misma ala.

<sup>21</sup> AVRO 146-RJ Flight Crew Operation Manual (FCOM), Chapter 02, Topic 10

Una válvula de alimentación cruzada accionada eléctricamente interconecta los sistemas de alimentación en ambas alas. Esto permite que el combustible en un ala, sea alimentado transversalmente a los motores ubicados en la otra ala.

El APU se alimenta normalmente desde la bomba interna del ala izquierda, pero puede alimentarse desde cualquier bomba si se realizan las selecciones adecuadas de las válvulas de alimentación cruzada y común.

**Válvulas de baja presión:** Cada motor puede aislarse del sistema de combustible mediante la utilización de una válvula de baja presión. La válvula es operada mecánicamente por la palanca extintora de incendio del motor.

La APU está aislada del sistema de combustible mediante una válvula de baja presión que es accionada eléctricamente. La válvula es señalada por el interruptor APU START/STOP.

**Indicadores de cantidad de combustible:** Los indicadores de cantidad de combustible para ambos tanques laterales y el tanque central se encuentran ubicados debajo de los instrumentos del motor en el panel de instrumentos central. Cada indicador de cantidad de tanque de ala incluye la cantidad de los dos tanques de alimentación asociados.

Si se incluyen tanques auxiliares, el indicador de cantidad del tanque del lado izquierdo incluye el contenido del tanque auxiliar izquierdo y el indicador de cantidad del tanque del lado derecho incluye la cantidad del tanque auxiliar derecho.

**Sistema de transferencia de combustible:** El sistema de transferencia de combustible asegura que el combustible en el tanque central y los compartimentos principales se suministre a los tanques de alimentación. La transferencia de combustible desde el compartimiento principal a los tanques de alimentación se efectúa por gravedad y bomba de inyección.

La transferencia de combustible del tanque central a los compartimentos principales se realiza mediante bombas de inyección y válvulas de transferencia. La bomba y la válvula de inyección izquierda transfieren el combustible desde el tanque central al compartimiento principal izquierdo y la bomba de inyección y válvula derecha transfieren el combustible desde el tanque central al compartimiento principal derecho.

Cuando la válvula izquierda está abierta, se ilumina un aviso en blanco TRANSFER TO L TANK en el panel de combustible en cabina. Un aviso en blanco TRANSFER TO R TANK indica que la válvula de transferencia derecha está abierta.

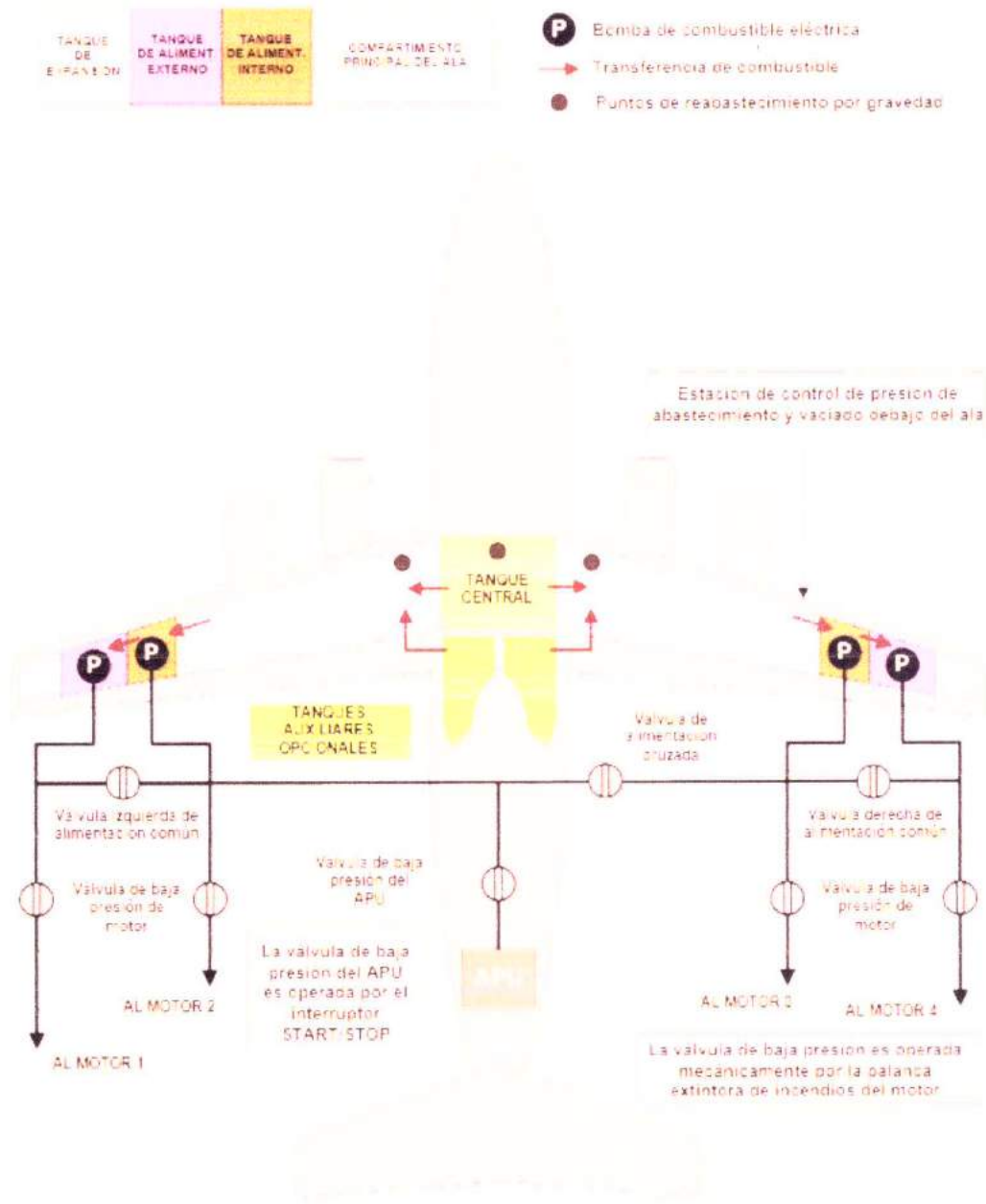


Figura 9. Descripción general del sistema de combustible (Traducido del Manual AVRO 146-RJ Flight Crew Operation Manual (FCOM), Chapter 02, Topic 10)

La aeronave cuenta con una capacidad de almacenamiento de combustible<sup>22</sup> tal como se describe en la siguiente tabla:

Capacidad Tanque	Galones Imperiales	Galones US	Litros	Kg	Lb
<b>Ala derecha</b>	1015	1219	4616	3683	8120
<b>Central</b>	550	661	2500	1996	4400
<b>Ala izquierda</b>	1015	1219	4616	3683	8120
<b>Total</b>	2580	3099	11732	9362	20640

*Tabla 5. Capacidad de Combustible en los Tanques AVRO 146RJ*

### 1.6.5.1 Información de combustible en cabina

Localizado en cabina, en la parte superior, hay un panel con una fila de medidores del tanque de alimentación, uno para cada uno de los cuatro tanques de alimentación.

En la parte inferior del panel hay un interruptor para cada bomba del tanque de alimentación. Encima de cada interruptor hay un aviso de LO PRESS. El aviso LO PRESS indica que una bomba no está funcionando cuando su interruptor está en la posición ON.

Los avisos FEED LO LEVEL se encuentran debajo de los medidores del tanque de alimentación externos. El aviso L FEED LO LEVEL indica que los tanques izquierdos de alimentación internos o externos, no están llenos. El aviso R FEED LO LEVEL indica que los tanques derechos de alimentación externos o interno no están llenos.

Si se montan tanques auxiliares, se instalan dos avisos auxiliares: L AUX TANK NO EMPTY y R AUX TANK NO EMPTY. Un aviso auxiliar del tanque indica que el tanque auxiliar asociado todavía contiene algo de combustible.

Un medidor de temperatura del combustible está ubicado en el lado izquierdo del panel. Indica la temperatura del combustible en el tanque de alimentación externo derecho.

Un interruptor de transferencia del tanque central, de tres posiciones, está a la derecha del medidor de temperatura del combustible.

El interruptor controla la transferencia de combustible desde el tanque central a los tanques laterales. Las posiciones son AUTO, SHUT y OPEN. En AUTO, la transferencia de combustible se realiza en el aire, pero no en tierra. En posición SHUT, la transferencia de combustible no se realiza. En OPEN, la transferencia de combustible es realizada normalmente.

<sup>22</sup> Manual de Mantenimiento Aeronave (AMM) AVRO 146RJ, Volumen 1 – AMM146.192

Hay dos avisos de transferencia de tanques centrales encima del interruptor: TRANSFER TO L TANK y TRANSFER TO R TANK. Un aviso indica que la transferencia se lleva a cabo desde el tanque central al tanque de ala asociado.

A la derecha del interruptor CTR TANK TRANSFER, hay un interruptor X-FEED. El interruptor X-FEED controla la válvula de alimentación cruzada.

Debajo del interruptor CTR TANK TRANSFER, hay dos interruptores de COMMON FEED: uno para la válvula de alimentación común izquierda y otro para la válvula de alimentación común derecha.

Se cuenta con interruptores para accionar las bombas de reserva (R/L STBY PUMP) de ambos planos, ubicados a la izquierda y derecha de los interruptores de válvula de alimentación común. Un aviso de STBY LO PRESS está debajo de cada interruptor.

Un aviso REFUEL SELECTED se encuentra arriba del indicador de temperatura del combustible. El aviso indica que el panel de abastecimiento no se encuentra en la condición de vuelo.

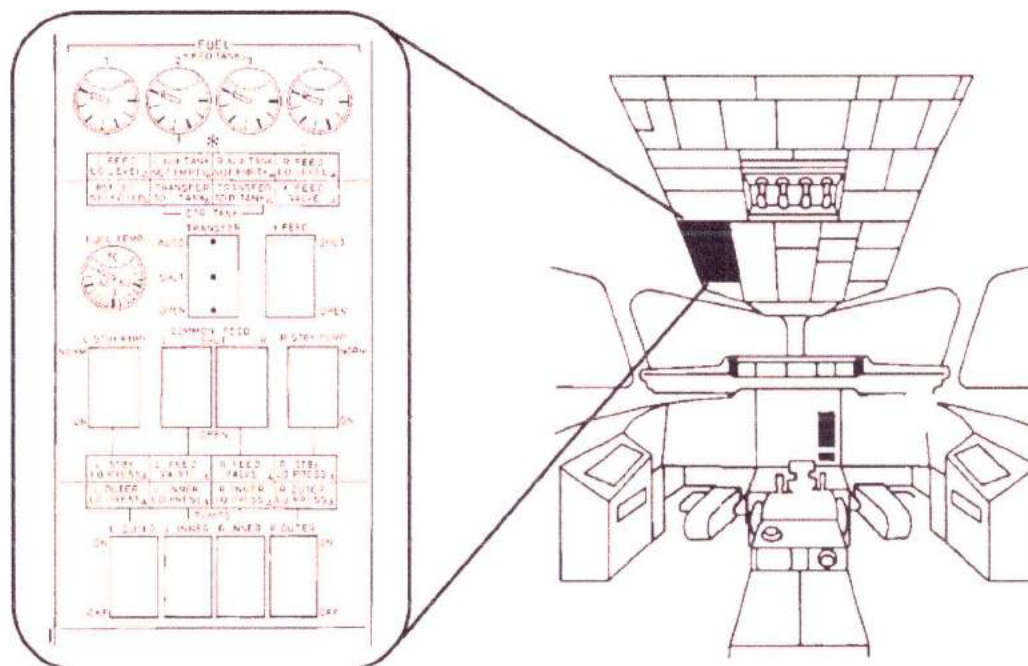


Figura 10. Ubicación del panel de combustible en la parte superior de la cabina aeronave AVRO 146-RJ85

A continuación, se relacionan las alertas y el significado de las mismas:

Alerta	Significado	Tiempo de respuesta para alerta
L FEED VALVE R FEED VALVE	La válvula común de alimentación no se encuentra en posición seleccionada	10 Segundos
X FEED VALVE	La válvula de alimentación no se encuentra en posición seleccionada	10 Segundos
L OUTER LO PRESS L INNER LO PRESS	Falla de bombas eléctricas del tanque del plano derecho	Inmediato
R INNER LO PRESS R OUTER LO PRESS	Falla de bombas eléctricas del tanque del plano izquierdo	Inmediato
<b>L FEED LO LEVEL R FEED LO LEVEL</b>	<b>Bajo nivel de combustible en los tanques</b>	<b>30 Segundos</b>
L STBY LO PRESS, R STBY LO PRESS	Falla de las bomba hidráulicas de reserva de los planos	Inmediato
TRANSFER L TANK, TRANSFER R TANK	Sistema de transferencia, Activado	Inmediato

*Tabla 6. Alertas de Combustible aeronave AVRO 146-RJ85*

Cuando se presenta bajo nivel de combustible, un aviso de color ámbar FUEL↑ se muestra en el panel central de alarmas, acompañado de un tono de sonido en cabina y la anunciación de color ámbar L FEED LO LEVEL o R FEED LO LEVEL en el panel de combustible en la parte superior de la cabina.

Dentro de cada depósito se incorporan indicadores magnéticos de nivel de combustible, que permiten chequear la cantidad de combustible en el panel central de la cabina y sobre la ventana de abastecimiento y vaciado que se encuentra ubicada debajo del ala.

Aunque después del accidente no fue posible efectuar una inspección al sistema de combustible, por el estado de destrucción en que quedó, de acuerdo a las evidencias disponibles se presume que no hubo un mal funcionamiento del mismo.



## 1.7 Información Meteorológica

El informe meteorológico (METAR) emitido en el aeródromo de Rionegro (SKRG), indicaba para las 03:00 hrs del día 29 de noviembre de 2016, las siguientes condiciones:

SKRG 290300Z VRB02KT 9999 -DZ BKN015 SCT080 17/16 A3025

Viento variable con 02 nudos de intensidad, visibilidad mayor a 10 km, fenómeno meteorológico presente, llovizna ligera en el aeródromo. Se reportaba una cobertura de nubes fragmentadas a un techo de 1,500 ft AGL, y nubosidad dispersa a un techo de 8,000 ft AGL. La temperatura reportada correspondía a 17°C y la temperatura de punto de rocío de 16°C. El QNH era 30.25InHg (1025 hPa).

No se encontró evidencia alguna que indicara que las condiciones meteorológicas presentes, afectaran la operación aérea en el Área Terminal de Medellín en el lapso en que operó el vuelo CP 2933.

## 1.8 Ayudas para la Navegación

### 1.8.1 Radio ayudas en tierra

Para la realización de la aproximación y aterrizaje, el aeropuerto internacional José María Córdova (SKRG) disponía de las siguientes radio ayudas:

Instalación (VAR)	ID	FREQ	HR	Localización	Elevación	Observaciones
DVOR	RNC	113,1 MHz	H24	09 09 00 N 075 29 00 W	6.050 ft	Cobertura 100 NM a 10.00 NM del umbral pista 2, rumbo 180°
DME	RNC	01 08 K	H24	09 09 00 N 075 29 00 W	6.050 ft	Cobertura 100 NM
VOR	MEN	113,0 MHz	H24	09 10 00 N 075 19 00 W	7.054 ft	Cobertura 100 NM
DME	MEN	01 77 K	H24	09 10 00 N 075 19 00 W	7.054 ft	Cobertura 100 NM
NOB	LI	274 KHz	H24	09 12 00 N 075 20 10 W	7.265 ft	Cobertura 25 NM del umbral pista 11, rumbo 360°
ILS/LLZ	SMDE	110,0 MHz	H24	09 10 56,27 N 075 29 43 00 W	6.875 ft	
ILS/DP		330,8 MHz	H24	09 10 34,60 N 075 29 19 00 W	7.076 ft	Cobertura 25 NM a 0,50 NM, rumbo 180°
ILS/DME		01 40 K	H24	09 10 01,80 N 075 27 10 00 W	7.049 ft	Cobertura 25 NM
MM		75 KHz	H24	09 08 22,65 N 075 27 12 03 W		
LM	DC	204 KHz	H24	09 08 23,97 N 075 25 22 15 W		

Tabla 7. Radio ayudas disponibles en SKRG – Fuente: AIP SKRG Colombia

Al momento del accidente, las radio ayudas se encontraban operativas sin presentar novedades o desperfectos en su operación. La funcionalidad y operatividad de las ayudas a la navegación en tierra no tuvieron injerencia en la ocurrencia del accidente.

### 1.8.2 Aviónica instalada en la aeronave CP 2933

La aeronave tenía instalados los siguientes equipos de aviónica:

Descripción	Marca	Modelo
VHF Comm Transceiver (1)	Rockwell Collins	VHF-700B
VHF Comm Transceiver (2)	Rockwell Collins	VHF-700B
ELT	Kannad	Kannad 406-AP
VOR/ Marker Receiver (1)	Rockwell Collins	VOR 700A
VOR/ Marker Receiver (2)	Rockwell Collins	VOR 700A
ILS Receiver (1)	Rockwell Collins	ILS-720
ILS Receiver (2)	Rockwell Collins	ILS-720
ADF Receiver (1)	Rockwell Collins	ADF-700
ADF Receiver (2)	Rockwell Collins	ADF-700
DME interrogator (1)	Rockwell Collins	DME-700
DME interrogator (2)	Rockwell Collins	DME-700
Weather Radar Transceiver	Bae Systems	RTA-4A
Radio Altimeter Transceiver (1)	Rockwell Collins	LRA-700
Radio Altimeter Transceiver (2)	Rockwell Collins	LRA-700
ATC Transponder (1)	ACSS	XS-950
ATC Transponder (2)	ACSS	XS-950
T2CAS	ACSS	TT-952
FMS(1)	Honeywell	GNS-XLS
FMS(2)	Honeywell	GNS-XLS
IRU (1)	Honeywell	IRU
IRU (2)	Honeywell	IRU
CVR	Bae Systems	SCR500-120
ADC (1)	Honeywell	ADC
ADC (2)	Honeywell	ADC
FDR (Solid State)	Honeywell	SSFDR

*Tabla 8. Equipos de aviónica instalados en la aeronave CP 2933*

Con base en la información suministrada por el ATC y el FDR se evidenció que la aeronave voló espacio aéreo RVSM<sup>23</sup>. El plan de vuelo presentado por la tripulación establecía un nivel de vuelo crucero de FL 280; sin embargo la aeronave ascendió a un nivel de vuelo crucero inicial de FL 260, continuando su ascenso a nivel de vuelo FL 280, hasta alcanzar un nivel de crucero final de FL 300 pies. El rango de operación RVSM se encuentra entre los FL 290 a FL 410 pies.

<sup>23</sup> RVSM: Reduced Vertical Separation Minimum (Separación vertical reducida mínima) término usado en aviación para denominar la separación vertical requerida entre dos aeronaves que pasa de 2000 pies (600 metros) a 1000 pies (300 metros) entre niveles de vuelo FL 290 y FL 410 (entre 29000 y 41000 pies). Esto permite un mayor uso de un determinado espacio aéreo (espacio aéreo RVSM).

La reglamentación aeronáutica Boliviana RAB 91 “Reglas de Vuelo y Operación General”, establece en su Apendice F “Operaciones en espacio aéreo con separación vertical mínima reducida (RVSM) – Aviones”, sección 5 - Operaciones RVSM, que los equipos de aviónica requeridos para volar en espacio aéreo RVSM son los siguientes:

- ✓ Dos sistemas altimétricos primarios independientes. (Equipos de aviónica instalados)
- ✓ Transpondedor SSR modo C. (Equipo de aviónica instalado)
- ✓ Sistema de alerta de altitud. (Referencia: ATA 34 del MEL (Minimun Equipment List) LAMIA Rev. Original, Oct/2014).
- ✓ Sistema de mantenimiento de altitud automático. (Referencia: ATA 34 del MEL (Minimun Equipment List) LAMIA Rev. Original, Oct/2014).

Así mismo, el citado apéndice en su sección 3, establece que: “...La autorización para que un explotador conduzca operaciones en espacio aéreo RVSM es emitida a través de las especificaciones de operación (OpSpecs). Para emitir una autorización RVSM, la ACC debe comprobar que el avión del explotador ha sido aprobado...”.

Aunque el avión cumplía con la aviónica requerida para volar espacio aéreo RVSM, la aeronave no había sido aprobada mediante las especificaciones de operación vigentes con fecha 01 de septiembre de 2016 de LAMIA CORPORATION S.R.L. para realizar ese tipo de operación.

Para corroborar la aprobación se revisó la página web de la Agencia Regional de Monitoreo (RMA) para las regiones del Caribe y América del sur “CARSAMMA” donde se registran las aeronaves aprobadas y/o autorizadas para volar espacio aéreo RVSM. El CP 2933 no se encontró relacionado dentro del listado de aeronaves.

Las Especificaciones de Operación (OPSPECS) de la compañía, no contenían aprobación RVSM. La tripulación durante el vuelo, afirmó al ATC que sí contaba con aprobación para volar en espacios RVSM, de acuerdo al contenido de la siguiente transcripción:

Hora (UTC)	Fuente de la transmisión	Comunicaciones
00:05:03	ATC a LMI 2933	'Lima Mike India two niner three three, confirm me, RVSM approved?'
00:05:05	LMI 2933 a ATC	'Yes maam'
00:05:33	ATC a LMI 2933	'Lima India two niner three three amazonic'
00:05:37	LMI 2933 a ATC	'Yes maam ahhh RVSM approved'
00:05:52	LMI 2933 a ATC	'Did you copy Amazonic?'
00:05:33	ATC a LMI 2933	'Lima India two niner three three roger'

## 1.9 Comunicaciones

La tripulación de la aeronave CP 2933 se encontraba en contacto con el ATC vía frecuencia radiofónica VHF con la dependencia de Medellín Aproximación Sector Sur en frecuencia 121.1MHz. No existió malfuncionamiento o interferencia en las transmisiones aire – tierra, tierra – aire durante las fases de vuelo. La última transmisión por parte del CP 2933 fue a

las 02:58:42 hrs, comunicando "...Nueve mil pies..., vectores, vectores...", segundos antes del impacto contra el terreno.

Todas las transmisiones efectuadas por la tripulación con los servicios de tránsito aéreo quedaron registradas e hicieron parte del material recuperado para la completar la historia del vuelo.

No se encontró evidencia de un mal funcionamiento o dificultades en la utilización de los sistemas de comunicaciones tierra/aire, tierra/tierra y de vigilancia a la navegación atribuibles al proveedor de servicios ATS.

### 1.10 Información del Aeródromo

El accidente no ocurrió en predios de un aeródromo. La aeronave se dirigía al Aeropuerto Internacional José María Córdova (IATA: RNG – OACI: SKRG) ubicado en el Municipio de Rionegro – Antioquia.

El aeródromo, localizado en coordenadas N06°09'52,06" W075°25'22,80" a una elevación de 7,025pies, cuenta con una pista de orientación 01/19 de 3500mts de largo por 45mts de ancho. La aeronave impactó terreno montañoso a 10 nm al Sur del aeródromo SKRG.

Al momento del accidente la pista operativa para despegues y aterrizajes era la pista 01. El aeródromo cuenta con luces de aproximación ALS CAT I y luces de pista las cuales se encontraban operativas y funcionando al momento del accidente.

### 1.11 Registradores de Vuelo

La aeronave estaba equipada con un CVR y un FDR. Ambos eran alimentados por la barra de corriente eléctrica esencial de AC, el cual requería que uno o más motores de la aeronave, o la APU, estuviesen funcionando. Ambos registradores fueron recuperados y enviados a los laboratorios de la Air Accident Investigation Branch (AAIB) para la descarga e interpretación de los datos, bajo supervisión del Grupo de Investigación de Accidentes Aéreos de Colombia (GRIAA).

La custodia de los registradores fue transferida a la AAIB en el aeropuerto de Bogotá el 5 de diciembre de 2016. La unidad fue transportada al Reino Unido AAIB; el GRIAA garantizó que ninguno de los registradores fuera radiografiado.

Ambos registradores llegaron a la AAIB en la tarde del 6 de diciembre de 2016 y fueron asegurados hasta la llegada del GRIAA el 9 de diciembre de 2016.

#### 1.11.1 Registrador de Datos de Vuelo (FDR)

La aeronave estaba equipada con un registrador de datos de vuelo de estado sólido- FDR marca Allied Signal / Honeywell, número de parte 980-4700-003 y número de serie 4204.

La grabadora tiene una capacidad de almacenamiento de al menos 50 horas de funcionamiento a 64 palabras por segundo. Antes de la descarga, las unidades del laboratorio y el software de la AAIB fueron probados para los procedimientos requeridos, y se encontró que funcionaban completamente.

#### 1.11.1.1 Recuperación FDR

El FDR fue recuperado por el GRIAA del lugar del accidente. El FDR se encontraba dentro de los restos principales de la aeronave hacia la parte posterior del fuselaje y muy cerca de su posición original, fuera de sus rieles de montaje.



*Figura 12. Condición final del FDR durante su localización*

#### 1.11.1.2 Lectura FDR

El día 09 de diciembre de 2016 se efectuó la lectura del FDR bajo la supervisión del GRIAA. Dado el buen estado del módulo de memoria y el conector, se decidió conectar el módulo de memoria en la unidad del laboratorio de la AAIB y descargar los datos de acuerdo con el procedimiento descrito para tal fin.

Se recuperó un total de 53 horas 57 minutos y 12 segundos de datos. Varios parámetros de vuelo fueron registrados incluyendo las posiciones de los controles de vuelo, los modos del piloto automático y del auto acelerador de los motores, la posición de la aeronave, la velocidad del fan del motor (N1) y la posición de los aceleradores. El flujo de combustible para cada motor fue registrado cada 64 segundos. La operación de la APU, la cantidad de combustible, las alertas de precaución (cautions) y las alertas sobre el estado de la cantidad de combustible no fueron registradas. Utilizando información no procesada del registrador, se elaboraron una serie de gráficas con los datos más significativos del vuelo accidentado. (Apéndice 2).

### 1.11.2 Registrador de voces en el puesto de pilotaje (CVR)

La aeronave estaba equipada con un registrador de voces en la cabina de mando -CVR de estado sólido marca British Aerospace Systems Equipment (BASE)/Meggitt Avionics SCR500-120, número de parte 299412-100 y número de serie 99SRP146.

El SCR500-120 puede grabar hasta un máximo de cuatro entradas de audio, que consisten en tres canales de voz (típicamente P1, P2 y tercer ocupante) y otro para el micrófono de área de la cabina de mando (CAM). La grabación de 2 horas consta de los tres canales de la tripulación combinados en un solo canal y el CAM grabado como un segundo canal.

Para los últimos 30 minutos de audio del CVR, los canales de la tripulación se graban en canales separados. La grabación se almacena en una memoria de estado sólido que está protegida dentro de un recinto protegido contra choques. Antes de la descarga, las unidades del laboratorio y el software de la AAIB fueron ampliamente probados para los procedimientos requeridos y se encontró que funcionaban completamente.

#### 1.11.2.1 Recuperación CVR

El CVR fue recuperado por el GRIAA del lugar del accidente. Al igual que el FDR, el CVR se encontraba dentro de los restos principales de la aeronave hacia la parte posterior del fuselaje y muy cerca de su posición original, también fuera de sus rieles de montaje. El CVR no evidenció señales de fuego. Se evidenciaron algunas abolladuras por impacto en la carcasa exterior. El corta circuitos marcado como VOICE REC en el panel COMMUNICATIONS se encontraba cerrado.

#### 1.11.2.2 Lectura CVR

El CVR fue descargado exitosamente y registró cerca de dos horas de operación<sup>24</sup>. Utilizando la hora universal coordinada UTC de las grabaciones del ATC y el FDR, se alinearon al CVR en el tiempo, y se logró determinar que la grabación inició a las 23:08:33hrs del día 28 de noviembre de 2016. Las siguientes dos horas pertenecían al vuelo accidentado. La grabación terminó a las 01:15:03hrs cuando la aeronave se encontraba a unas 550 millas náuticas de Rionegro y a una hora, 40 minutos y 45 segundos antes de que terminara la grabación del FDR.

No se evidenció en la grabación recuperada del registrador de voces ninguna discusión por parte de la tripulación sobre el funcionamiento del CVR. No fue posible determinar las razones por las cuales el registrador dejó de funcionar anticipadamente.

Las últimas grabaciones registradas fueron:

*"...01:14:57 hrs: Cualquier cosa sí ellos me cambian yo ya voy a pasar acá..."*

*"...01:15:03 hrs: Listo..."*

<sup>24</sup> En el Apéndice 1, se encuentra la transcripción de las voces de cabina registradas en el CVR

### 1.11.2.3 Mantenimiento del CVR

El fabricante confirmó que el CVR había sido devuelto a sus instalaciones el 18 de julio de 2011 cuando se encontraba instalado en la aeronave de matrícula EI-RJL. Había sido desmontado de esta aeronave ya que se informó que había dejado de funcionar después de 15 minutos de operación. El fabricante realizó una prueba de tierra completa y una prueba "de remojo" de 96 horas y consideró que la unidad era apta para operación. Posteriormente fue enviado de vuelta al operador.

De acuerdo con la información suministrada por la empresa, el CVR S/N 99SRP146 fue inspeccionado el 18 de enero de 2016 y no se detectaron defectos de funcionamiento. La empresa no suministró información adicional sobre otro mantenimiento que se le hubiera efectuado al CVR antes del vuelo accidentado.

### 1.11.2.4 Procedimiento de prueba de aceptación del CVR

El CVR fue llevado al banco de pruebas del fabricante. El banco de pruebas permite revisar las grabadoras que han sido reparadas para el retorno al servicio. El sistema de banco de pruebas tiene una función de auto-prueba, el cual indicó que éste funcionaba normalmente. A continuación, se realizaron varias pruebas, entre ellas:

- ✓ Prueba de consumo de la fuente de alimentación
- ✓ Prueba de potencia del preamplificador CAM
- ✓ Autotest de la unidad
- ✓ Pruebas de frecuencia de audio
- ✓ Prueba de interrupción del registro
- ✓ Prueba de borrado masivo

El módulo de memoria accidentado no se utilizó para estas pruebas. Se utilizó un módulo de repuesto ya que algunas de las pruebas implican sobrescribir la memoria. A pesar de los daños sufridos en la carcasa por el accidente, el CVR aprobó todas estas pruebas.

El FCOM de la aeronave hace referencia a una verificación diaria del CVR de acuerdo con el Capítulo 12 y a la lista de verificación de la tripulación. La comprobación completa de la seguridad de la cabina de pilotos es necesaria para el primer vuelo del día y, si es necesario, después de que se efectúe algún tipo de mantenimiento.

En caso de falla de la prueba, la sección 23-71-24 del Manual de Mantenimiento de la Aeronave se refiere al procedimiento de remoción / instalación del CVR. Si hay una falla de la grabadora en vuelo no habrá ninguna indicación a la tripulación. La única manera de establecer si ha ocurrido una falla sería realizando la comprobación diaria de registrador, sin embargo, no se encontró evidencia de dichas verificaciones.

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

La zona del accidente es un terreno montañoso, ubicado en el sistema orográfico de Cordillera Central de Colombia, con elevaciones promedio de 8500 pies.

El sitio del accidente es conocido como "Cerro Gordo", y se encuentra en jurisdicción del Municipio de La Unión, del Departamento de Antioquia, Colombia.

### 1.12.1 Lugar del primer impacto

El punto inicial de impacto se identificó en la cuesta sur de un terreno montañoso, apenas por debajo de la cresta de la montaña, con un rumbo de la aeronave de aproximadamente  $310^{\circ}$ . Posteriormente a este impacto, se generó una trayectoria de disipación de energía desde el punto inicial de impacto con rumbo  $296^{\circ}$ , que continuó 140 mts cuesta abajo por la ladera norte del cerro, hasta parte baja en donde quedaron finalmente la mayoría de los restos de la aeronave.

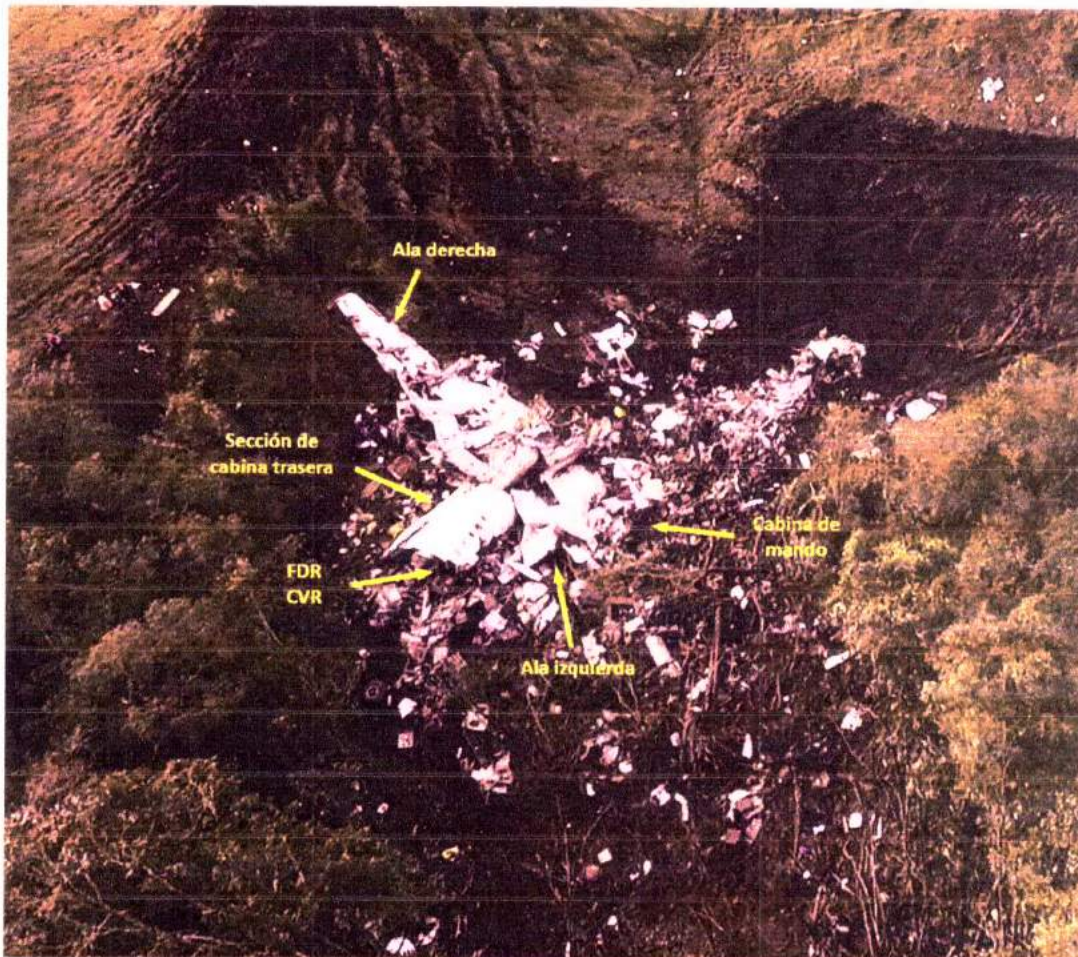
Las coordenadas geográficas del sitio de impacto inicial se registraron en  $N05^{\circ}58'43.56''$ - $W075^{\circ}25'7.86''$  a una elevación de 8700pies.



Figura 13. Dirección inicial de Impacto

Los restos de la aeronave fueron alterados durante las operaciones de búsqueda y rescate después del accidente. El acceso al sitio del accidente estuvo limitado varios días, y no fue utilizado equipo especial para izar componentes, ya que no estuvo disponible.

El elemento más grande ubicado en el primer impacto fue la sección del empenaje, con el timón y ambos elevadores. El empenaje se hallaba desprendido del fuselaje principal en el punto de la estructura del mamparo de presión. Los bordes de ataque de los estabilizadores horizontales y verticales se encontraban en buenas condiciones con poca evidencia de daño. Los frenos aerodinámicos estaban cerca de la cola y permanecían unidos por el cableado eléctrico.



*Figura 1 4. Ubicación de los restos principales CP 2933*

Los componentes del compartimento hidráulico y el compartimento del Sistema de Control Ambiental (ECS) fueron también encontrados en el sitio de impacto inicial. Dentro de los elementos encontrados se hallaron depósitos hidráulicos y un intercambiador de calor de las unidades de aire acondicionado.

La varilla de empuje del reservorio fue identificada también en el sitio. Este reservorio está normalmente instalado en la parte superior de la bahía de aviónica, debajo del suelo de la cabina.

Otros elementos destacables que fueron identificados en el sitio inicial de impacto, correspondían a una puerta del tren de aterrizaje principal, una sección de la caja de engranajes de los accesorios de uno de los motores, una unidad hidro-mecánica de uno de los motores, una sección trasera del carenado exterior del ala derecha y un cobertor de una silla de pasajeros.

### 1.12.2 Motores

Los motores No. 1 y No. 4 se encontraron cerca al punto inicial de impacto. El motor No. 1 a la izquierda, y el No. 4 a la derecha. Se encontraron los motores No. 2 y No. 3 en el área de los restos principales, el motor No. 2 a la izquierda, y el motor No. 3 a la derecha (Figura 15). El motor número 3 se encontró soportado por un árbol que fue arrancado con una pendiente que se consideraba inestable, por lo que no fue posible el examen minucioso del motor.



Figura 15. Posición de los motores en el patrón de restos.

En la inspección de campo de los motores No. 1, 2 y 4 no se evidenció incendio, ni falla interna en los mismos. Hubo diferente afectación de daños en los motores y todos presentaban abundante vegetación, tierra y escombros de árboles en sus secciones de entrada. Ninguno de los motores mostraba escoriaciones o abrasión circunferencial en los "spinner". El estado final de los motores examinados evidenció que, al momento del impacto, no se encontraban generando potencia.

### 1.1.2.3 Ubicación de los restos principales

La posición GPS aproximada de la ubicación final de los restos, fue localizada en coordenadas N05°58.725', W75°25.138'. El área estaba ubicada aproximadamente a 140mts del sitio del impacto inicial.

Dentro de los componentes mayores que pudieron ser identificados, se encontraron la cabina de mando, la parte frontal del fuselaje, las alas, la sección posterior del fuselaje y el motor No. 2. Los restos se desplazaron cuesta abajo a través de la vegetación del terreno montañoso (Figura 16).



Figura 16. Ubicación de la trayectoria de impacto y restos principales

Las alas permanecieron unidas a la sección central (al depósito de combustible central), y estaban en la dirección de desplazamiento, en posición invertida.

La orientación de las alas indicaba que el centro del fuselaje giró 180° después que la sección del empenaje se separó. La sección posterior del fuselaje estaba en posición vertical, pero estaba apuntando en dirección opuesta a la trayectoria de desplazamiento. Gran parte del mamparo de presión de la sección posterior del fuselaje permanecía unido al mismo.

El tren de aterrizaje principal izquierdo se identificó muy cerca de la sección posterior del fuselaje. El tensor lateral (side stay) estaba asegurado, indicando que el tren de aterrizaje estaba ABAJO en el momento del accidente.

La cabina de mando se encontraba destruida y había sido tocada durante las operaciones de búsqueda y rescate. Por lo tanto, la posición de los interruptores y palancas, al momento del accidente, no pudo ser determinada.

La consola central y el cuadrante de las palancas de los aceleradores pudo ser identificada.

La palanca del freno aerodinámico estaba en posición ligeramente hacia atrás de la posición IN.

Las cuatro palancas de los aceleradores y la palanca de selección de flaps se encontraban rotas por el accidente. Los restos de las palancas de los aceleradores se encontraban escalonadas y la sección restante de la palanca de los flaps se encontró en posición 30°.

Se identificó el panel superior de la cabina de mando, con una orientación tal que indicaba que la sección de la cabina terminó invertida.

En ambas alas, se evidenció que los tornillos sin fin (screwjacks) de los flaps estaban completamente extendidos, indicando que los flaps estaban en posición de 33°, totalmente extendidos al momento del impacto. Uno de los tornillos sin fin del ala izquierda no pudo ser evidenciado por el estado final de los restos.

El alerón derecho estaba completo con el servo, y los compensadores permanecían unidos parcialmente al ala. No fue posible identificar la posición del alerón al momento del accidente. El ala izquierda estaba muy dañada y no fue posible examinar el alerón izquierdo.

El timón de dirección y ambos elevadores se encontraban unidos a la estructura del empenaje. No fue posible identificar la posición de las superficies de control cuando ocurrió el accidente.

Los frenos aerodinámicos en la superficie del empenaje se encontraban ligeramente desplegados.

El conjunto del tren de nariz se identificó aproximadamente a 15m del punto de impacto inicial, en la dirección de desplazamiento.

### 1.12.4 Combustible

El depósito de combustible del ala derecha se rasgó durante la secuencia del accidente. Con una excepción de un ligero olor a combustible en la ubicación de los tanques de combustible, no existía evidencia aparente de combustible en toda la zona de lugar del accidente.

El panel de reaprovisionamiento de combustible (Figura 17) tenía una carga de combustible de 9.300 kg<sup>25</sup>. Los tres indicadores de contenido de combustible dentro del panel indicaban cero, situación que es esperable cuando se pierde el suministro eléctrico. Los tres interruptores de selección de la válvula de combustible estaban en la posición PRE-SELECT. Esta posición es incorrecta ya que los interruptores deberían haber estado en la posición SHUT de acuerdo al procedimiento de reabastecimiento descrito en Manual de Mantenimiento de Aeronave (AMM), Capítulo 12-10-28, ítem 5. (D)(9).



Figura 17. Panel de reaprovisionamiento de combustible

### 1.13 Información médica y patológica

A consecuencia del impacto y las fuerzas de desaceleración de la aeronave, setenta y un (71) ocupantes (incluyendo los 4 tripulantes), sufrieron lesiones mortales. Estas lesiones consistían en politraumatismos, fracturas, hematomas, abrasiones y laceraciones.

<sup>25</sup> De acuerdo al Manual de Mantenimiento de la aeronave (AMM) capítulo 12-10-28 ítem D. Calibration Tables, la cantidad de combustible real en los tanques principales puede verse afectada por la densidad del combustible y la inclinación de la aeronave respecto al terreno o a la plataforma, dando como resultado que la cantidad de combustible real en tanques sea inferior a la preseleccionada como cantidad total a bordo por el indicador.

De los seis (6) sobrevivientes, cinco (5) presentaron lesiones graves, relacionadas con politraumatismos. Y un (1) pasajero sobreviviente, sufrió lesiones menores con contusiones leves y laceraciones.

Los sobrevivientes fueron inicialmente trasladados a seis hospitales locales de los municipios de La Ceja y de Rionegro (departamento de Antioquia) en donde recibieron tratamiento.

De acuerdo al dictamen pericial, la tripulación al mando presentó trauma contundente de alta energía en contexto de accidente aéreo. No se evidenció la presencia de sustancias tóxicas en las muestras biológicas obtenidas en la tripulación.

### 1.14 Incendio

No hubo incendio pre impacto, ni se presentó incendio post-impacto.

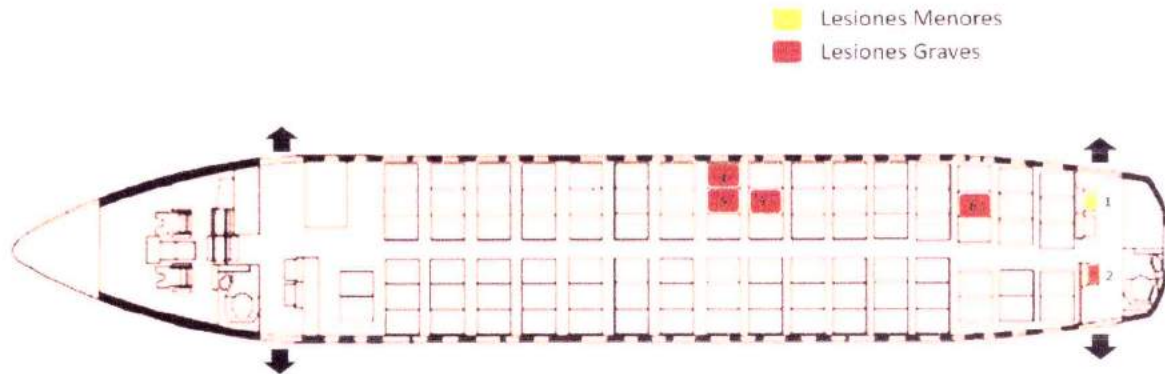
### 1.15 Aspectos de supervivencia

La aeronave AVRO 146 RJ85 accidentada mantenía una configuración clásica de sillas en la cabina de pasajeros. En la cabina de mando contaba con tres (3) sillas para piloto, copiloto y observador.

La figura 18 muestra la configuración de las sillas de pasajeros y de la cabina de mando de la aeronave y la ubicación aproximada de los ocupantes que sobrevivieron. La ubicación probable aproximada de los pasajeros se basó en las entrevistas realizadas a los mismos después del accidente.

	Ubicación aprox. Según declaración	Lesiones
1	Sección trasera Derecha	Laceraciones, contusiones
2	Sección trasera izquierda	Traumatismo en miembro superior e inferior
3	Ala derecha	Politraumatismos
4	Ala derecha	Politraumatismos
5	Ala derecha	Politraumatismos
6	Sección trasera	Politraumatismos

*Tabla 9. Tabla resumida de lesiones de los ocupantes que tuvieron capacidad de supervivencia*



*Figura 18. Distribución aproximada de lesiones menores y graves en aeronave CP 2933*

Los pasajeros que ocupaban las posiciones marcadas con colores rojo y verde, ubicados en el costado derecho -sección del ala derecha- y sección trasera de la aeronave tuvieron capacidad de supervivencia (3, 4, 5, 6); a su vez, aquellos sobrevivientes ubicados en la sección trasera (1, 2) sufrieron las lesiones menos graves.

### 1.15.1 Rescate de los ocupantes

A las 03:00 hrs, después de varios llamados del ATC a la aeronave CP 2933, se activó la alerta al Servicio de Extinción de Incendios (SEI) del aeródromo SKRG el cual se preparó tomando posición en las calles de rodaje B, C, D, manteniéndose en espera de nueva información, ya que la aeronave se encontraba aproximadamente a 7 minutos de vuelo a la pista. Al no recibirse información de la aeronave, se activó su búsqueda en la trayectoria de aproximación al aeródromo.

A las 03:07 hrs, se recibió llamada de la población del Municipio de La Unión, indicando la ubicación posible del sitio de impacto. Así mismo, los bomberos del Municipio de Rionegro fueron alertados.

A las 03:12 hrs, las máquinas de bomberos regresaron para alistar equipos y personal de rescate para instalar el PMU (Puesto de mando Unificado) en jurisdicción del Municipio de Rionegro.

A las 03:45 hrs, un habitante de la zona de Cerro Gordo, ubicado en el Municipio de La Unión, reportó el lugar del accidente a la Policía Nacional, quien informó a su vez al personal de bomberos de los Municipios de La Unión, Rionegro y SEI SKRG. Posterior a esta confirmación, se desplegó un operativo de personal de rescate hacia el sitio del accidente.

Moradores de la zona y personal de la Policía Nacional de Colombia prestaron servicios de primer respondiente a varios de los sobrevivientes en el lugar del accidente. En la mayoría de los casos estos primeros respondientes ayudaron a localizar a aquellos ocupantes que aun presentaban señales manifiestas de vida, proveyendo acompañamiento

y soporte mientras los organismos de rescate arribaban al lugar y realizaban la extracción de los heridos de entre los restos de la aeronave.

A las 04:05 hrs, ingresaron al sitio del accidente por vía terrestre, en terreno escarpado, de vegetación frondosa y por caminos estrechos labrados con herramientas en los momentos posteriores al evento. La mayoría de organismos de rescate los cuales centraron la atención en el rescate y localización de sobrevivientes. La operación de rescate se realizó en terreno montañoso sin luz de día y con presencia de lluvia y baja visibilidad.

A las 04:30 hrs, fueron rescatados dos (2) sobrevivientes y fueron trasladados a centros asistenciales cercanos por vía terrestre. Otro sobreviviente (1) fue rescatado a las 06:00 hrs.

A las 06:13 hrs fueron rescatados otros dos (2) sobrevivientes los cuales fueron trasladados por vía terrestre a centros asistenciales. A las 09:00 hrs se rescató el último sobreviviente y fue trasladado al centro asistencial.

Al ser infructuosa la localización de más sobrevivientes, entre las 09:00 hrs y 11:00 hrs, se realizó la recuperación de los cuerpos que tuvieron lesiones mortales.

A las 15:00 hrs ingresó al sitio del impacto un helicóptero de la Fuerza Aérea Colombiana quien asistió el traslado de los cuerpos al aeropuerto Enrique Olaya Herrera (SKMD) de la Ciudad de Medellín (Antioquia). Dicha labor de recuperación de cuerpos finalizó a las 19:30 hrs del 29 de noviembre.

Durante la gestión de búsqueda, rescate y recuperación de cuerpos, participaron los siguientes organismos:

- Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres (DAGR)
- Policía Nacional de Colombia
- Bomberos Municipios La Ceja, Rionegro, La Unión, Marinilla, El Retiro, Medellín
- Fuerza Aérea Colombiana (FAC)
- Ejército Nacional de Colombia
- Búsqueda y Rescate Aeronáutico (BRAC)
- Defensa Civil Colombiana
- Servicio de Extinción de Incendios (SEI) Aeródromo SKRG
- Cruz Roja Colombiana

### 1.16 Ensayos e investigaciones

Para el desarrollo de la presente investigación se contó con la asistencia técnica de especialistas de la Air Accidents Investigation Branch – AAIB (Reino Unido) y La compañía fabricante de la aeronave BAE Systems quienes asistieron a la lectura, decodificación de los registradores de vuelo (FDR y CVR) y a los análisis de consumos de combustible. La National Transportation Safety Board – NTSB (Estados Unidos) asistió a la inspección in situ de las plantas motrices y la lectura y decodificación del componente FADEC.

### 1.16.1 Consumo de combustible

Con el fin de establecer el consumo de combustible, se analizaron los datos proporcionados por el Registrador de Datos de Vuelo, FDR. La revisión inicial identificó que los parámetros FDR estaban registrando los valores esperados en la condición de fase crucero, de acuerdo a las condiciones voladas, a la resolución de los parámetros y según el tipo motor instalado.

El Manual de Operación de la Tripulación de Vuelo (FCOM) proporciona un valor de consumo de combustible de 1,000 lb/hr (453.59 kg/hr); de otra parte, los datos del FDR indicaron un consumo de 1,066 lb/hr (456.52 kg/hr) para la condición de crucero (FCOM de largo alcance con datos FDR de 236 kt IAS, -6°C de Temperatura Estándar de Aire (SAT), una altitud de 27000ft y N1 de 86.5%).

Mediante la asistencia del fabricante BAE Systems se completó la revisión de los datos del FDR para determinar la posición en el trayecto del vuelo, en donde se presentó en cabina la advertencia de bajo nivel de combustible (L FEED LO LEVEL, R FEED LO LEVEL), y en donde, a su vez, entraría en funcionamiento el sistema de alimentación de bajo nivel en los tanques (Feed Tank Low Level).

Es así como, de acuerdo al consumo de combustible arrojado por el FDR, se logró determinar que el evento de indicación de bajo nivel de combustible ocurrió aproximadamente 40 minutos antes del final de la grabación del FDR.

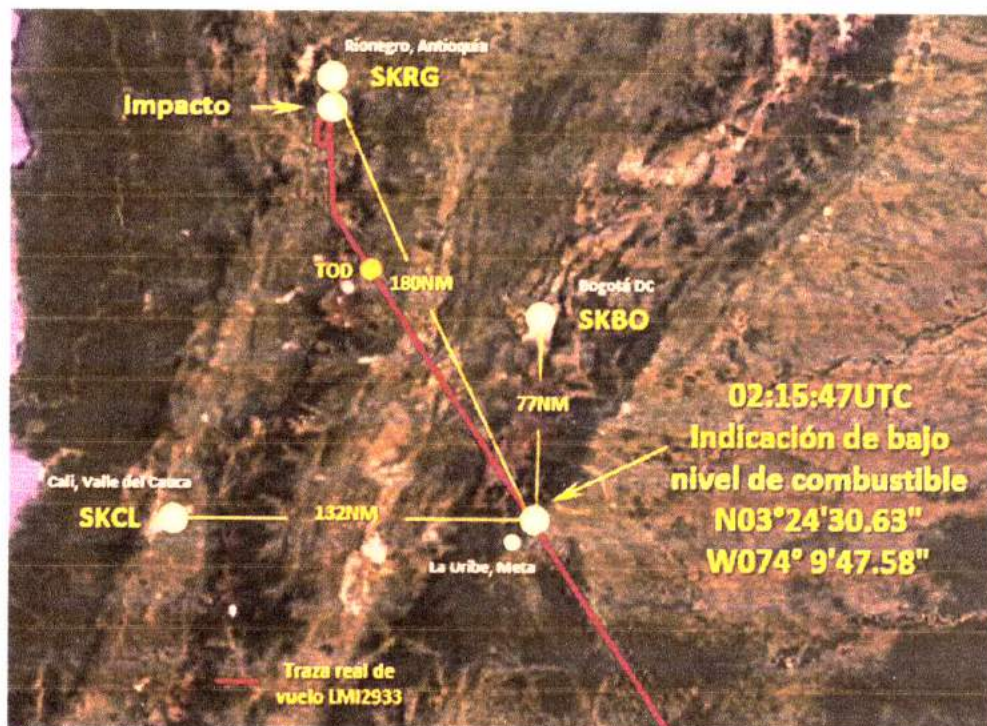


Figura 19. Ubicación aproximada de indicación de bajo nivel de combustible CP 2933

Al observar la frecuencia de grabación de los parámetros en el FDR, no se logró tener la certeza cuál de los sistemas de alimentación de bajo nivel, L o R, habría funcionado primero; sin embargo, es probable que los dos sistemas hayan entrado a operar en un rango de dos minutos de diferencia.

La lista de chequeo 9.06 del FCOM de la aeronave<sup>26</sup>, describe que después de que se presente indicación en el sistema de advertencia de bajo nivel de combustible, se cuenta con combustible para volar durante 23 minutos, en condición de crucero, o con combustible suficiente para descender, aproximar, realizar un sobrepaso (motor al aire) y aterrizar.

El sistema de alimentación de bajo nivel funciona cuando la cantidad de combustible de los tanques de alimentación, cae por debajo de su capacidad máxima de 75 galones/600lb. Si se tiene en cuenta que el flujo de combustible puede variar por los ajustes de potencia utilizados en diferentes fases del vuelo, (crucero, descenso y sostenimiento), el cálculo determinado con base en información del FDR, de que el avión voló durante 40 minutos en condiciones de bajo nivel de combustible, es una determinación aproximada, aunque no exacta.

La indicación de bajo nivel de combustible se presentó a las 02:15:47 hrs, en nivel de crucero FL 300, aproximadamente 18 minutos antes del punto TOD (Top of Descent - N03°24'30.63" - W074° 9'47.58"), y a 29 minutos y 16 segundos del punto GEMLI, que fue alcanzado por la aeronave a las 02:45:03 hrs.

También cabe resaltar que, de acuerdo a este análisis, la indicación de bajo nivel de combustible, se habría presentado a la tripulación antes de sobrevolar las cercanías del aeropuerto Eldorado, SKBO, aeródromo alternativo en ruta que era viable al momento del anuncio.

### 1.16.2 Inspección unidades FADEC<sup>27</sup>

Con el fin de determinar cualquier falla durante la operación de las plantas motrices de la aeronave, se efectuó la inspección de las unidades FADEC's instaladas en los motores en coordinación con la National Transportation Safety Board (NTSB), la compañía fabricante de los motores Honeywell y el fabricante de los FADEC's en los Estados Unidos de América.

Dichas unidades contenían memoria no volátil con capacidad de registrar cualquier código de falla del sistema de propulsión del avión. Durante la inspección de dichos componentes, se descargó y analizó satisfactoriamente toda la información, concluyéndose que no se produjeron fallas FADEC durante el vuelo accidentado.

<sup>26</sup> FCOM, Volumen 3, parte 3, lista de chequeo de emergencia y procedimientos anormales

<sup>27</sup> FADEC (Full Authority Digital Control). El FADEC es un sistema de control del motor en el cual las funciones primarias son provistas electrónicamente, y la unidad de control electrónico del motor (EEC) tiene control de rango completo en la potencia del motor o el empuje.

## 1.17 Información sobre organización y gestión

### 1.17.1 Compañía LAMIA CORPORATION S.R.L

La Compañía LAMIA CORPORATION S.R.L, era una empresa constituida con NIT No 288334023 según No de matrícula No 00316874, bajo licencia No 302333 del Registro de Comercio de Bolivia.

Estaba siendo administrada por su Representante Legal, quien en su momento gestionó el proceso de certificación ante la Dirección General de Aviación Civil (DGAC).

La empresa inició su proceso de certificación en el año 2014, y se le otorgó su primer Certificado AOC No. DGAC-DSO-AOC-119-01-002, el 31 de julio de 2015; este Certificado le fue renovado finalmente en el 02 de septiembre de 2016, mediante el otorgamiento del AOC No DGAC-DSO-AOC-119-01-002, con de vencimiento fecha indefinida.

La operación estaba definida para prestar servicios aéreos comerciales, bajo el RAB 121, efectuando transporte no regular de pasajeros, correspondencia y carga, tanto a nivel nacional como internacional a entidades corporativas, privadas, gubernamentales.

La Compañía, inició su gestión empresarial con la aeronave CP 2933, la cual fue tomada en arriendo o leasing comercial.

En relación a los factores de organización y de gestión, frente al cumplimiento de los requerimientos de su certificado AOC, el cual fue renovado el 02 de septiembre de 2016, contaba con una estructura orgánica como se referencia a continuación:



Figura 20. Organigrama compañía LAMIA S.R.L

Según informa la misma empresa, aunque ella había presentado este organigrama, el mismo no reflejaba la realidad, ya que no se tenía implementada la Gerencia de SMS, ni un área de FDA.

Con permiso de Operación autorizado mediante resolución Administrativa No. 410 de fecha 30 de julio de 2015, inició su proceso de certificación el 06 de octubre de 2014, bajo los requerimientos de RAB 121 con un equipo de aproximadamente cinco (5) personas en su estructura organizacional teniendo como base principal el aeropuerto El Trompillo en la Ciudad de Santa Cruz de la Sierra – Bolivia.

La Fase 3 del Proceso de Certificación le fue aprobada con fecha 04 de mayo de 2015, con la aprobación del manual de SMS, el manual MCO, el manual MCM y otros requeridos.

La compañía a la fecha del suceso y de acuerdo al organigrama, el cual estaba incluido en el Manual de Operaciones, no definía en su estructura, un área que referenciara el sistema de gestión de calidad (aseguramiento operacional), como lo refería el Manual de Operaciones, en su parte A. Claramente, en la práctica de sus operaciones no se pudo demostrar que existía o se llevaba a cabo un proceso de gestión de calidad.

La administración de la empresa, evidenció demora en los pagos de servicios públicos de las instalaciones donde funcionaba la empresa; igualmente, en los pagos de seguridad social para el personal que trabajaba en la misma empresa.

Por otro lado, se evidenció demora en el pago a la Fuerza Aérea Boliviana (FAB), por los servicios de mantenimiento aeronáutico y prestación de servicios logísticos a sus aeronaves. En 2015, se realizó un vuelo desde Norwich - Inglaterra a la isla Gran Canaria - España. Allí fue realizada una inspección de rampa por parte de SAFA<sup>28</sup> el 24 de septiembre de 2015 a las 21:30Hrs, encontrándose varias deficiencias operacionales que incluían la inadecuada gestión del combustible<sup>29</sup>.

La compañía tenía establecido en su Manual de Operaciones parte A literal 3.3.1 un Centro de Control de Operaciones (CCO), un área que realizaba la supervisión en tierra de los vuelos, labor ejecutada por el Coordinador de Operaciones quien también se desempeñaba como Gerente de QSMS.

Así mismo, la compañía contaba con unas especificaciones de operación de fecha 01 de septiembre de 2016 en donde no tenía aprobaciones específicas en transporte de mercancías peligrosas, operaciones con baja visibilidad, RVSM, EDTO y especificaciones de navegación para operaciones PBN.

### 1.17.2 Mantenimiento

La compañía explotadora contaba con un Manual Control de Mantenimiento (MCM), DM-MCM-001-16, revisión N°00 de fecha 26 de julio de 2016; el cual había sido aceptado por la DGAC, en noviembre del 2016. Dicho manual contenía información sobre la

<sup>28</sup> SAFA - Safety Assessment of Foreign Aircraft (Evaluación de la seguridad en aeronaves extranjeras).

<sup>29</sup> Ramp Inspection Report No. AESA-E-2015-0871

organización, tipo y alcance del mantenimiento, responsabilidades, políticas en general y procedimientos para los métodos y técnicas que se deberían emplear en el mantenimiento a efectuar a la aeronave CP 2933.

Organizacionalmente, en lo que respecta al área de mantenimiento de la empresa explotadora, estaba conformada por una Dirección General, de la cual dependían directamente la Dirección de Aseguramiento de Calidad y la Dirección de Mantenimiento; una Organización para la Gestión de la Aeronavegabilidad del mantenimiento (CAMO PART TEM) y una Organización de Mantenimiento OMA 145; así mismo contaba con una Jefatura de Aeronavegabilidad Continua que dependía de la Dirección de Mantenimiento.

La compañía contrataba los servicios de mantenimiento, con las siguientes organizaciones de mantenimiento aprobadas y certificadas bajo la Reglamentación Aeronáutica Boliviana RAB 145<sup>30</sup>:

- ✓ BACAMS S.R.L / OMA N°- 001
- ✓ Servicio de Mantenimiento Aéreo "2" (SMA2) / OMA N°145-1-007-14

### 1.17.3 Dirección General de Aviación Civil – DGAC de Bolivia

La Dirección General de Aviación Civil, es la Autoridad Aeronáutica de Bolivia, establecida bajo la ley No 2902 del 29 de octubre de 2004, y expresa en el capítulo II, artículo 9, letra f, que a través de los Reglamentos Aeronáuticos Bolivianos (RAB), apoyados en procedimientos de trabajo para su gestión como Autoridad Aeronáutica, entre los cuales se incluyen procedimientos para certificación, inspección, control y vigilancia de operadores aéreos y otras actividades aéreas, entre las cuales está incluida la emisión de autorizaciones de ingreso o salida de vuelos, no regulares, chárter internacional, como contexto de la presente investigación.

La Autoridad Aeronáutica en el Estado Plurinacional de Bolivia, tiene en sus reglamentos el RAB 119, que trata sobre la certificación de explotadores de servicios aéreos y el RAB 121, que establece los requisitos para operaciones domésticas e internacionales regulares y no regulares, bajo los cuales la Empresa LAMIA Corporation S.R.L, le fue autorizado su certificación como operador aéreo.

De acuerdo al RAB 119, con su última revisión de fecha 05 de septiembre de 2013, en su literal 119.29 literales a, b, c y d, "*Programa de Control Calidad*", la empresa LAMIA Corporation S.R.L, debería tener un sistema de control de calidad que promoviera el aseguramiento del objetivo de seguridad operacional, establecido en el AOC autorizado. Lamia Corporation S.R.L, fue una empresa certificada con AOC, para suministrar Servicios Aéreos No Regular, Doméstico e Internacional para el Transporte de Pasajeros, Carga y Correo, Operando Aeronaves (Grandes) Categoría Transporte.

La Autoridad de Fiscalización y Control (ATT), de Bolivia, autorizó el permiso de funcionamiento para la Empresa LAMIA CORPORATION S.R.L.

<sup>30</sup> RAB 145: Reglamento sobre Organizaciones de Mantenimientos Aprobadas (OMA)

La Dirección General de Aviación Civil de Bolivia (DGAC) contaba con un plan de vigilancia de la seguridad operacional 121-129-175 aplicable para agosto a diciembre de 2016. Durante el 2016 se encontró evidencia de un plan de vigilancia en el área de aeronavegabilidad y no se encontró evidencia de reportes surgidos durante el proceso de certificación en el área de operaciones.

De igual manera, se conoció dentro de la investigación que el Estado Boliviano<sup>31</sup> otorga un subsidio al valor del combustible a todas las aeronaves que realicen vuelos entre aeropuertos del Estado Boliviano, es decir regionales o nacionales, y que sean de matrícula del Estado Boliviano, identificadas como CP.

Cuando la aeronave se encontraba en SLVR, se le suministró un total de 2,050 litros de combustible, de acuerdo al recibo de aprovisionamiento<sup>32</sup> y fue registrado que el destino era nacional (Cobija - CIJ), cuando en el plan de vuelo y en conocimiento de la tripulación, el vuelo se realizaría directo a Rionegro, vuelo internacional, el cual no tendría subsidio de acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo.

#### 1.17.4 Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegación Aérea – AASANA

La Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegación Aérea (AASANA), fue creada mediante el decreto supremo No 08019, del 21 de junio de 1976, como entidad del Estado, y en su artículo 2 tiene por objeto la planificación, dirección y administración de aeropuertos abiertos al servicio público; implementar en el territorio boliviano, la organización del espacio aéreo y el control de su tránsito, de acuerdo al Anexo 2 de la OACI.

Posterior fue elevada al nivel de Ley No 412 del 16 de octubre de 1968, en esta ley en su artículo 164 expresa que *“la responsabilidad de la entidad que presta servicios a la navegación aérea comienza cuando asume la aeronave bajo su protección o control y termina cuando transfiere los mismos a otra entidad que presta servicios a la navegación aérea con respecto a la aeronave, o cuando han terminado las operaciones para las cuales fue requerido”*.

La aeronave CP 2933 despegó del Aeropuerto Viru Viru de la Ciudad de Santa Cruz-Bolivia, con el control de navegación aérea de la torre de control de Santa Cruz de La Sierra.

El plan de vuelo fue recibido y aceptado por el proceso respectivo de la oficina ARO/AIS, siendo este un proceso que relaciona los elementos operacionales de navegación aérea y permiten desarrollar la operación en el espacio aéreo asignado o condición de control en cualquier espacio aéreo.

<sup>31</sup> Decreto Supremo N° 28932 - Estado Plurinacional de Bolivia

<sup>32</sup> Recibo de combustible No. 1382146

### 1.17.5 Autorización de vuelos no regulares internacionales en Colombia

Con base en el Reglamento Aeronáutico de Colombia 3.6.3.5.6, normatividad que orienta la gestión regulatoria de evaluación, aprobación y verificación de vuelos no regulares internacionales de tipo chárter y bajo el cual la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, se dio trámite ante la UAEAC al requerimiento de vuelo del CP 2933 mediante una solicitud de una empresa FBO en Colombia, con fecha 28 de noviembre a las 13:36 hrs, que incluían los formatos correspondientes, los cuales contienen información técnica, como características de las aeronaves, rutas, pesos, número de pasajeros, PBMO, datos referentes a rendimiento operacional.

Esta información y formatos fueron evaluados con base en los Reglamentos Aeronáuticos Colombianos RAC y documentos regulatorios, que proveen normas de aplicación en la industria aeronáutica para vuelos no regulares chárter internacionales, como fue el vuelo del CP 2933, el cual fue autorizado y registrado en el formato de solicitud de vuelo chárter con fecha 28 de noviembre de 2016.

Durante el trámite de evaluación y aprobación de vuelos no regulares internacionales chárter, (solicitud vuelos no regulares chárter), no se emitió concepto de la Secretaría de Seguridad Operacional y de la Aviación Civil (Antiguamente Secretaría de Seguridad Aérea), ni se realizó un estudio y análisis exhaustivo de los seguros vigentes de la aeronave, el cual contenía una cláusula de exclusión para operación en Colombia.

La solicitud fue autorizada el 28 de noviembre de 2016 por parte de la Autoridad Aeronáutica.

## 1.18 Información adicional

### 1.18.1 Planeamiento de combustible internacional según compañía

El Manual de Operaciones de la compañía<sup>33</sup> aprobado y vigente al momento del accidente proporcionaba los lineamientos para el abastecimiento de combustible para operaciones internacionales:

**"9.5.3 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE COMBUSTIBLE: AERONAVES PROPULSADAS POR TURBINAS, OTRAS QUE NO SEAN TURBOHÉLICES: OPERACIONES INTERNACIONALES REGULARES Y NO REGULARES**

*Ningún Encargado de Operaciones de Vuelo (EOV), puede liberar un vuelo y ningún Piloto puede despegar una aeronave de LAMIA CORPORATION SRL, propulsada por turbinas (otras que no sean aeronaves turbohélices) a menos que, considerando el viento y otras condiciones meteorológicas esperadas, dicha aeronave tenga suficiente combustible:*

- *Para volar hacia y aterrizar en el aeropuerto al cual va a ser liberada.*
- *Después, para volar por un periodo equivalente al 10% del tiempo total de vuelo requerido para operar desde el aeropuerto de salida y aterrizar en el aeropuerto al cual va a ser liberada.*

<sup>33</sup> Manual de operaciones LAMIA, Parte A, Capítulo 9, Procedimientos de operación, Numeral 9.5.3

- Después, para volar y aterrizar en el aeropuerto alterno más distante especificado en la liberación de vuelo, si un alterno es requerido; y,
- Después, para volar durante treinta (30) minutos a velocidad de patrón de espera sobre el aeropuerto alterno (o sobre el aeropuerto de destino si un aeródromo alterno no es requerido), en condiciones de temperatura estándar.

Ninguna persona puede liberar una aeronave de LAMIA CORPORATION SRL, hacia un aeropuerto para el cual un aeródromo alterno no está especificado, a menos que tenga suficiente combustible, considerando los vientos y otras condiciones meteorológicas esperadas, para poder volar hacia ese aeropuerto y después para volar por lo menos por dos (02) horas a consumo de crucero normal.

La cantidad mínima de combustible (Q) calculada para una operación Internacional está definida como:

$Q = \text{Combustible para rodaje} + \text{Combustible al destino} + \text{Combustible de Contingencia (10\% del tiempo total de vuelo)} + \text{Combustible al Alterno más lejano} + \text{Combustible de Reserva Final (30' a 1.500 pies sobre el aeropuerto alterno o de destino a velocidad de holding)}$ .

a	b	c	d	e	Cantidad Mínima de Combustible (Q)
Fuel para taxeo	Fuel al destino	Fuel de Contingencia, 10% del tiempo total de vuelo	Fuel al alterno más lejano	Fuel de reserva final, 30' a 1.500 pies a velocidad de holding	$a + b + c + d + e$

Tabla 10. Cantidad mínima de combustible según Manual de Operaciones compañía

El manual de la compañía no contenía lineamientos para establecer las cantidades de combustible mínimo para el aterrizaje.

### 1.18.2 Información sobre planificación del combustible

Con anterioridad al vuelo, el 28 de noviembre de 2016 a las 13:25 hrs, el explotador había enviado la información de vuelo a una compañía de planificación, para que se le creara un Plan de Vuelo desde SLVR (Santa Cruz) hacia SKRG (Medellín)<sup>34</sup>.

El perfil del vuelo planificado fue el mismo que el explotador presentó en el Plan de Vuelo al ATC, y sumaba una distancia total de 1.611 nm. El requerimiento de combustible para este trayecto era de 8,658 kg.

Adicionalmente, al presentar el Plan de Vuelo al ATC, la empresa agregó una cantidad de 200 kg de combustible para el rodaje. Esto dio como resultado un total de 8,858 kg de combustible requerido para el vuelo, que no tuvo en cuenta el combustible requerido para una eventual desviación a un aeropuerto alterno, ni el combustible de reserva ni el combustible de contingencia.

<sup>34</sup> Plan de vuelo Ref. 3078 – Ver apéndice 3

El plan de vuelo se contempló con un nivel de vuelo crucero de FL 300 y con un peso de despegue 32,991 kg. El plan registrado demandaba un incremento de los requerimientos de combustible de 64 kg por cada 1,000 kg adicionales por encima del peso inicialmente planeado.

En los restos de la aeronave se encontraron otros planes de vuelo con diferentes rutas. Éstos incluían tres planes de vuelo creados el 26 de noviembre de 2016, para vuelos desde São Paulo a Santa Cruz, Santa Cruz a Cobija y de Cobija a Rionegro.

El plan de vuelo de Cobija a Rionegro contemplaba a Bogotá como aeropuerto alterno e incluía un requisito de combustible de desviación de 837 kg y un requisito de combustible de sostenimiento (holding) de 30 minutos de 800 kg.

La compañía de planificación de vuelo suministró para la investigación los planes de vuelo elaborados para la compañía LAMIA el 28 de noviembre de 2016. A continuación, se resumen los planes de vuelo creados y los destinos planificados en los mismos:

Referencia	Hora de cómputo (UTC)	Hora estimada de salida (ETD)	Ruta	Tiempo total
3072	04:50	16:00	SLVR/SKRG	04:23
3076	13:08	23:00	SLVR/SBCT	02:25
3077	13:12	23:00	SLVR/SBCT	02:33
3078	13:25	16:00	SLVR/SKRG	04:22
3084	15:09	16:00	SLVR/SLCB	00:34
3085	15:11	16:00	SLVR/SLCB	00:34

*Tabla 11. Planes de vuelo computados por la compañía el 28 de noviembre de 2016*

### 1.18.3 Operaciones previas realizadas entre SKRG - SLVR

De acuerdo a los registros de operación de vuelos de la Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a La Navegación Aérea De Bolivia – AASANA, durante los últimos cuatro (4) meses previos al accidente, la aeronave CP2933 registró un total de tres (3) aterrizajes en el aeropuerto internacional de Viru Viru, Santa Cruz – Bolivia provenientes del aeropuerto internacional José María Córdoba, Rionegro – Colombia, los días 23 de agosto de 2016, 30 de octubre de 2016 y 05 de noviembre de 2016 respectivamente.

Al revisar los tres (3) planes de vuelo presentados en Rionegro SKRG, se comprobó que, para esas fechas, el destino final propuesto era el aeródromo de Cobija SLCO y no el aeródromo de Viru Viru SLVR, en donde finalmente fue terminado cada vuelo.

El aeródromo de Viru Viru SLVR fue propuesto en cada plan de vuelo como aeródromo alterno y el aeródromo de Cochabamba SLCB, como segundo alterno.

Los vuelos realizados contemplaron la siguiente relación de autonomía y tiempo total en ruta (EET) en los respectivos planes de vuelo:

Fecha plan de vuelo	Autonomía	Tiempo total en ruta
22 agosto 2016	04:20 hrs	03:15 hrs
29 octubre 2016	04:15 hrs	03:11 hrs
04 noviembre 2016	04:20 hrs	03:15 hrs

#### 1.18.4 Declaraciones post-accidente de los pasajeros

Algunos sobrevivientes fueron entrevistados. Los sobrevivientes miembros del equipo de fútbol, manifestaron que fue evidente que a última hora se cambió lo planeado para su desplazamiento, adicionándose el movimiento desde Sao Paulo (Brasil) hacia Santa Cruz de la Sierra (Bolivia).

Coincidió en sus declaraciones en aspectos relacionados con la desorganización de la compañía en lo que respecta a la logística y a la toma de decisiones.

Las entrevistas evidenciaron que, al momento del evento, muchos pasajeros dormían y que, repentinamente el ruido de los motores cesó durante el descenso. Así mismo relataron que en cabina las luces se apagaron y que las luces de emergencia de suelo se encendieron.

En una de las declaraciones, un sobreviviente manifestó que sintió que la aeronave empezaba a descender con movimientos descontrolados, de un lado hacia el otro, en su propio eje, y empezó a oír un sonido semejante a un “bip bip bip...” que venía desde la cabina de mando. Después de algunos segundos, sintió que la aeronave cambió la actitud en ascenso hasta producirse el accidente.

De acuerdo a las declaraciones, se evidenció que en ningún momento los pilotos informaron a los pasajeros lo que ocurría, o cuáles eran los procedimientos de seguridad que deberían ser seguidos.

#### 1.18.5 Declaraciones post-accidente de la tripulante de cabina de pasajeros

La Tripulante de Cabina de Pasajeros fue entrevistada posteriormente al accidente. Relató que el vuelo se desarrolló en condiciones normales sin ningún llamado por parte de la tripulación de cabina de mando sobre alguna novedad o emergencia. Comentó que solo recibió la información del piloto dando las intenciones de aterrizar y que así mismo, realizó el aviso a los pasajeros para preparar la cabina de pasajeros para el aterrizaje.

Añadió que antes del evento, las luces en cabina se apagaron, los motores de la aeronave cesaron de funcionar y que posteriormente hubo un descenso hasta que se produjo el accidente.

La tripulante en su declaración comentó que, la compañía les debía salarios. Según la entrevista, previamente se había realizado un vuelo hacia SKRG con el piloto al mando y recordó que hicieron una parada en Cobija (Bolivia) para reabastecer combustible.

#### 1.18.6 Declaraciones post-accidente del técnico a bordo

El técnico a bordo fue entrevistado posteriormente al accidente. En su declaración, comentó que la compañía era indecisa en la programación de los vuelos ya que cambiaban frecuentemente las programaciones de los vuelos.

Comentó que en Santa Cruz (Bolivia), recibió la instrucción para asegurar el abastecimiento de combustible con tanques llenos de la aeronave hacia Cobija (Bolivia).

Relató que posteriormente a este procedimiento, lo sorprendió que la compañía decidiera realizar el procedimiento de migración, ya que se había dado la orden de proceder directamente hacia Colombia.

Aseguró que el vuelo se desarrolló en condiciones normales. Durante el descenso, observó que la tripulante de cabina preparó la cabina para el aterrizaje y posterior a ello, las luces se apagaron junto con los motores de la aeronave hasta impactar contra el terreno.

#### 1.19 Técnicas de investigación útiles o eficaces

No se requirieron técnicas de investigación especiales para la investigación. La investigación siguió las técnicas y métodos recomendados por el Documento 9756, Parte III de OACI.

## 2. ANÁLISIS

### 2.1 Procedimientos operacionales

De acuerdo a lo expuesto en la Información Factual, se determina que hubo una pobre planeación del vuelo, baja conciencia situacional en su ejecución y equivocada toma de decisiones circunstancias todas afectadas por el afán de cumplir un contrato de transporte.

La tripulación incumplió lo establecido en Manual General de Operaciones de la empresa, en lo relacionado con la determinación de la cantidad mínima de combustible requerido para realizar vuelos internacionales.

No solamente desconoció un componente de ese cálculo. En realidad, la planeación de la operación no tuvo en cuenta varios componentes del cálculo de combustible mínimo requerido, a saber: el combustible requerido para una eventual desviación a un aeropuerto alternativo, el combustible de reserva y el combustible de contingencia. El vuelo se inició en condiciones ilegítimas en lo que respecta a la cantidad de combustible a bordo.

Es evidente, dentro de la investigación, que existió una indicación de bajo nivel de combustible (L/R FEED LOW LEVEL) aproximadamente a las 02:15:47 hrs<sup>35</sup> cuando el avión volaba a un nivel de crucero de 30.000 pies, y cuando se encontraba aproximadamente 18 minutos antes de alcanzar el punto inicial para el descenso (TOD).

Pese a la indicación de alarma, la tripulación no realizó ninguna acción, ni efectuó comunicación o solicitud alguna al ATC que permitiera conocer su situación, con el fin de poder dar el manejo correspondiente en relación a la situación operacional presentada.

La lista de chequeo de emergencia y procedimientos anormales del FCOM<sup>36</sup> de la aeronave, como es normal, describen los procedimientos que deben realizar los pilotos cuando se presentan alarmas tales como una indicación de bajo nivel de combustible (L/R FEED LO LEVEL). Según el FCOM, sí después de realizar los procedimientos que ordena la lista de chequeo, continua el aviso de L/R FEED LOW LEVEL, dice el manual que se requiere efectuar el aterrizaje lo antes posible.

En efecto, el procedimiento describe que una vez el sistema advierte a la tripulación la indicación de L/R FEED LOW LEVEL, como medida inmediata debe aterrizar lo antes posible ya que el combustible remanente en cada "tanque feed" y en la línea de combustible correspondiente, puede alimentar al motor para:

- Un mínimo de 23 minutos de combustible en condición de crucero o,
- Combustible suficiente para un descender, aproximar, frustrar, y aterrizar.

<sup>35</sup> Numeral 1.16.1 del presente informe final - Consumo de Combustible

<sup>36</sup> FCOM, Volumen 3, parte 3, lista de chequeo de emergencia y procedimientos anormales, página 9.06

Tal como se muestra evidentemente dentro de la investigación, la tripulación del vuelo CP 2933 había contemplado a SKBO como aeródromo de alternativa; sin embargo, no pudieron evidenciarse los criterios que tuvo la tripulación para tomar la decisión de continuar el vuelo hacia SKRG, aun conociendo que SKBO se encontraba a solo 77 nm, ya que no se tuvo registro de las voces de cabina (CVR), para ese momento.

Al continuar el vuelo con la condición de indicación de bajo nivel de combustible, la situación de evolución de varios tránsitos en la aproximación a SKRG daba una connotación evidente de demora en la aproximación, la cual la tripulación no tenía prevista.

En varias ocasiones (02:33:09 hrs – 02:40:17 hrs), la aeronave fue instruida por el ATC para proceder a la espera en el VOR de Rionegro, siendo la información colacionada por la tripulación, sin que se presentara ninguna observación u objeción por parte de la misma, pese a que, tal como se ha explicado, la aeronave estaba volando en condición de bajo nivel de combustible.

En el punto de indicación de bajo nivel de combustible, el vuelo CP 2933 se encontraba aproximadamente a 180 nm de SKRG. Según los registros del FDR, a las 02:15:47 hrs se presentó la indicación de bajo nivel, y a las 02:45:03 hrs, la aeronave alcanzó la posición GEMLI dando un total de vuelo de 29 minutos, 16 segundos y un recorrido de 169 nm, desde la indicación de bajo nivel de combustible, hasta GEMLI.

Desde el inicio del sostenimiento en GEMLI (02:45:03 hrs) por demora en el tránsito aéreo, hasta el inicio de la apagada de los motores (02:53:45 hrs – motor No.3), transcurrieron 08 minutos y 42 segundos, y el avión recorrió 44 nm.

Todo lo anterior quiere decir que el vuelo CP 2933 recorrió un total de 213 nm desde el aviso de bajo nivel de combustible hasta que se apagaron los motores.

De otra parte, desde la posición GEMLI hasta el umbral de la pista 01 de SKRG, hay una distancia de 16.30 nm. Esto quiere decir que, si la tripulación anuncia al ATC la situación precaria de combustible antes de llegar a GEMLI, no sostiene en este punto y aproxima directamente, el combustible remanente hubiera sido suficiente para recorrer la distancia necesaria, es decir un total de 185.3 nm.

Dadas las alternativas en el desarrollo de la operación, con el agravante de continuar un vuelo con el combustible limitado, es altamente probable que de no existir demora en GEMLI, la aeronave hubiese podido alcanzar la pista. Sin embargo, fue evidente la ausencia de criterio de la tripulación al continuar el vuelo y aceptar el sostenimiento (inicialmente anunciado por el ATC en VOR RNG y luego solicitado por la tripulación en GEMLI), sin reportar a tiempo las condiciones operacionales de la baja cantidad de combustible al ATC, que se encontró con una demora imprevista para iniciar la aproximación.

Al iniciar el acercamiento al VOR RNG, la tripulación solicitó incorporarse en GEMLI y nuevamente, la tripulación omitió comunicación alguna de la situación crítica de combustible que presentaba la aeronave.

La aeronave alcanzó GEMLI, efectuó un patrón de sostenimiento, y en el segundo acercamiento a las 02:49:11 hrs reportó: "...Lima Mike India dos nueve tres tres, dos uno cero, en acercamiento y solicitamos prioridad para la aproximación... se nos ha presentado un problema de combustible...".

Dicha solicitud de "prioridad", no correspondía a una declaración de "Minimum Fuel Status", ni de MAYDAY por combustible, tal como lo indica el Anexo 6 de OACI; en este momento, habían transcurrido más de 13 minutos desde que el ATC de Bogotá (02:33:09 hrs), le había indicado a la tripulación que procedería a la espera del VOR RNG.

EL ATC le anunció al CP 2933 que le daría vectores y le comunicó un estimado de siete (7) minutos para iniciar la aproximación. Ante esta instrucción, que denotaba una considerable demora para el vuelo, en vista de la situación, la tripulación colacionó a las 02:50:00 hrs: "...Estaré atento para los vectores Lima Mike India dos nueve tres tres...", reflejando una condición pasiva por parte de la tripulación ante la crítica situación.

Posteriormente, durante el tercer sostenimiento en GEMLI, la tripulación finalmente reportó su condición de emergencia a las 02:52:26 hrs: "...Estamos con emergencia de combustible... por eso le pido de una vez curso final...". Dicha comunicación no se realizó de acuerdo a la fraseología contenida en la Reglamentación de Anexo 4 de OACI.

De acuerdo a la reglamentación del Anexo 4 de la OACI, numeral 4.3.7.2.3:

*"...El piloto al mando declarará una situación de emergencia de combustible mediante la radiodifusión de MAYDAY MAYDAY MAYDAY COMBUSTIBLE, cuando la cantidad de combustible utilizable que, según la calculada, estaría disponible al aterrizar en el aeródromo más cercano donde puede efectuarse un aterrizaje seguro es inferior a la cantidad de combustible de reserva final previsto..."*

Evidentemente, en ningún momento la tripulación declaró MAYDAY MAYDAY MAYDAY COMBUSTIBLE en frecuencia. Esta situación pudo estar relacionada directamente con un hallazgo previamente identificado durante los chequeos de proeficiencia realizados a la tripulación.

El piloto tuvo la observación en su chequeo de proeficiencia de "mejorar la coordinación en cabina / CRM" y en "...definir claramente el control del avión y de las comunicaciones, quien hace que..." – "...tomar el tiempo necesario para preparar el avión en emergencia...".

Al copiloto, a su vez, se le hizo la siguiente observación en su chequeo de proeficiencia: "Las configuraciones en aproximación deben de ser más precisas" – "...Comunicación con el ATC en emergencias deben ser puntuales (PAN PAN o MAYDAY) según el caso...".

Todas las observaciones dadas en los chequeos anuales y proeficiencia (Supervisión) fueron detectadas a tiempo; sin embargo, fue evidente que no fueron mejoradas, corregidas ni supervisadas, lo que conllevó a una permisividad durante la operación en condición crítica de combustible, la carencia de una comunicación que no fue puntual, y no prever el tiempo necesario para preparar el avión ante una emergencia.

Dentro del análisis de las operaciones, teniendo en cuenta los hallazgos en el sitio del accidente y las grabaciones de los datos de vuelo (FDR), se determinó que la tripulación configuró prematuramente la aeronave, con tren de aterrizaje extendido (02:53:24 hrs) y 33° de Flaps (02:54:36 hrs) antes de la apagada de los motores.

Esta situación operacional afectó en gran proporción la aerodinámica y penalizó críticamente el factor de planeo de la aeronave al existir un incremento aerodinámico de la resistencia al avance, que contribuyó a la pérdida abrupta de altitud en el último segmento del vuelo.

De igual manera, teniendo en cuenta las evidencias de los ocupantes sobrevivientes al accidente, no se realizaron los llamados correspondientes por parte de la tripulación de cabina de mando para preparar la cabina ante el inminente agotamiento de combustible y descenso de emergencia.

Fue claro ante los hallazgos recopilados en la investigación que la tripulación realizó una operación de un vuelo con el combustible limitado y que, al percatarse de la situación operacional, no declaró con tiempo suficiente al ATC la situación.

Otra evidente desviación a los procedimientos operacionales planeados fue comprobada en los últimos (3) vuelos realizados hacia el aeródromo Viru Viru SLVR los días 23 de agosto, 30 de octubre y 05 de noviembre de 2016. Como fue evidenciado, la aeronave CP2933 tenía contemplado como aeródromo de destino a SLCO, sin embargo, en todos los vuelos realizados la tripulación no aterrizó en Cobija SLCO y continuó la operación hacia Viru Viru SLVR, que correspondía en los planes de vuelo al aeródromo de alternativa.

Al decidir la tripulación proceder al aeropuerto de alternativa, es probable que no estuviera cumpliendo con el combustible mínimo requerido.

## 2.2 Procedimientos operacionales según el análisis del CVR

Durante el desarrollo del vuelo fueron evidentes en las grabaciones del CVR discusiones en cabina acerca de la administración de combustible en relación a la optimización del mismo en la fase de crucero.

A las 23:34:43 hrs ubicados al Norte de Bolivia en cercanías hacia la frontera la tripulación aseguró que el aeropuerto SLCO era una salvaguarda para reabastecer combustible por lo que inherentemente tenían desde el inicio del vuelo esa opción de reabastecimiento.

A las 00:37:52 hrs a 107 nm antes de ingresar a espacio aéreo colombiano, la tripulación conoció la situación de insuficiencia de combustible comentando: "...esta jodida la cosa...". Allí en este punto contemplaron la posibilidad de ingresar a Leticia y Bogotá. Finalmente, la decisión de la tripulación fue proceder a Bogotá.

Después de contactar ACC BOG se dio instrucción al CP 2933: "...Lima Mike India dos nueve tres tres recibido está en contacto radar nivel de vuelo tres cero cero le confirmo su ruta está autorizado proceder a Rionegro vía ARUXA, PABÓN, BOGOTÁ, BOGOTÁ NIRSO, NIRSO

RIONEGRO...”. Después de esta instrucción con el ATC, el piloto comentó en las grabaciones CVR a las 00:51:22 hrs: “...ya nos están metiendo directo hermano...”.

Ante una evidente deficiencia en la gestión del combustible durante el vuelo, con evidentes comentarios al respecto, la instrucción del ATC probablemente generó un exceso de confianza en la tripulación al saber que la ruta estaría acortada en algunos puntos. Esta situación fue conocida en los grabaciones cuando a las 00:56:21 hrs, en el canal CAM realizan la pregunta al piloto: “... ¿ya no van a bajar a Bogotá?...” a lo que el piloto responde: “...ya no...”.

A las 01:01:21 hrs durante las grabaciones, fueron más notorias la calma y la seguridad de la tripulación, pese a la situación cuando el piloto afirma: “...lo bueno es tomar las decisiones con calma, ya la analizamos, ya la vimos...”; a lo que el piloto responde: “... ya la analizamos, ya la vimos...”.

Después de la finalización de la grabación del CVR a las 01:15:03 hrs, dentro de los procedimientos operacionales, se conoció que la tripulación, solicitó sostener en la posición RNAV GEMLI. Dentro de las Especificaciones de Operación (OPSPECS), la compañía no tenía aprobación PBN, por lo que debía realizarse el vuelo bajo las reglas de navegación convencional.

Así mismo, se evidencia, tras la escucha de las comunicaciones sostenidas con el ATC, que la tripulación no utilizó la fraseología estándar y los procedimientos que indican la declaración del “*minimun fuel status*” o el de “*mayday mayday mayday*” por emergencia. Fue utilizada la solicitud de prioridad por parte de la tripulación (02:49:11 hrs) y a las 02:56:26 hrs, la declaratoria de emergencia por combustible.

### 2.3 Calificación de la tripulación y otros

Es de resaltar que, el inglés es el idioma oficial requerido internacionalmente para la operación de aeronaves a nivel mundial y así debe estar especificado individualmente en la licencia que otorga la Autoridad de Aviación. En cuanto a la tripulación del vuelo CP 2933, se pudo evidenciar que el control y vigilancia sobre los documentos requeridos para realizar vuelos internacionales, tuvo una aparente falencia pues el piloto mantenía su competencia lingüística vencida y, el tripulante que cumplía funciones de copiloto, no tenía vigente su competencia lingüística (Inglés), que es un requisito indispensable para vuelos internacionales ya que en este caso, se sobrevoló un espacio aéreo que no manejaba el idioma español.

En la cabina de pilotos (jumpseat) se encontraba una persona que no hacía parte de los pasajeros y tampoco de la tripulación; sin embargo, por las evidencias encontradas en el sitio del accidente, se logró determinar que dicho ocupante era piloto, pero no trabajaba como tal para la compañía. Tampoco se logró determinar la razón por la cual iba a bordo y tampoco, las funciones que desempeñaba, aun cuando estaba incluido en el “General Declaration” como copiloto sin serlo; sin embargo, en la grabación del CVR se pudo establecer que efectivamente estuvo allí en el desarrollo del vuelo y hasta tuvo oportunidad de preguntar a los pilotos por el estatus de combustible.

## 2.4 Libros de abordo

Los registros evidenciados en los libros de mantenimiento de la compañía dejaron dudas razonables en el sentido que lo allí registrado, no correspondía a la realidad. Estas dudas se fundamentan en el hecho que no se encontró allí plasmado ningún tipo de reporte de falla o acción correctiva realizada a la aeronave en un largo periodo, así como tampoco se evidenció la anotación de suministro de los aceites adicionados a los motores y al APU, situación que evidencia unos procedimientos deficientes y falta de control de calidad en la compañía.

En adición a lo expuesto anteriormente, en el libro de reportes de cabina de pasajeros, se encontró un reporte que nunca fue contestado como “corregido” o “diferido” y no contaba con firma de un técnico de mantenimiento; siendo este, un requisito para la operación de cualquier aeronave, pues para el día del accidente, no hubo certeza que el baño de la aeronave CP 2933 estuviera operativo, considerando un vuelo prolongado con 77 ocupantes a bordo.

## 2.5 Manuales de operación

Tal como fue evidenciado, la aeronave no tenía aprobadas en sus OPSPECS algunas operaciones tales como RVSM y PBN, entre otras; y aún ante esta situación, la tripulación afirmó al ATC que la aeronave estaba autorizada para volar en espacio aéreo RVSM, y además, solicitó efectuar espera en el punto RNAV GEMLI. Al realizar un estudio detallado de los documentos aprobados por la Autoridad Boliviana se encontró que los Manuales y aprobaciones eran cambiados por la empresa, de manera informal y rápidamente, a solicitud o necesidad del explotador; sin embargo, esto no significó que realmente estuvieran certificados para tal fin.

## 2.6 Gestión del combustible

Durante la investigación se determinó que, en Bolivia, todas las aeronaves que realicen vuelos entre aeropuertos de este país, es decir regionales o nacionales, y que tengan matrícula del Estado Boliviano identificadas como CP, se les otorga un subsidio en el valor del combustible<sup>37</sup>; y por el contrario, si estas aeronaves CP, realizan vuelos internacionales, no tienen el beneficio o subsidio anteriormente mencionado.

En el reabastecimiento realizado a la aeronave CP2339, en SLVR, se aplicó el subsidio del combustible, con base en la información que haría escala en otro aeropuerto nacional, en SLCO, y que allí se haría otro reabastecimiento de combustible un vuelo internacional; es decir, en tal situación, la mayor cantidad de combustible a utilizar en el trayecto internacional ya estaba en los tanques de la aeronave siendo que había sido reabastecida en el aeropuerto de origen.

Pero el plan de proceder hacia SLCO fue cancelado por la tripulación, y ya cuando se había provisionado el combustible, decidió proceder directamente a Colombia, pues el

<sup>37</sup> Decreto Supremo N° 28932 - Estado Plurinacional de Bolivia

aeropuerto SLCO estaría cerrado para operaciones a la hora en que la aeronave estimaba llegar allí.

La cantidad planificada de combustible inicialmente para realizar el vuelo desde SLVR a SKRG, requería de una escala técnica en un aeropuerto sobre o cercano a la ruta seleccionada, con el único objeto de reabastecer la aeronave de más combustible y poder cumplir con las regulaciones y aprobaciones que tenía la empresa en las Especificaciones de Operación y así finalizar de manera segura el vuelo hacia SKRG.

El vuelo fue planificado inicialmente así:

Origen:	SLVR (Viru Viru), Bolivia.
Destino Inicial:	SLCO (Cobija), Bolivia. (Escala Técnica/Reabastecimiento).
Destino Final:	SKRG (Rionegro), Colombia.

El manejo del combustible se hizo con base al subsidio anteriormente citado, de forma tal que los tanques fueron llenados hasta su máxima capacidad, aunque no era necesario, pues este primer trayecto no requería tal cantidad de combustible. Al aterrizar en el aeropuerto de destino inicial (SLCO), se agregaría el combustible faltante para llenar nuevamente los tanques y así retomar el vuelo desde el destino inicial, SLCO, hacia al destino final, SKRG.

Sin embargo, por la demora que hubo en la salida del vuelo y de acuerdo a la hora del despegue real de SLVR, el plan inicial no fue cumplido, debido a que el aeropuerto de SLCO (Cobija), ubicado en el extremo norte de Bolivia y cercano a la frontera con Brasil, estaría cerrado para operaciones, y no se había realizado ninguna coordinación para la extensión de la operación del aeropuerto, por parte de la compañía. En razón a esto, se cambió el planeamiento inicial y se tomó la decisión de efectuar el vuelo directo y sin escalas.

Según los registros de las grabaciones de voces en el puesto de pilotaje, durante el desarrollo del vuelo la tripulación trató de optimizar el combustible, y en algún momento contempló utilizar el aeropuerto internacional Eldorado de Bogotá (SKBO) como aeropuerto alternativo en ruta para realizar reabastecimiento de combustible. De la misma forma se evidenció que la tripulación tenía conocimiento que el combustible no era suficiente para llegar al destino final (SKRG). Así mismo, de los comentarios que hace la tripulación sobre los aeropuertos en ruta, de sus capacidades y condiciones, se deduce que no hubo un planeamiento adecuado del vuelo y que la tripulación desconocía datos e información que dieran soporte a la operación.

Al ingresar al espacio aéreo colombiano las condiciones se tornaron cada vez más críticas en cuanto al consumo y el combustible remanente; sin embargo el ACC instruyó a la tripulación para que volara directamente a la posición NIRSO, ubicada 38 MN al sur del VOR RNG; esta autorización de volar directamente hasta cercanías del aeropuerto de destino, abrió para la tripulación la posibilidad de ahorrar algún combustible, y generó un exceso de confianza que le hizo olvidar la posibilidad de proceder a SKBO como aeropuerto alternativo en ruta. Sin embargo, el vuelo continuaba, tal como había iniciado, con una cantidad insuficiente de combustible, que no cumplía con la cantidad necesaria para

proceder al aeropuerto alterno, ni con el combustible de reserva, ni con el combustible de contingencia.

La falta de cumplimiento de las políticas de combustible por parte de la empresa y su mala administración por parte de las tripulaciones, no solo se evidenció con este accidente. Ya había sido identificada previamente una deficiencia operacional en este sentido, cuando en septiembre del año 2015, la SAFA le hizo una anotación a la empresa al respecto. Esto demuestra una "desviación normalizada" por parte de la compañía en cuanto a la política de combustible, la cual no fue subsanada, ni supervisada en el tiempo, haciendo de esta práctica un riesgo latente dentro de la operación.

Dentro de la investigación realizada, se inspeccionó el registro de vuelos de la aeronave CP 2933. Se comprobó que la misma, había volado en la ruta Cobija (SLCO) - Barranquilla (SKBQ) el día 18 de octubre de 2016. En la hoja No. 000105 del libro de la aeronave correspondiente a dicha fecha, se registró un tiempo de vuelo de 03:59 hrs, un tiempo bloque de 04:09 hrs y con consumo de combustible de 7.800 kilos. Allí mismo se indicaba un aprovisionamiento de 8.800 kg al inicio del vuelo, con un TOW de e 40.000 kilos, y un remanente de 1.000 kg., de combustible al término del mismo.

Esta cantidad de combustible no satisfacía el mínimo requerido para proceder a un aeropuerto alterno ubicado a 30 minutos de vuelo, (aproximadamente 900 Kg), más el combustible de reserva para 30 minutos (aproximadamente 750 kg.), más el combustible de contingencia (780 Kg), más el combustible mínimo de aterrizaje, no contemplado en el Manual de Operaciones. Es decir, al momento de apagar motores, el avión debía tener a bordo aproximadamente 2400 kg de combustible.

### 2.6.1 Consumo de combustible

Se efectuó un análisis del consumo de combustible en el trayecto desde Santa Cruz, Bolivia (SLVR) a Medellín, Colombia (SKRG) con el fin de establecer la capacidad de la aeronave para este tipo de vuelos charter de larga distancia.

Se evaluaron 3 escenarios posibles, sobre la cantidad de combustible necesaria, abastecida y consumida en el vuelo, utilizando la información enviada por el explotador a la compañía de planificación de vuelo (Plan de vuelo Ref. 3078), las disposiciones contenidas en el Manual de Operaciones de la compañía y la información proporcionada por los datos del FDR.

Los valores asumidos para los 3 escenarios fueron:

Ítem		Valor	Referencia
Longitud de la ruta		1 611 nm	Plan de vuelo Ref. 3078
Nivel de vuelo		30,000ft	Plan de vuelo Ref. 3078
Condiciones de crucero		Largo alcance y 380kts TAS	Plan de vuelo Ref. 3078
Condiciones de la ruta		ISA +14°, 10 kt viento de frente	Plan de vuelo Ref. 3078
Pesos	Peso Vacío de Operación de la aeronave	25,884kg	Documentos del operador de la descripción y estado de la aeronave
	Pasajeros	6,205kg	80 Kg/pax + 5kg/equipaje de mano Ref: Manual de Operaciones LAMIA, Part A, Capítulo 9.
	Equipaje	1026Kg	Peso equipaje según BOA

Otros valores asumidos fueron los siguientes:

- ISA +15 de temperatura en ruta
- 10 kt de viento en contra
- Combustible para fases de encendido y rodaje = 200kg de acuerdo SOP compañía
- Combustible para fases de aproximación y aterrizaje = 143kg según FCOM
- Combustible para sostenimiento (Reserva final) para 30 minutos a 1,500 pies AGL
- 10% de combustible de contingencia según SOP de la compañía = estimado en 899Kg
- Desvío al alternativo SKRG-SKBO, 126nm de distancia a una altitud de 20,000ft después de ejecutar aproximación inicial a SKRG.

### Escenario 1 – Cálculo de combustible real de acuerdo a plan de vuelo 3078

Este cálculo se hizo coincidir con el plan de vuelo elaborado por la compañía con anterioridad al vuelo, (Plan de Vuelo Ref. 3078), es decir, contabilizando únicamente el combustible necesario para volar del origen al destino, sin considerar aeropuerto alternativo, combustible de reserva ni contingencia.

Utilizando la información de planificación de combustible contenida dentro de la FCOM, se obtuvo el peso de la aeronave sin combustible (ZFW + PAX + CARGO):

Ítem	Peso (kg.)
Peso vacío de la aeronave	25,844
Pasajeros	6,205
Equipaje	1,026
<b>Total peso de la aeronave sin combustible</b>	<b>33,075</b>

Para una operación con viento en contra de 10 kt, se utilizó el FCOM V2 Capítulo 2, Tópico 3, página 4, y así obtener la distancia total equivalente de vuelo. El resultado fue que el avión tendría combustible para volar 1.657 nm. La distancia planeada era de los 1.611 nm.

Para la modalidad de "largo alcance" se utilizó el FCOM Capítulo 2, Tópico 4, páginas 144, 146; se realizó la interpolación para temperatura, altitud y peso al aterrizaje, lo cual dio como resultado:

- Combustible requerido: 8,937 Kg
- Tiempo de vuelo estimado: 272 minutos

El peso total de la aeronave con esta configuración fue de 42,012Kg, es decir, 212 Kg por encima del MTOW.

#### Escenario 2 – Cálculo de combustible de acuerdo a Manual de Operaciones

En este escenario se calculó el combustible requerido, incluyendo el combustible de reservas recomendadas, la desviación y el sostenimiento según el Manual de Operaciones de la compañía.

En las políticas de combustible, el Explotador no consideraba el Combustible mínimo de aterrizaje.

El combustible para las fases de vuelo, ascenso, crucero y descenso, fue establecido a partir de la información detallada del FCOM, asumiendo ISA +15 y viento en contra:

Cantidad de Combustible	Peso (kg.)	Tiempo (min)
Fase Ascenso	1733	32
Fase Crucero	7114	215
Fase Descenso	140	13
<b>TOTAL</b>	8986 ●	260

El combustible requerido para sostenimiento, según FCOM V2-009B Capítulo 2, Tópico 5, página 1 fue calculado, arrojando un valor de ● = 744 Kg para 30 min.

El combustible requerido para desvío al alterno, según FCOM V2-009B Capítulo 2, Tópico 6, páginas 4, 5, fue calculado, arrojando un valor de ● = 937 Kg de combustible de desvío y 27min.

De esta manera se calculó el combustible total requerido según el Manual de Operación de la compañía, incluyendo las reservas, y sin el combustible mínimo de aterrizaje, no contemplado en su Manual, así:

Cantidad de Combustible	Peso (kg.)	Tiempo
Fase aterrizaje y aproximación final	143 ▲	5min
10% de contingencia	899	0min
30 minutos de sostenimiento	744 ▲	30min
Desvió a alterno	937 ●	27min
Aproximación antes del desvío	143 ▲	5min
Total Ascenso, crucero y descenso	8986 ●	260min
Rodaje previo al despegue	200 ■	0min
<b>TOTAL</b>	<b>12052</b>	<b>327min</b>

El peso de la aeronave sin combustible es 33,075 kg, lo que equivaldría a un peso al despegue de 45,127 kg para el vuelo, una vez se aprovisionara el combustible requerido.

Este peso es mayor al peso máximo al despegue (MTOW) certificado que corresponde a 41.800 kg; estaría excedido en 3.327 kg. Y, de otra parte, el peso total del combustible calculado, 12.052 kg., excede la capacidad total máxima de combustible permisible para el avión (9.362kg).

### Escenario 3 – Consumo real de combustible de acuerdo a datos del FDR

Fueron analizados los datos del FDR para calcular el consumo de combustible para todo el vuelo hasta que el FDR dejó de registrar parámetros. La revisión inicial identificó que los parámetros FDR estaban registrando los valores esperados en la condición de fase crucero dentro de las variaciones mínimas debidas a las condiciones de vuelo.

El FCOM contempla un valor de consumo de combustible por motor, de 1000 lb/hr (453.59kg/hr); y los datos del FDR indicaron que el consumo por motor fue de 1066 lb/hr (456.52kg/hr) en las siguientes condiciones: crucero de largo alcance según FCOM, datos FDR = IAS 236 kt, SAT -6°C, altitud 27000ft y NI 86,5%.

Es preciso considerar que esta diferencia de consumos entre lo contemplado en el FCOM y lo registrado en el FDR, probablemente se debe a la incertidumbre sobre el peso real de la aeronave, alguna pequeña imprecisión de los datos FDR y variaciones en las condiciones atmosféricas y condiciones de vuelo.

El análisis efectuado bajo este escenario, arrojó que el consumo total de combustible desde la puesta en marcha de los motores hasta el final de la grabación de FDR fue de 20,011 libras (9,076.83kg), que coincide con la cantidad total a bordo, una vez que la aeronave fue abastecida en SLVR.

El análisis de estos tres escenarios lleva a concluir que el vuelo requería de una cantidad mínima de 12.052 kg de combustible para volar directamente entre SLVR y SKRG, cumpliendo con todos los parámetros establecidos en el FCOM y por los estándares internacionales para la clase de vuelo que se efectuaba. La cantidad requerida excedía en 3.327 kg la capacidad de los tanques del avión. Por lo tanto, el vuelo debía obligatoriamente, planearse y efectuarse con un punto intermedio de reabastecimiento.

El avión inició el vuelo con 9.073 kg de combustible, cifra inferior en 2.979 kg, a la cantidad mínima requerida para el vuelo.

Todo el combustible a bordo fue consumido en el vuelo, según se concluye de la información obtenida del FDR.

El avión siempre estuvo muy por debajo de la cantidad de combustible requerida para llegar seguro y cumpliendo reglamentariamente a su destino; no hubo ahorro de combustible en vuelo que permitiera tal situación.

## 2.7 Gestión del tránsito aéreo

El vuelo LMI 2933 despegó del aeropuerto Viru Viru, de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia (SLVR) con destino al aeropuerto José María Córdova de Rionegro, Colombia (SKRG). La aeronave, un RJ85, ingresó al espacio aéreo colombiano a las 00:48 hrs por el FIX ARUXA, ubicado al norte de Leticia (Colombia), con FL 300 (ruta RNAV UL-417) de acuerdo al Plan de vuelo presentado, y fue autorizado por el Centro de Control de Bogotá sector SE, para volar hacia el aeródromo de destino vía ARUXA, PABON, VOR/BOG, NIRSO y VOR/ RNG.

Aproximadamente 18 minutos después de haber ingresado al espacio aéreo colombiano, el CP 2933 solicitó al sector de área SE del ACC Bogotá desvío a la izquierda de la trayectoria por mal tiempo, siendo autorizado a proceder de acuerdo a lo solicitado y una vez superado el mal tiempo fue autorizado a volar directo al FIX NIRSO, punto situado dentro del área terminal de Medellín que lo conectaría al VOR/RNG y al procedimiento de aproximación a la pista IFR que servía al Aeropuerto Jose María Córdova de Rionegro.

La trayectoria seguida finalmente por el vuelo LMI 2933, lo llevó a volar del FIX PABON directo al FIX NIRSO, tal como se pudo verificar en los registros de video radar. La aeronave ingresó al área Terminal de Bogotá desviado 30 nm al suroeste de la ruta inicialmente autorizada por el ATC, con rumbo directo al FIX NIRSO.

Después de verificar la distancia recorrida por el vuelo LMI 2933 en el espacio aéreo colombiano, se pudo evidenciar que la aeronave transitó un total aproximado de 659 nm hasta el FIX GEMLI, punto en donde inició el circuito de espera, en vecindades del VOR/RNG.

Como fue mencionado en la historia del vuelo, siendo las 02:10:07 hrs, otra aeronave había solicitado el desvío a SKRG (vuelo: VVC8170), debido a una indicación de probable fuga de combustible, que para ese momento no demandaba trato especial, de acuerdo a lo manifestado por la tripulación al sector NW del ACC.

A las 02:29:50 hrs, el sector de aproximación Medellín dio prioridad para el aterrizaje al vuelo VVC8170 y para este momento, el vuelo LMI 2933 sobrevolaba lateral al VOR Bogotá, manteniendo nivel de vuelo 300. En esta posición, el vuelo LMI2933 fue autorizado a contactar al sector NW de área superior del ACC Bogotá para continuar su vuelo hacia el aeropuerto SKRG. Cuatro minutos más tarde, a las 02:33:02 hrs cuando se encontraba

a 68 nm del VOR RNG, el CP 2933 solicitó iniciar el descenso y fue autorizado a descender hasta FL 250 con límite de permiso el circuito de espera del VOR Rionegro, autorización que fue colacionada por la tripulación del vuelo LMI2933.

Tal como se ha evidenciado en los hallazgos, para este segmento del vuelo LMI 2933 ya se encontraba volando en condición de bajo nivel de combustible, y aunque el ATC le instruyó proceder a la espera de VOR RNG, la tripulación aceptó la espera y no notificó nada sobre su precaria condición de combustible.

A las 02:36:40 hrs la tripulación del vuelo LMI 2933 informó que alcanzaba el FL 250 y que requería continuar descenso, siendo instruido por el ATC a mantener el FL 250 y mantenerse en el circuito de espera de Rionegro, quedando pendiente la expedición de la hora prevista de aproximación, la cual no había sido informada al ACC Bogotá, por el control de aproximación de Medellín.

Nuevamente, pese a que las instrucciones del ATC conllevaban una demora adicional para su aproximación y aterrizaje el CP 2933, aceptó las instrucciones y no notificó al ATC que requería aterrizar de inmediato.

A las 02:39:18 hrs, el vuelo LMI 2933 fue autorizado por el sector NW del ACC Bogotá a descender a FL 240, incorporarse en el circuito de espera del VOR Rionegro y comunicarse con la oficina de Aproximación Medellín en frecuencia 121,1 MHz, sector de control encargado de autorizarle la aproximación al aeropuerto José María Córdova.

A las 02:40:13 hrs, cuando el vuelo LMI 2933 se encontraba a 24 nm al sur del VOR RNG, con FL 240, contactó a la oficina de Aproximación Medellín en frecuencia 121.1 MHz, dependencia que notificó tenerlo en contacto radar, reiterando el límite del permiso al circuito de espera del VOR Rionegro, autorización que fue colacionada por la tripulación, una vez más, sin anunciar al ATC su condición de emergencia.

El vuelo LMI 2933 no fue informado por la oficina de Aproximación Medellín que la causa de la demora se debía al tratamiento prioritario que se le estaba dando al vuelo VVC8170, ni se le proveyó una Hora Prevista de Aproximación. Para ese momento, el vuelo VVC 8170, se encontraba 22 nm al noroeste del VOR RNG con autorización de aproximación a la pista 01 del aeropuerto José María Córdova de Rionegro, manteniendo 16000 pies de altitud. Es preciso aclarar, que durante esta situación, el ATC desconocía el estado de emergencia del vuelo LMI 2933.

Otras aeronaves se encontraban bajo el control de la oficina de Aproximación Medellín, a saber: el vuelo AVA9771 (A-320) que estaba incorporándose desde el norte en la espera del VOR RNG, a través de FL 220 en descenso para FL 210, con hora prevista de aproximación 03:05 hrs; y el vuelo LAN 3020 (A-320) en descenso a 17000 pies a través de 18200 pies, 10 millas al sur del VOR RNG, con rumbo al circuito de espera, con hora prevista de aproximación 03:00 hrs.

Adicionalmente, el vuelo AVA 9356 (A-320), estaba ingresando al área terminal de Medellín por la misma ruta utilizada por el vuelo LMI 2933, 17 nm atrás del vuelo LMI2933,

con FL 200, y que aún no había hecho contacto con el control de Aproximación. Posteriormente la aeronave AVA9356 fue autorizada a la espera del VOR RNG, con hora prevista de aproximación 03:10 hrs.

No sobra enfatizar, que a este momento, el ATC aún desconocía por completo la situación de emergencia del avión de LAMIA.

Fue claro que al vuelo LMI 2933, no se le proveyó Hora Prevista de Aproximación, y no se evidenció cuál sería su turno en la secuencia de aproximación. A las 02:42 hrs, el control de aproximación autorizó al vuelo LMI 2933 a continuar descenso a FL 210.

A las 02:43:09 hrs, cuando el vuelo LMI 2933 se encontraba aún en ruta a 9 nm al sur del VOR RNG manteniendo FL 210, solicitó y recibió autorización del Control de Aproximación Medellín para efectuar espera en el FIX GEMLI<sup>38</sup>, ubicado a 6,3 nm al sur del VOR RNG.

Se desconoció el motivo que tuvo la tripulación para efectuar la espera en este punto, y no en el VOR RNG. Sin embargo, la tripulación perdió varias oportunidades para reportar su situación de emergencia y solicitar una aproximación inmediata, antes de iniciar el sostenimiento.

Para este momento, el vuelo LMI2933 ingresó a un espacio aéreo del sector de aproximación Medellín que se encontraba con alta afluencia de tráfico aéreo que ingresaba al VOR RNG y que en la situación de vuelo, se esperaban demoras en las aproximaciones.

Cuando la aeronave CP2933 cruzó la posición GEMLI a las 02:43:43 hrs con FL210, las otras aeronaves mantenían 12000 pies (VVC9170), 18000 pies (AVA9771), 17000 pies (LAN 3020), y FL200 (AVA9356) respectivamente.

El uso del FIX GEMLI como punto de espera en ruta solo está habilitado como un elemento para volar procedimientos de llegada y aproximación RNAV, pero no está habilitado para ser utilizado como espera en ruta, contando solamente con el VOR RNG para tal efecto.

El ATC autorizó la aproximación al vuelo VVC8170 y la siguiente aeronave que aproximaría a la pista 01 sería el vuelo ARE3020.

A las 02:49:11 hrs, la tripulación del vuelo LMI 2933 después de haber efectuado un circuito en la espera de GEMLI y encontrándose en el tramo de acercamiento con nivel 210, una (1) nm al sur de GEMLI, informó finalmente al ATC la precaria situación de escasos de combustible solicitando prioridad: "...Lima Mike India dos nueve tres tres, dos uno cero en acercamiento y solicitamos prioridad para la aproximación ... se nos ha presentado una ... un problema de combustible...". Para esta hora, el vuelo VVC 8170 se encontraba en final a la pista 01 a 5 nm del umbral.

<sup>38</sup> El FIX GEMLI aparece publicado en el AIP Colombia solamente como IF del procedimiento de aproximación RNAV ILS Y. No figura en las cartas de navegación en ruta como fijo de espera.

El ATC confirmó la solicitud de prioridad del CP 2933, y a las 02:49:49 hrs le informó: *“O.K. atento entonces le daré vectores para proceder al localizador y efectuar la aproximación se estima aproximadamente en siete minutos iniciar las aproximaciones”*. A lo que el CP 2933 responde: *“Estaré atento para los vectores Lima Mike India dos nueve tres tres”*. La tripulación aceptó la instrucción de demora de siete (7) minutos más de vuelo para iniciar la aproximación y conociendo el entorno de alta concentración de tráfico, omitió nuevamente, declararse en emergencia.

Es probable que ante esta situación, existió una brecha de tiempo significativa en la gestión del tránsito aéreo para organizar los tráficos, que estuvo influenciada en gran parte al recibir aceptación por parte de la tripulación del vuelo LMI2933 ante el tiempo estimado de siete (7) minutos en las aproximaciones.

A las 02:50:22 hrs, es decir un minuto y once segundos después de haber recibido la primera solicitud del vuelo LMI 2933 de prioridad por un problema de combustible, el Control de Aproximación Medellín autorizó aproximar a la misma pista al vuelo ARE 3020.

A las 02:52:26 hrs, es decir 3 minutos y 15 segundos después de haber solicitado prioridad para la aproximación, la tripulación del vuelo LMI 2933 finalmente declaró la condición de emergencia, llamando: *“Estamos con emergencia de combustible ... por eso le pido de una vez curso final”* requiriendo se le autorizara regresar al rumbo de la aproximación final hacia la pista, observándose en el registro de video radar, cómo el vuelo LMI 2933 viraba inmediatamente después de la notificación, al tramo de acercamiento.

A las 02:53:29 hrs, el CP 2933 informó que iniciaba el descenso en acercamiento hacia el LLZ y el control de aproximación expidió permisos a las aeronaves que ya estaban terminando el viraje al acercamiento, las que ahora se encontraban por debajo y adelante del vuelo LMI 2933 en tramo de acercamiento, para que abandonaran el circuito de espera hacia el W manteniendo los niveles y altitudes autorizadas, cancelando la autorización de aproximación al vuelo LAN 3020, que fue reautorizado a volar hacia el E del circuito de espera.

A las 02:55:06 el CP 2933 fue autorizado por el Control de Aproximación Medellín a continuar la aproximación: *“...Lima Mike India dos nueve tres tres, diecisiete setecientos continúe en la aproximación pista húmeda, llame VOR uno cero mil en lo practicable y si requiere algún servicio en tierra”* y la tripulación respondió: *“Le confirmaremos para el servicio en tierra y estamos a través de uno seis mil para el localizador”*.

Entre las 02:55:32 hrs y las 02:57:10 hrs, el control de aproximación se comunicó con las demás aeronaves bajo su control (ARE 3020, AVA 9771, AVA 9356), para que regresaran a la espera del VOR RNG.

Posteriormente, después de reportar falla eléctrica total sin combustible, a las 02:57:46 hrs el ATC reportó al vuelo CP 2933 la pérdida de identificación radar y a las 02:58:01 hrs, el control de aproximación proveyó guía vectorial al vuelo en emergencia asignando un rumbo para interceptar el LLZ. A las 02:58:55 hrs, la aeronave CP 2933 no volvió a responder los llamados del ATC.

Después de revisar las evidencias disponibles en la investigación, que fueron analizadas a la luz de la Reglamentación del Estado Colombiano, Manuales Guía de control por procedimientos y de vigilancia, además de los documentos que contienen procedimientos operacionales nacionales e internacionales aplicables, se encontró que el vuelo LMI 2933 que ingresó al espacio aéreo colombiano por la ruta UL417 (FIX ARUXA) fue atendido por el ACC Bogotá, aplicando los procedimientos operacionales conforme está establecido en los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia y en los Manuales guía operacionales de control de tránsito aéreo aplicables.

El permiso de control otorgado por el ACC Bogotá permitió encaminar al vuelo CP 2933 por la ruta más directa posible desde el punto de entrada a la FIR Bogotá hasta el fijo de aproximación al aeropuerto de destino previsto y las desviaciones experimentadas por el vuelo en su ruta, no fueron causadas por el ATC.

Al comparar el recorrido propuesto dentro de la FIR Bogotá que fue documentado en el FPL en el aeropuerto de origen, (662 nm) y el recorrido finalmente efectuado por el vuelo LMI 2933 dentro de la FIR Bogotá, (659 nm) se encontró que fueron similares.

La situación de otorgar la prioridad al vuelo VVC8170 generó esperas en la aproximación a SKRG a varias aeronaves entre ellas el LMI2933, que demoró su declaratoria de prioridad y emergencia, aun cuando conocía las demoras.

El vuelo LMI 2933 atravesaba una condición muy particular; cuando notificó falla eléctrica total, siguiendo lo establecido en el FCOM V3 5.07 de la aeronave, al perder el suministro eléctrico las baterías proporcionaban energía a la aeronave para los instrumentos de navegación ILS 1, VOR 1 y ADF 1. A este punto, notificó estar volando a 9000 pies cuando el sector que sobrevolaba, correspondía a un área montañosa, en donde solo se permiten vuelos IFR por encima de 11000 pies (AMA) y 10000 pies (MVA).

Aun cuando no hay evidencias que indiquen que esperar sobre GEMLI haya generado afectación a la seguridad operacional o confusión al vuelo CP 2933, ni afectado a otros vuelos que esperaban en el VOR RNG, la utilización del FIX GEMLI como punto de espera en ruta, ríe con los procedimientos formalmente autorizados y publicados por la Autoridad Aeronáutica Colombiana y se puede constituir en un factor de riesgo, considerando que puede generarse confusión al ATC para discriminar varias aeronaves que hagan espera simultánea en el citado punto y en el VOR RNG que están separados 6,3 nm.

La situación presentada en la aproximación a SKRG, en donde se generaron demoras a las aeronaves que alcanzaban el VOR de RNG y la gestión del tránsito aéreo durante la evolución de los tráficos, siguiendo los objetivos del servicio de control de tránsito aéreo no constituyeron un factor causal en el accidente.

La tripulación del vuelo LMI2933 tuvo varias oportunidades para notificar al ATC su situación precaria de combustible, y en última medida ante una demora en la aproximación a SKRG, notificó la prioridad y 3 minutos 15 segundos la emergencia, dando una brecha de tiempo muy corta para la gestión del ATC.

## 2.8 Registrador de voces en puesto de pilotaje

En vista que el Registrador de voces en el puesto de pilotaje CVR no registró todo el vuelo, finalizando su funcionamiento a una (1) hora, 40 minutos y 45 segundos antes del cese del funcionamiento del FDR, se efectuó un análisis de toda la información disponible para conocer la razón de un posible mal funcionamiento o interrupción en la grabación.

Durante la lectura del CVR, teniendo en cuenta el buen estado del módulo de memoria y del conector, se decidió conectar el módulo de memoria en la unidad de pruebas y descargar la información de acuerdo con el procedimiento de la AAIB. Al encender la unidad del laboratorio y ejecutar el software de descarga se produjeron dos mensajes de error que indicaban un borrado en masa del CVR.

El hecho de que el software de la AAIB haya leído el número de serie de la unidad y el 'Tiempo transcurrido desde el último borrado en masa activado' confirmó que era posible comunicarse con la memoria protegida contra fallos.

El CVR accidentado fue retirado y se probó nuevamente la unidad del laboratorio; no se encontraron errores en la unidad de pruebas. Se estableció entonces que era probable que la unidad accidentada se hubiera borrado de alguna manera. La AAIB estableció contacto con el fabricante Meggitt Avionics quién tiene la capacidad de recuperar los datos de las grabadoras SCR-500.

El CVR SCR-500 registró en su memoria el tiempo transcurrido desde el último 'borrado masivo' del audio del registrador. El módulo de memoria del CVR fue devuelto al AAIB para su descarga. El equipo de descarga del SCR-500 fue reexaminado y se siguió el procedimiento estándar con éxito.

Se realizaron dos grabaciones, la primera fue la grabación de 2 horas de los tres canales de la tripulación combinados en un solo canal y el CAM registrado como un segundo canal. La segunda grabación fue para los últimos 30 minutos de audio con los canales de la tripulación grabados en canales separados.

### 2.8.1 Pérdida de grabación

Hubo dos áreas de investigación concernientes a determinar los resultados de la pérdida de la grabación del CVR: la primera, que el CVR hubiera sido borrado intencionalmente y la segunda, que el CVR dejara de grabar anticipadamente por problemas técnicos.

La capacidad de borrar el CVR es común en los aviones modernos y esto se logra normalmente con un interruptor en un panel de la cabina de pilotos. Para prevenir el borrado del CVR durante el funcionamiento de la aeronave, el botón del CVR debe ser presionado durante al menos dos segundos, la aeronave debe estar en tierra (los amortiguadores del tren de aterrizaje comprimidos – Weight on wheels) y al menos una de las puertas de entrada o de servicio debe estar abierta. Bajo estas condiciones, parece improbable que el CVR hubiese sido borrado durante el vuelo del accidente.

Es probable que haya existido un problema técnico con la grabadora CVR que haya causado la pérdida de la grabación.

### 2.8.2 Terminación anticipada de la grabación

Después de escuchar las grabaciones de dos horas y 30 minutos, el GRIAA confirmó que la grabación pertenecía al vuelo accidentado. También se determinó que la grabación terminó justamente cuando el avión entró en el espacio aéreo colombiano (aproximadamente a 550 nm del destino). Se pudo establecer que la grabación de 30 minutos coincidía con los últimos 30 minutos de la grabación de 2 horas y que la grabación de 2 horas era de hecho una grabación continua. Así mismo, algunas de las transmisiones de radio-telecomunicaciones del ATC coincidían con el audio grabado en el CVR. En este caso, la grabadora había cumplido con éxito su función de grabar 2 horas de audio, pero se había detenido tempranamente.

Hay varias razones por las que esto pudo haber ocurrido, que incluyen la pérdida de señal de la aeronave (pérdida de suministro de energía por el panel de corta circuitos u otro), pérdida de señal de audio, una conexión floja entre el registrador y la aeronave o un fallo de la propia grabadora.

Este tipo de grabadora tiene monitoreo interno y puede informar cuando ha sufrido un fallo. Se desconoce si durante la operación de la aeronave por parte del explorador se presentó algún aviso de fallo interno. No se registró ninguna discusión por parte de la tripulación acerca del CVR en la grabación.

Las grabaciones del registrador de voces en la cabina de mando funcionaron adecuadamente hasta aproximadamente 01:45 horas antes del impacto, momento en que el CVR dejó de grabar. En el panel de circuitos eléctricos de la aeronave, se encontró que el corta circuitos de la grabadora de vuelo (FDR), estaba fuera de su posición normal de operación, es decir sin energía para operar; y por el contrario el corta circuitos de la grabadora de voz (CVR) estaba en la posición correcta, es decir energizado.

Sin embargo, la posición en que se encontraron estos circuitos no coincidieron con la realidad de funcionalidad de estas grabadoras, pues la grabadora de vuelo (FDR) funcionó hasta que el avión estuvo energizado (falla total eléctrica), muy poco tiempo antes del impacto y por el contrario la grabadora de voz (CVR) dejó de funcionar desde mucho tiempo antes de quedar en falla total eléctrica.

Es probable que el corta circuito del FDR se abriera como consecuencia del impacto, o durante la recuperación de los cuerpos por parte del personal que accedió al sitio del accidente. La CVR dejó de funcionar 1:40 horas antes de que presentara la falla total eléctrica, lo que daría aproximadamente una hora antes de que se encendiera la luz de bajo nivel de combustible. Cabe anotar que, de acuerdo a las características técnicas de operación del equipo, no es posible borrar la CVR en vuelo.

Se desconocieron las razones por las cuales el registrador dejó de funcionar anticipadamente. A pesar de las pruebas efectuadas, el GRIAA no pudo concluir las razones por las cuales el registrador de voces en cabina dejó de funcionar anticipadamente.

## 2.9 Aspectos organizacionales

La compañía contaba con un Gerente General y un equipo de apoyo formado por aproximadamente cinco personas entre los cuales se identificaron sus propietarios (Director de Operaciones y Jefe de Pilotos). Esta organización no identificó un balance entre la producción y la protección, reflejado en la toma de decisiones: económicas, manejo del talento humano, planeación de las operaciones, administración del riesgo, y gestión comercial.

Teniendo en cuenta toda la información recopilada en la investigación de diversas fuentes aeronáuticas, estatales y de la compañía, resultó evidente la existencia de condiciones que produjeron errores y violaciones en los lugares de trabajo, tanto en tierra como en la cabina de vuelo, propiciadas por decisiones tomadas en diferentes niveles de la organización, desde su área Gerencial, pasando por el área Administrativa, hasta llegar al área de control operacional.

El día del accidente, no hubo control operacional por parte de la compañía. El Despachador se encontraba a bordo y desde la empresa, no hubo soporte alguno aparte de las fallas señaladas de supervisión, planeación, seguimiento.

Esas decisiones gerenciales y operacionales, así como las condiciones del lugar de trabajo (tanto en tierra, como en cabina), fueron propiciadas por la falta de recursos económicos, requeridos para garantizar este tipo de operación.

Así pues, la compañía operaba un vuelo No Regular internacional de pasajeros, con una aeronave jet multimotor, operación compleja que exige una adecuada gestión del riesgo, que debió preverse desde el proceso inicial de certificación para la compañía, con el fin de otorgarle el certificado AOC y posteriormente por la vigilancia que debió ser efectuada durante su operación como operador RAB 121.

Estas condiciones, generaron desviaciones normalizadas, como parte de las políticas de gestión, y su aceptación como parte de la cultura organizacional existente, con efectos sobre las operaciones, el mantenimiento, y las actividades de apoyo que de manera sistémica, se convirtieron en un factor contribuyente al accidente, evidenciando grandes debilidades en las defensas del sistema de aviación analizado (procedimientos, entrenamiento, tecnología), antes y durante el desarrollo del vuelo de la aeronave CP 2933.

Fueron analizadas las defensas inexistentes de la compañía y su grado de exposición al riesgo.

### **Defensa 1. Regulaciones – Procedimientos**

Los procedimientos utilizados por el operador no fueron efectivos para evitar desviaciones normalizadas, las cuales generaron una cultura organizacional negativa de seguridad operacional en términos de ausencia de autocontrol, por parte de las tripulaciones y del personal de apoyo en tierra.

### **Defensa 2. Entrenamiento**

En lo relacionado con la actuación humana, del personal gerencial, administrativo, de control operacional y especialmente de las tripulaciones de la compañía, es claro que el entrenamiento requerido para una operación segura no fue implementado adecuadamente y no presentaba efectividad, para cumplir con su objetivo de garantizar la competencia de cada cargo, especialmente para el personal de tripulaciones, en la toma efectiva de decisiones con base en la gestión del riesgo y en el incremento de la consciencia situacional y de autocontrol.

### **Defensa 3. Tecnología**

Esta defensa, casi inexistente dentro de la gestión administrativa y operacional de la compañía, no evitó que las desviaciones normalizadas aceptadas dentro de la cultura organizacional, fueran alertadas y controladas a tiempo. No había un seguimiento operacional de los vuelos, desde tierra y no existían ayudas tecnológicas que suministraran información para una mejor toma en las decisiones por parte de las tripulaciones y de los entes de control para el vuelo<sup>39</sup>.

La organización, era responsable de asignar hombres y máquinas y de llevar a cabo las actividades previstas en el medio existente. La aceptación de riesgos al no garantizar la asignación de recursos financieros, administrativos y humanos, representados en hombres competentes (personal administrativo, personal de apoyo al vuelo y de tripulaciones), gestionando procesos controlados (factores organizacionales), operando máquinas confiables (aeronaves operadas bajo límites operacionales y técnicos), generó influencia organizacional, convirtiéndose en factor contribuyente para este accidente.

La misión pudo ser simplemente volar del punto A al punto B, pero la elección respecto a tiempo, ruta, mínimos de combustible y demás condiciones para disminuir los riesgos previstos, creó el escenario para los sucesos que en definitiva condujeron al accidente. Debieron gestionarse a tiempo defensas adecuadas para haber gestionado los riesgos asumidos, pudiendo haber evitado el accidente presentado.

## **2.9.1 Factor Organizacional según relación Máquina-Medio**

Con base en las lecciones aprendidas de accidentes ocurridos bajo condiciones administrativas y financieras similares, se puede evidenciar que se realizaba una operación de aviación civil internacional, operando exclusivamente vuelos No Regulares, Chárter internacional, bajo requisitos regulatorios RAB-121 (Medio) operando aeronaves categorizadas como “Grandes” (Máquina).

<sup>39</sup> RAB 121 y OACI Anexo 6, PARTE I, 3.5 Seguimiento al vuelo

Dicha operación no contemplaba una regularidad de itinerarios, y por consiguiente no contaba con ingresos económicos suficientes, que garantizaran la viabilidad económica para soportar los procesos robustos de control operacional y de mantenimiento, que son requeridos para operar aeronaves categoría transporte.

Estos recursos económicos eran fundamentales para asegurar los niveles aceptables de seguridad operacional, que, de haber existido, hubieran evitado la ocurrencia de eventos catastróficos.

Dentro del contexto específico que analiza la presente investigación, se aprecia que se permitió la operación de la compañía, con falencias en su estabilidad financiera y en los procesos de administración, que imposibilitaron el liderazgo y la orientación para mantener un balance entre la protección y la producción.

### 2.9.2 Factor Organizacional según relación Hombre-Medio

La compañía, para el vuelo CP 2933 y otros vuelos anteriores (24 de septiembre de 2015 desde Norwich Inglaterra-Gran Canaria España; 18 de octubre de 2016 desde Cobija a Barranquilla), permitió desviaciones normalizadas, siendo la principal desviación la falta de control operacional requerido para el tipo de misión (vuelos no regulares internacionales, bajo requisitos regulatorios RAB-121), específicamente en el seguimiento de procedimientos para el control de la operación y de la administración de combustible, sin cumplir con los estándares internacionales y los límites operacionales recomendados por el fabricante para mínimos de combustible.

El proceso de certificación y vigilancia sobre el proveedor de servicios ANS, no fue efectivo; en consecuencia, el proceso de toma de decisiones requerido, para ejercer el control por parte del proveedor de servicios ANS, presentó debilidades en la aceptación del plan de vuelo, tramitado por la compañía, defensa también que pudo haber mitigado el riesgo operacional.

La cultura organizacional prevalente dentro del recurso humano de la compañía llevaba a que quienes tomaban las decisiones (administración y liderazgo), se encontraban siempre enfocados al cumplimiento de la misión, aun teniendo que desconocer la administración del riesgo y sus implicaciones dentro de la aviación civil.

El proceso de Vigilancia y control para vuelos chárter internacionales, presentó debilidades en el control de la autorización y verificación exhaustiva de toda la documentación para el ingreso de la aeronave CP 2933, interpretando de forma errónea la reglamentación (RAC numeral 3.6.3.5.6), de tal forma que fue autorizado un vuelo chárter internacional, sin un concepto técnico especializado, bajo el concepto de que el requisito era aplicable solo para empresas nacionales.





### 2.9.3 Factor Organizacional según relación Hombre-Máquina



Fue inadecuada toma de decisiones por parte de la Tripulación y del Despachador, durante la gestión del vuelo de CP 2933, sin tener en cuenta el rendimiento de la aeronave, en términos de distancia y mínimos de combustible requerido. Esto evidenció la falta de

conciencia situacional, por ausencia en procesos de administración del riesgo y de entrenamiento en factores humanos.

## 2.10 Análisis Bow-tie

Con el fin de analizar las causas probables que originaron el accidente, se utilizó el modelo Bow-tie. El modelo lo compone un peligro, un evento, amenazas, medidas de mitigación y consecuencias y controles que impiden que las amenazas se materialicen, asociados a la gestión de las consecuencias.

Un peligro es un factor existente que, de no ser controlado, puede causar daño. Un evento, describe la situación en la que se ha perdido el control de un peligro. Un peligro se materializa siempre en un evento. Las amenazas  son las vías a través de las cuales el peligro  puede materializarse en donde deben existir controles preventivos  que deberían prevenir que el evento  suceda.

Los controles preventivos pueden ser normas, prácticas, equipos o personas con la intención de detener el progreso de la cadena causal de amenazas, antes que se conviertan en un evento. Las consecuencias, describen los efectos de un evento y representan la culminación de una cadena causal. Las medidas de mitigación,  a su vez, tienen el objetivo de prevenir o minimizar las consecuencias  de un evento.

Este modelo puede demostrar la manera mediante la cual, un peligro sistémico inherente en la operación se materializa a través de las amenazas, desencadenando en un evento, así como en sus consecuencias.

Con el fin de establecer las causas del accidente, esta herramienta es útil para identificar las amenazas sistémicas, así como los controles preventivos, y estimar el funcionamiento de los controles preventivos en la situación dada.

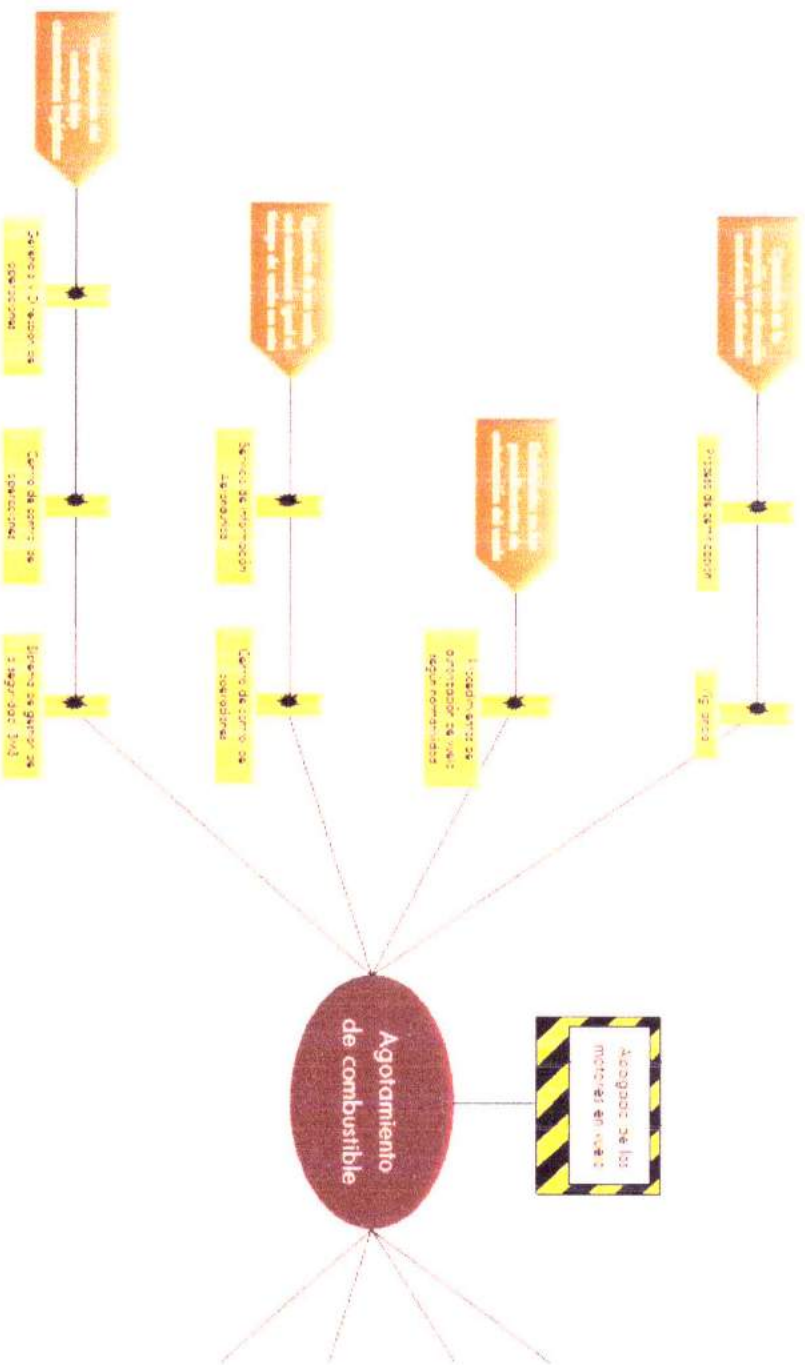


Figura 21. Diagrama Bow-Tie aplicado al accidente CP 2933

## 2.10.1 Amenazas y controles preventivos

### 2.10.1.1 Operación de la compañía con situación económica deficiente



La primera amenaza identificada corresponde a una operación latente de la compañía con una situación económica deficiente que fue evidente en las declaraciones posteriores del personal y en algunos documentos que soportaban el atraso en los pagos al personal de la compañía. Esta situación precaria, que se encontraba latente en la organización, mantenía unos controles preventivos (defensas) que en su momento no tuvieron impacto para subsanar el rendimiento económico.

Dentro del proceso de certificación de la empresa, debió fortalecerse la verificación de la compañía como control efectivo para no permitir el desempeño de múltiples cargos dentro de la organización por un mismo individuo; así mismo, dentro del manual SMS no se consideraba un factor de principal la atención a la gestión del riesgo, que en este caso fue ausente en la parte económica.

Esta amenaza direcciona a la compañía a operar bajo desviaciones normalizadas que se relacionan directamente a un ahorro económico que, a su vez, lleva a descuidar otro control efectivo, la vigilancia, una defensa para no materializar la amenaza de un evento. Una muestra de ello, fue el hallazgo identificado un año atrás relacionado con una inadecuada gestión del combustible por parte de SAFA. Allí, fueron evidentes los síntomas organizacionales de la falta de vigilancia en la compañía y el cumplimiento efectivo del plan de vigilancia de la Autoridad Aeronáutica.

### 2.10.1.2 Debilidades en los procedimientos de autorización del vuelo



Otra amenaza latente estuvo relacionada con la debilidad en los procedimientos de autorización de vuelo. El control efectivo para esta debilidad estaba relacionado directamente con la verificación de las condiciones de operación de un vuelo No Regular (Chárter), según la normatividad aplicable en la Reglamentación Colombiana, RAC 3.6.3.5.6.

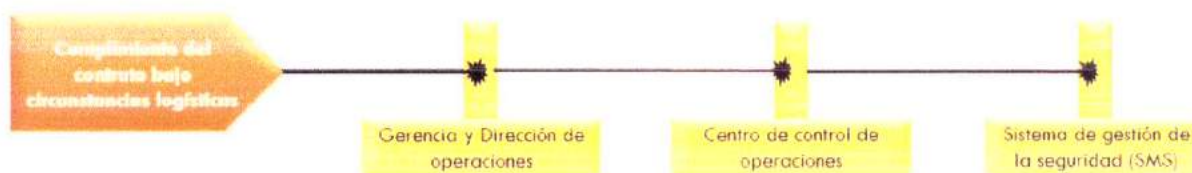
Fue evidente que, aunque se dio trámite al requerimiento de acuerdo a lo contenido en la reglamentación, el procedimiento presentó debilidades ya que no se realizó un estudio exhaustivo de la documentación aportada por la compañía para su vuelo programado, ni fueron incluidos los conceptos necesarios para fortalecer la autorización de vuelo y gestionar adecuadamente el riesgo durante la operación.

### 2.10.1.3 Ejecución de un vuelo con una autonomía igual al tiempo de vuelo en ruta



La tripulación programó un vuelo con una autonomía igual al tiempo de vuelo en ruta. Los controles efectivos para no materializar la amenaza constituía primero, en el filtro realizado por el Servicio de Información Aeronáutica ARO/AIS durante la presentación del plan de vuelo, al cual aparentemente se le hicieron objeciones, y que finalmente fue aceptado ante al no ser consideradas por la compañía. El control de las operaciones constituía la última barrera para no permitir la evolución de la amenaza; sin embargo, se presentaron debilidades en el control de los vuelos, priorizando el cumplimiento del contrato y generando permisividad por parte de la compañía al no evaluar el riesgo y ejecutar un vuelo bajo esas circunstancias.

### 2.10.1.4 Cumplimiento del contrato bajo circunstancias logísticas



El contrato celebrado entre la compañía y el equipo de fútbol, tenía por objeto realizar dos vuelos; uno entre Sao Paulo (Brasil) y Medellín (Colombia) el día 28 de noviembre de 2016 a las 14:00 hrs, y otro vuelo el día 02 de diciembre de 2016 a las 07:30 hrs.

Ante la imposibilidad de realizar el vuelo desde Brasil, se efectuaron arreglos logísticos de última hora por parte de la compañía, que constituyeron una amenaza al descuidar aspectos de organización de la operación para el cumplimiento del contrato.

Ante la situación, la compañía contaba con un Director de Operaciones y un Gerente que debieron organizar y prever el planeamiento y cumplimiento de contrato bajo las circunstancias de operación desde Brasil. Sin embargo, con una crítica y latente situación de desviaciones normalizadas, esta situación logística fue permisiva y realizada a última hora sin evaluar los riesgos inherentes en la operación.

El cumplimiento del contrato, bajo las nuevas circunstancias, exigía la realización de una escala técnica para abastecimiento de combustible. La tripulación inherentemente tenía el mecanismo de defensa para prever el abastecimiento de combustible, y no lo ejecutó. Otro control efectivo que tenía un impacto directo para evitar la materialización de la amenaza.

El Centro de Control de Operaciones, un área que realizaba la supervisión de los vuelos desde tierra, debió prever lo establecido en el contrato y planear la escala técnica de reabastecimiento; sin embargo, dicha actividad no se realizó, haciendo la defensa insuficiente para la amenaza.

De haberse contado con un Sistema de Gestión de la Seguridad maduro y eficiente, la Gerencia de Seguridad Operacional (SMS) de la compañía hubiera realizado una gestión del riesgo oportuna ante las circunstancias logísticas de premura en la operación, y de esta forma mantener una barrera para la amenaza.

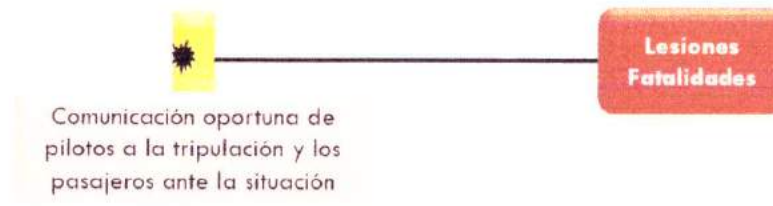
## 2.10.2 Medidas de mitigación y consecuencias

### 2.10.2.1 Utilización de un aeródromo alternativo



Ante un agotamiento inminente de combustible, la medida de mitigación consistía en proceder a un aeródromo alternativo que permitiese el reabastecimiento de combustible para la aeronave. Esta actitud obstinada de continuar el vuelo hacia el destino, aún con un aviso de alerta del sistema de combustible, desde 40 minutos antes del accidente, no permitió prevenir o mitigar la consecuencia de un aterrizaje forzoso dadas las condiciones de vuelo nocturno, una alta afluencia de tráfico y el sobrevuelo sobre un terreno montañoso.

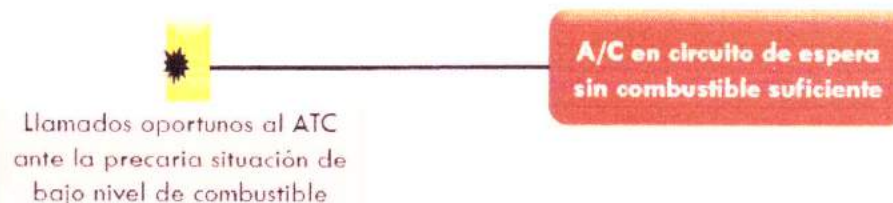
### 2.10.2.2 Comunicación oportuna durante la situación de agotamiento de combustible



Otra medida preventiva para mitigar la consecuencia del peligro constituía la oportuna comunicación de la tripulación a los ocupantes de la situación de agotamiento de combustible y apagado de los motores en vuelo. Esta medida que no fue llevada a cabo, impidió la ejecución de procedimientos de emergencia en cabina de pasajeros ante el inminente evento durante el vuelo.

La situación de no preparar la cabina ante la situación de emergencia por parte de la tripulación era un síntoma previamente identificado en el proceso de chequeo de vuelo de uno de los tripulantes, a quien se le había hecho una anotación que se relacionaba directamente con la preparación de la aeronave en emergencias: "...tomar el tiempo necesario para preparar el avión en emergencia...".

### 2.10.2.3 Llamados oportunos al ATC ante la precaria situación de bajo nivel de combustible



Una defensa ulterior ante el agotamiento inminente de combustible en vuelo, correspondía a la oportuna comunicación de la tripulación al ATC de la situación a bordo. La comunicación oportuna podría haber permitido una gestión rápida del ATC para no mantener el sostenimiento en la aproximación a SKRG, sin embargo, como fue evidente en la investigación, en múltiples ocasiones la tripulación fue instruida a mantener espera en el VOR de RNG, y la tripulación del vuelo LMI2933 acusó instrucciones sin dar a conocer al ATC la condición crítica de bajo nivel de combustible.

Esta situación de no generar los llamados oportunos, conllevó a que la aeronave realizara una maniobra de espera sobre GEMLI sin combustible suficiente.

#### 2.10.2.4 Ejecución de un planeo hacia una pista



Ante la apagada de los motores en vuelo, la última medida de mitigación era efectuar un planeo de la aeronave hacia el aeropuerto SKRG. De haberse realizado los procedimientos apropiados y una toma de decisiones basada en la seguridad, como última medida, el planeo de la aeronave pudo constituir una medida de mitigación para evitar la consecuencia de un impactar contra el terreno. Sin embargo, la configuración temprana e innecesaria de la aeronave, el tráfico de otras aeronaves en el área de descenso, las condiciones del entorno, como volar en terreno montañoso, de noche y con inoperatividad de los instrumentos por falta de suministro eléctrico, conllevaron a la generación de un ambiente caótico en cabina, cuando el impacto contra el terreno inevitable.

### 3. CONCLUSIÓN

Las conclusiones, las causas probables y los factores contribuyentes establecidas en el presente informe, fueron determinadas de acuerdo a las evidencias factuales y al análisis contenido en el proceso investigativo.

Las conclusiones, causas probables y factores contribuyentes, no se deben interpretar con el ánimo de señalar culpabilidad o responsabilidad alguna de organizaciones ni de individuos. El orden en que están expuestas las conclusiones, las causas probables y los factores contribuyentes no representan jerarquía o nivel de importancia.

La presente investigación es de carácter netamente técnico con el único fin de prevenir futuros accidentes.

#### 3.1 Conclusiones

La tripulación disponía de sus licencias técnicas y certificados médicos vigentes para la realización del vuelo.

El piloto al mando tenía vencido el certificado de competencia lingüística, requisito necesario para un vuelo internacional, que sobrevolaría un Estado de habla diferente al idioma español. El copiloto, no contaba en su licencia, con un certificado de competencia lingüística.

Al piloto al mando, en su último chequeo de proeficiencia, se le había hecho la observación “mejorar la coordinación en cabina / CRM” y “...definir claramente el control del avión y de las comunicaciones, quien hace que...” – “...tomar el tiempo necesario para preparar el avión en emergencia...”.

Al copiloto, a su vez, se le había hecho, en su chequeo de proeficiencia, las siguientes observaciones: “Las configuraciones en aproximación deben de ser más precisas”, “Las comunicaciones con el ATC en emergencias deben ser puntuales (PAN PAN o MAYDAY) según el caso...”.

La aeronave cumplía con el programa de inspección ordenado por el fabricante. No se presentaron fallas de sus sistemas ni malos funcionamientos de sus sistemas antes del vuelo. En vista de la falta de registro durante parte del vuelo, y el estado de los componentes después del accidente, no fue posible determinar ni descartar la ocurrencia de posibles fallas durante el vuelo.

Después del accidente, no fue posible efectuar una inspección al sistema de combustible, por el estado de destrucción en que quedó, aunque de acuerdo a las evidencias disponibles se presume que no hubo un mal funcionamiento del mismo.

La situación económica del Explotador de la aeronave era deficiente, como consecuencia de la falta de regularidad de los vuelos, y evidente en la falta de una organización completa y pagos atrasados a sus empleados.

La organización del Explotador de la aeronave para la seguridad operacional era deficiente, sin un Sistema de Gestión de Seguridad Operacional claramente implementado, sin gestión de riesgos y sin herramientas que permitieran una adecuada toma de decisiones para mantener un balance adecuado entre productividad y seguridad.

El Explotador de la aeronave no cumplía con las políticas de combustible establecidas en el Manual de Operaciones, en lo relacionado con las cantidades mínimas a aprovisionar para vuelos internacionales.

En el año 2015, una inspección de rampa SAFA (Safety Assessment of Foreign Aircraft) efectuada a una aeronave del Explotador, arrojó varias deficiencias operacionales, que incluía la inadecuada gestión del combustible.

En el año 2016, el Explotador efectuó un vuelo entre Cobija (Bolivia) y Barranquilla (Colombia), con una cantidad de combustible inferior a la que estaba obligado para un vuelo internacional.

En agosto, octubre y noviembre de 2016, la aeronave CP2933 realizó tres (3) vuelos desde Rionegro (SKRG) hacia Viru Viru (SLVR). En estas operaciones, según plan de vuelo, el aeródromo de destino correspondía a Cobija (SLCO), sin embargo, tripulación continuó el vuelo hacia Viru Viru (SLVR) que correspondía al aeródromo de alferno. Al decidir la tripulación continuar el vuelo al aeropuerto de alternativa, es probable que no estuviera cumpliendo con el combustible mínimo requerido.

La Dirección General de Aviación Civil, DGAC, de Bolivia contaba con un plan de vigilancia de los explotadores, planeado e implementado; sin embargo, no se encontraron anotaciones de inspección en el área de operaciones, por parte de la DGAC de Bolivia al Explotador de la aeronave.

El Explotador fue contratado por un equipo de fútbol brasileño, para efectuar dos vuelos chárter, uno entre Sao Paulo (Brasil) y Rionegro (Colombia) y otro entre Rionegro y Chapecó (Brasil). El vuelo se efectuaría en el avión Avro 146 RJ-85 de matrícula CP 2933.

En cumplimiento a regulaciones, Brasil negó en dos oportunidades la autorización para que el vuelo chárter CP 2933, como operador extranjero, procediera desde territorio brasileño, a un tercer país.

El Explotador, entonces, planeó el inicio del vuelo desde la ciudad de Santa Cruz, Bolivia, y se hicieron arreglos para el transporte de los pasajeros, en otra empresa aérea desde Sao Paulo, Guarulhos, hasta Santa Cruz.

La tripulación que se programó para el vuelo, era diferente a la que se había propuesto en los trámites previos.

El Explotador planeó el vuelo directo desde Santa Cruz hasta Rionegro, sin escalas, y sin cumplir los requisitos de cantidad mínima de combustible para efectuar un vuelo internacional, pues no tuvo en cuenta el combustible requerido para volar a un aeropuerto alterno, el combustible de contingencia, el combustible de reserva ni el combustible mínimo de aterrizaje.

El Explotador gestionó la solicitud del vuelo chárter a la Autoridad Aeronáutica de Colombia, que no contó con el concepto técnico de la Secretaría de Seguridad Aérea, ni efectuó un estudio cuidadoso de los seguros vigentes de la aeronave, los cuales contenían una cláusula de exclusión para la operación de la aeronave en Colombia.

La aeronave CP 2339 se encontraba en la Ciudad de Cochabamba (SLCB) y, el mismo día del vuelo a Rionegro, se desplazó a Santa Cruz, para iniciar el vuelo internacional.

Al presentar el Explotador el Plan de Vuelo Santa Cruz – Rionegro, aparentemente la oficina ARO/AIS, hizo notar una inconsistencia, pues el Tiempo Estimado en Ruta (EET), era similar al Tiempo de Duración (Endurance). Esta observación no fue considerada por el Explotador, y el Plan de Vuelo fue aceptado alrededor de las 20:30 hrs.

La aeronave fue abastecida con 1.636 kg de combustible en Santa Cruz, para un total de combustible a bordo de 9.073 kg. Esta cantidad era insuficiente para completar el vuelo entre Santa Cruz y Rionegro, pues la cantidad mínima debía ser 12.052 kg., por encima de la capacidad de combustible del avión.

Ni el Explotador ni la tripulación tomaron la decisión de aterrizar en algún aeropuerto en ruta para reabastecer combustible y completar así la cantidad mínima para proceder con seguridad al destino final.

De acuerdo al cálculo estimado de peso y balance, la aeronave despegó de Santa Cruz con un peso de 42.148 kg, es decir, con 348 kg por encima del MTOW certificado para el avión, que era de 41.800 kg.

No se evidenció una copia del manifiesto de peso y balance en las oficinas del explotador en Santa Cruz, para el vuelo accidentado, ni en la inspección de los restos con posterioridad al accidente.

Durante el desarrollo del vuelo, y de acuerdo a los registros del CVR, fueron repetitivos los comentarios de la tripulación acerca de la administración de combustible, en relación a la optimización del mismo en la fase de crucero, en el descenso y la posibilidad de aterrizar en Bogotá, Colombia, para reabastecer.

La aeronave voló espacio aéreo RVSM. Aunque la aeronave cumplía con los requisitos técnicos exigidos para el efecto, dicha operación no había sido aprobada en las especificaciones de operación vigentes.

El ACC Bogotá prestó los servicios de tránsito aéreo conforme a los preceptos reglamentarios y demás normas operacionales aplicables en la República de Colombia. La citada dependencia de control, autorizó la ruta más directa disponible desde el punto de ingreso del vuelo CP 2933 a la FIR/UTA Bogotá, hasta su ingreso al área terminal de Medellín.

La autorización dada al CP 2933 por ACC Bogotá para proceder directamente a la posición NIRSO, cerca al destino, motivó a la tripulación a descartar definitivamente el aterrizaje en Bogotá, según se desprende del análisis del CVR.

La grabación del CVR terminó anticipadamente, cuando la aeronave se encontraba a unas 550 millas náuticas de Rionegro, 01:40 minutos antes del accidente. No fue posible determinar los motivos por los cuales se interrumpió esta grabación.

Cuando la aeronave se encontraba aproximadamente a 180 mn del VOR RNG, y aproximadamente 40 minutos antes del último registro del FDR, se presentó indicación de bajo nivel de combustible. La aeronave se encontraba entonces a 77 mn al Sierra de Bogotá y a 135 mn al Echo del aeropuerto de Cali.

La tripulación no hizo ningún llamado al ATC sobre la condición crítica de combustible.

Mientras tanto, el ATC estaba atendiendo a una aeronave había reportado y solucionado una indicación de fuga de combustible, y que decidió proceder a aterrizar en Rionegro. Esta situación demoró la aproximación, a cuatro aeronaves que procedían a Rionegro, incluyendo el CP 2933, cuya situación de combustible se desconocía.

Cuando la aeronave CP 2933 hizo contacto con el Control de Aproximación Medellín, y se encontraba a 68 mn del VOR RNG, el ATC le instruyó para que procediera a sostener en esta ayuda, sin suministrarle una Hora Prevista de Aproximación.

La tripulación no hizo ningún llamado al ATC sobre la condición crítica de combustible.

Cuando la aeronave se encontraba a 24 mn del VOR RNG, la tripulación solicitó al ATC, sostener en la posición GEMLI, sin alertar al ATC sobre la condición crítica de combustible.

La tripulación solicitó al ATC volar y sostener en el punto RNAV GEMLI, cuando no tenía aprobados en sus OSPECS aprobación para volar procedimientos PBN.

La aeronave se incorporó en el patrón de sostenimiento en GEMLI, sin alertar al ATC sobre la condición crítica de combustible.

La aeronave CP 2933 realizó un (1) patrón de sostenimiento en GEMLI y antes de iniciar el segundo circuito, solicitó prioridad para aproximar por problemas de combustible.

El ATC le anunció que le daría vectores al Localizador y que las aproximaciones se iniciarían en siete (7) minutos.

La tripulación del CP 2933 aceptó las instrucciones y no declaró emergencia por combustible.

Un minuto y once segundos después de haber recibido la primera solicitud del vuelo CP 2933 de prioridad por un problema de combustible, el ATC autorizó a aproximar a otra aeronave que se encontraba en la espera.

El ATC solicitó a las demás aeronaves que estaban en espera en el VOR RNG, mantenerse en el circuito y virar al tramo de acercamiento; y al vuelo CP 2933, que sostenía en GEMLI, le ordenó mantener rumbo de alejamiento hacia el sur del circuito de espera.

Durante el segundo sostenimiento en GEMLI, tres minutos y quince segundos después de la solicitud de prioridad, la tripulación del CP 2933 declaró la emergencia sin el uso de la fraseología estándar.

El CP 2933 viró de inmediato por la izquierda, hacia el tramo de acercamiento a GEMLI, y abandonó FL 210. El ATC ordenó a las demás aeronaves, abandonar el circuito de espera hacia el W, y canceló la autorización de aproximación que había concedido.

Al iniciar el descenso, el CP 2933 extendió los frenos aerodinámicos; luego aproximadamente a una altitud de 20.500 pies fue extendido el tren de aterrizaje; y aproximadamente a 18000 pies inició la extensión de los flaps, hasta 24°.

El ATC autorizó al CP 2933 a aproximar, le advirtió sobre la pista húmeda y le preguntó si requería algún servicio. Así mismo le advirtió sobre las otras aeronaves que se encontraban adelante y por debajo de él.

Los motores del CP 2933 empezaron a dar indicaciones de falla.

A una altitud de 19.600 pies, se apagó el motor No. 3.

A una altitud de 18.876 pies, se apagó el motor No. 4.

A una altitud de 17.946 pies la tripulación del CP 2933 extendió full flaps.

A una altitud de 17.290 pies se apagó el motor No. 2.

A una altitud de 15.942 se apagó el motor No. 1.

Siete segundos después de la apagada del último motor, el FDR dejó de registrar; en este punto, la aeronave se encontraba a 15.5 nm del umbral de la pista 01 del aeropuerto de Rionegro, a 5.5 mn del sitio del accidente, con CAS 115 kt, GS 142 kt y una altitud de 15.934 ft.

El FDR funcionó adecuadamente y grabó un total de 53 horas 57 minutos y 12 segundos de datos, hasta la extinción de la energía eléctrica del avión.

Posteriormente, la tripulación reportó falla eléctrica total, sin combustible, y empezó a solicitar repetidamente, "vectores".

El ATC le informó al CP 2933, que lo había perdido de la señal Radar. El CP 2933 reportó que estaba con rumbo 360°; el ATC instruyó al vuelo para que virara a rumbo 010°, y luego a rumbo 350°.

Ante el aviso del ATC al CP 2933, de que no tenía su altitud, éste respondió con nueve mil pies, e hizo una última solicitud de "vectores". El ATC le informó que estaba a 8.2 mn de la pista.

No se recibieron más llamadas del vuelo CP 2933, ni respuestas a las llamadas que le hizo el ATC.

La aeronave CP 2933 impactó contra la cuesta sur de un terreno montañoso, apenas por debajo de la cresta de la montaña, con un rumbo aproximado de 310°. Posteriormente a este impacto, se generó una trayectoria de disipación de energía desde el punto inicial de impacto con rumbo 296°, que continuó 140 mts cuesta abajo por la ladera norte del cerro, hasta la parte baja, en donde quedaron finalmente la mayoría de los restos de la aeronave, en un sitio ubicado a 8.240 pies de elevación.

El accidente ocurrió a las 02:59 UTC del 29 de noviembre de 2016, en condiciones nocturnas.

Como consecuencia del accidente, la aeronave terminó destruida, fallecieron 71 ocupantes, y sobrevivieron 6 ocupantes.

### 3.2 Causas probables

Inapropiado planeamiento y ejecución del vuelo, pues no se contempló la cantidad de combustible necesaria que se requeriría para volar desde el aeropuerto de destino a un aeropuerto alterno, ni una cantidad de combustible de reserva, ni el combustible de contingencia, ni el combustible mínimo de aterrizaje, cantidades de combustible que son requeridas por la normatividad aeronáutica para la ejecución del tipo de vuelo internacional que efectuaba el avión CP 2933.

Apagada secuencial de los cuatro (4) motores mientras la aeronave se encontraba en descenso en el circuito de espera de la posición GEMLI, como consecuencia del agotamiento de combustible a bordo.

Inadecuada toma de decisiones de la administración de la compañía explotadora de la aeronave, como consecuencia de la falta de aseguramiento de la seguridad operacional en sus procesos.

Pérdida de la conciencia situacional y equivocada toma de decisiones de la tripulación, que mantuvo la fijación de continuar un vuelo con una cantidad de combustible extremadamente limitada. La tripulación era consciente del bajo nivel de combustible remanente, sin embargo, no tomó las acciones correctivas requeridas para aterrizar en un aeródromo y obtener el reabastecimiento que le permitiera continuar el vuelo de manera segura.

### 3.3 Factores Contribuyentes

Configuración prematura de la aeronave para el aterrizaje, durante el descenso en el patrón de sostenimiento de la posición GEMLI, ya que, considerando la ausencia de empuje, esta configuración afectó la distancia de planeo del avión hacia la pista del aeropuerto de Rionegro.

Deficiencias latentes en el planeamiento y en la ejecución de vuelos de Transporte No Regular, por parte del explotador de la aeronave, relacionadas con el abastecimiento insuficiente de la cantidad de combustible requerido.

Deficiencias específicas en el planeamiento del vuelo accidentado, por parte el explotador de la aeronave.

Falta de supervisión y control operacional del vuelo por parte del Explotador, que no supervisó el planeamiento del mismo, ni su ejecución, ni efectuó un seguimiento del vuelo que hubiera permitido apoyar a la tripulación en la toma de decisiones.

Ausencia de llamados oportunos de "prioridad", de "emergencia" u otros, por parte de la tripulación de la aeronave, durante el vuelo, y especialmente cuando era inminente el agotamiento de combustible en la fase de descenso y sostenimiento, que hubieran alertado a los servicios de tránsito aéreo para brindar el apoyo necesario.

Desviación organizacional y operacional por parte del Explotador en la aplicación de los procedimientos de gestión de combustible, pues no cumplía en la práctica, lo aprobado por la DGAC de Bolivia en el proceso de certificación de la empresa.

Demora en la aproximación del CP 2933 a la pista de Rionegro, originada por su tardía solicitud de prioridad, y tardía declaratoria de emergencia por combustible, sumada a la densidad de tránsito en el patrón de sostenimiento de VOR RNG.

#### Taxonomía OACI

Administración del Combustible – FUEL

#### 4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

La investigación ha evidenciado varios aspectos, que, aunque no han sido causales en el accidente, se consideraron objeto de recomendaciones de seguridad operacional.

##### A LA AUTORIDAD AERONÁUTICA DE BOLIVIA, DGAC

###### REC. 01-201637-1

Revisar sus políticas y sus procedimientos de vigilancia de los operadores aéreos, de manera que sean planificadas sobre la base de un ejercicio de evaluación de riesgos.

###### REC. 02-201637-1

Fortalecer los criterios normativos sobre los requisitos financieros, operacionales y técnicos, tanto durante el proceso de certificación, como en la vigilancia, de los operadores aéreos que prestan servicio de transporte no regular, doméstico e internacional, de carga y de pasajeros, particularmente en aeronaves clasificadas como Grandes.

###### REC. 03-201637-1

Fortalecer los criterios normativos de inspección, certificación y vigilancia de las operaciones de transporte aéreo no regular internacional (chárter), con el fin de verificar el cumplimiento de las normas, posteriormente al otorgamiento de los Certificados de Operador Aéreo (AOC).

###### REC. 04-201637-1

Fortalecer la normatividad sobre certificación, inspección, y vigilancia a los prestadores de servicios de navegación a las operaciones aéreas (ANS), y las competencias del recurso humano que realiza esas funciones.

###### REC. 05-201637-1

Publicar un documento que enfatice a los operadores aéreos el cumplimiento estricto de la normatividad relacionada con el planeamiento y administración del combustible para todo tipo de vuelo, especialmente en lo relacionado con la cantidad mínima de combustible a bordo requerida para efectuar un vuelo.

###### REC. 06-201637-1

Revisar los procedimientos de otorgamiento y control de la competencia lingüística en idioma inglés, para que las tripulaciones que efectúan vuelos internacionales, cumplan con este requisito.

## **A LA ADMINISTRACION DE AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES A LA NAVEGACION AEREA DE BOLIVIA, AASANA**

### **REC. 07-201637-1**

Optimizar la gestión del ARO/AIS, mediante la implementación de un mecanismo de control que permita verificar la autonomía y el tiempo de vuelo, con el fin de aceptar el plan de vuelo o rechazarlo, en cumplimiento con la normatividad.

Así mismo, fortalecer el Manual de Funciones y las competencias del recurso humano para la ejecución y supervisión de los Servicios de los Servicios de Navegación (ANS).

## **A LA ORGANIZACIÓN DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL - OACI**

### **REC. 08-201637-1**

Revisar los Anexos al Convenio y los Documentos OACI pertinentes, y emitir orientación a los Estados, en relación con los requisitos financieros, administrativos y de seguridad operacional que se deben exigir a los operadores de vuelos chárter internacionales, particularmente los que se efectúan en aeronaves clasificados como Grandes.

## **A LA AUTORIDAD AERONAUTICA DE COLOMBIA**

### **REC. 09-201637-1**

Revisar, en cabeza de la Oficina del Transporte Aéreo, la normatividad RAC 3.6.5.6 y el procedimiento GSAC 2.0-12-017, que tratan sobre la autorización de vuelos Chárter, con el fin de mejorar y garantizar el cumplimiento de los requisitos legales, normativos y de seguridad operacional por parte de los operadores que realizan ese tipo de vuelos.

### **REC. 10-201637-1**

Mejorar la coordinación entre la Dirección de Servicios a la Navegación Aérea, y el Centro de Estudios Aeronáuticos, con el fin que el programa académico que se imparta al personal ATC, corresponda a las necesidades operacionales actuales; de igual forma, revisar los manuales operativos locales y hacer la respectiva difusión a las lecciones aprendidas de este accidente y de otros eventos que ya hayan ocurrido al interior de la provisión del servicio ATC.

### **REC. 11-201637-1**

Publicar, a través de la Secretaría de Seguridad Operacional y de la Aviación Civil, un documento que enfatice a los operadores aéreos el cumplimiento estricto de la normatividad relacionada con el planeamiento y administración del combustible para todo tipo de vuelo, especialmente en los relacionado con la cantidad mínima de combustible a bordo requerida para efectuar un vuelo.

## APÉNDICES

### 1. Transcripción Registrador de Voces en el Puesto de Pilotaje

A continuación, se presenta la transcripción del registrador de voces en el puesto de pilotaje marca British Aerospace Systems Equipment (BASE) / Meggitt Avionics SCR500-120, número de serie 99SRP146 instalado en la aeronave CP-2933 accidentado en la Unión, Antioquia Colombia el 29 de noviembre de 2016.

#### Descripción de las Fuentes

<b>CAM:</b>	Sonido o voz del micrófono de área de la cabina de mando
<b>HOT:</b>	Sonido o voz del panel de audio de la tripulación de cabina de mando
<b>RDO:</b>	Transmisión de radio del CP-2933
<b>INT:</b>	Sonido del intercomunicador de la aeronave (o sistema de aviso público)
<b>ATC:</b>	Transmisión de radio del control de tránsito aéreo
<b>-1:</b>	Voz identificada como el capitán
<b>-2:</b>	Voz identificada como el primer oficial
<b>*</b> :	Ininteligible
<b>#:</b>	Expletivo
<b>[ ]:</b>	Inserción editorial
<b>( ):</b>	inserción cuestionable

**Nota 1:** Los tiempos están expresados en hora universal coordinada hrs.

**Nota 2:** Generalmente únicamente las transmisiones de radio desde y hacia la aeronave son transcritas a no ser que se requiera para aclarar el contexto.

**Nota 3:** Únicamente se transcriben las conversaciones más relevantes de las dos horas del vuelo accidentado.

Hora	Fuente	Comunicación Interna	Hora	Fuente	Comunicación Externa
20:20:56	HOT 2	está grave esto			
20:20:59	HOT 1	tenemos que salir			
20:21:06	HOT 1	esea, ¡¡¡¡¡ cruzamos al nos cruzamos pedimos			
20:21:09	HOT 1	necesitamos docientos + los map			
20:21:10	HOT 2	¡¡¡ llegar			
20:21:12	HOT 1	¡¡¡ llegar			
20:21:16	HOT 1	¡¡¡¡¡ que en cesando vamos a ir a vetera			
20:21:18	HOT 1	ahora			
20:21:28	HOT 2	nos tiene que bajar a cuarenta cinco a cuarenta cinco bajar ¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡ esto es el único que lo tenía en cinco a la salida nos tiene que bajar La velocidad a 227 flujos			
20:21:32	HOT 1	esto que ahí, ¡¡¡¡¡ cuando entremos !!!			
20:21:45	HOT 2	!!!			
20:21:55	HOT 1	¡¡¡ tres horas lo tenemos cuatro horas, ¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡			
20:22:02	HOT 2	¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡			
20:22:08	HOT 1	!!!			
20:22:09	HOT 2	¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡			
20:22:19	HOT 2	¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡			
20:24:47	HOT 2	era una salvaguarda, ¿no?			
20:24:57	HOT 4	¡¡¡, que pretender entrar, ¿cómo?			
20:24:58	HOT 1	¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡			
20:25:08	HOT 2	!!! ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡			
20:25:13	HOT 2	¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡			
20:25:17	COPI	[sonido no identificado]			
20:25:58	HOT 1	esto aquí me dijeron, ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡			
20:26:10	HOT 1	estaba lista para entrar a Coara			
20:26:28	HOT 1	¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡ ¡¡¡			

Hora	Fuente	Comunicación Interna
20 00 21	HOT 2	referencia cinco mil tres transfer zero diez
20 00 30	HOT 1	dieci cinco mil diez
20 00 41	HOT 2	necesarios transfer
20 00 40	HOT 1	es porque esto es censo
20 00 50	CAB	¿eso para que gaste menos gasolina o combustible?
20 00 48	HOT 2	el consumo lo pagado a velocidad ha estado referidos con de siete siete
20 00 54	HOT 1	a mi conocimiento cuando lo hemos pagado el fuel flow
20 00 55	HOT 2	mi consumo cinco mil estados todo el tiempo
20 00 07	CAB	¿cómo tanto tiempo extra va legal para de gastar 07
20 00 09	HOT 1	para venir a un punto más no vamos a tener ningún minuto más por dentro
20 00 22	HOT 1	lo bueno es que nuestro tema está antes
20 00 40	HOT 2	mi consumo vamos a transferir a velocidad vamos a ir con ese consumo
20 00 40	HOT 1	tranquilo en esto bien bueno bueno velocidad

Hora	Fuente	Comunicación Externa
20 00 00	RDD 2	La Red Centro Línea 008 nueve tres tres Rio Branco dos ocho cero cero nivel sigue ESBUR
20 00 41	ATO	Recibido cambio altura cinco dos tres cinco cinco quinientos metros según
20 00 40	RDD 2	Cinco dos tres cinco cinco quinientos cinco dos nueve tres tres
20 00 00	RDD 2	Línea dos nueve tres tres dos siete
20 00 47	RDD 2	0112000 center Lima received no danger three three 0000 4000
20 00 00	ATO	Línea nueve tres tres tres tres tres 0112000 center flight level three three zero four zero
20 00 00	RDD 2	three three three three level three three zero zero
20 00 00	ATO	operational
20 00 00	ATO	Línea nueve tres tres tres tres tres tres 0112000 center flight level three zero zero
20 00 47	RDD 2	0112000 flight level three zero zero

20 00 55	ATO	Línea línea transfer three three three transfer
00 00 00	RDD 2	go ahead for lima nine three three three three three
00 00 00	ATO	Línea línea transfer three three three inform you mode after takeoff chile 0300 100

Hora	Fuente	Comunicación Interna	Hora	Fuente	Comunicación Externa
00:00:00	HOT 1	Mucha carga por los costos de los días de tres mil, estos son tres mil sucos carga	00:00:08	RDC 1	afar roto (roto charle oscaris ESBU) - RTT: FUDBU, TENUG, DIOGLU CRUKA
00:00:08	HOT 2	como nos animamos a salir en La Paz por las temperaturas bajas - RTT: #	00:00:08	ATO	roger
00:00:47	TOU	¿más allá de la Esca?			
00:00:06	HOT 2	de ahí que tengamos una ganancia de unos diez por ciento			
00:00:21	CAT	¿bien podemos qué?			
00:00:20	HOT 1	flujos de combustible			
00:00:27	CAT	¿cuando ganamos con eso?			
00:00:30	HOT 1	en minutos			
00:00:33	CAT	¿para el cargue? ¿o por ???			
00:00:36	HOT 1	por que el consumo promedio un consumo de dos mil o setenta dos en treinta mil quince en quinientos o cuando se a minutos le va más	00:00:35	ATO	Uno más a tu número tres tres anónimo
			00:00:37	RDC 2	yes maan Mike RTT 0M appoveis
			00:00:50	RDC 2	ed you oca anazonid?
			00:00:59	RDC 1	Uno más a tu número tres tres roger
00:13:14	HOT 2	bien para altitude y tenemos que cuarentar			
00:13:38	HOT 1	altitude capture			
00:13:34	HOT 2	captured			
00:17:46	ATO	mike, mike, ¿pregunta ¿cuando más vamos a tomar? ¿dos horas?			
00:17:50	HOT 1	dos horas ???			
00:17:53	ATO	dos horas treinta			
00:17:58	HOT 1	estamos con mucho viento			
00:18:23	HOT 1	# de Cocha			
00:18:26	HOT 1	no se Cocha no entos	00:18:42	ATO	Uno más a tu número tres tres ??? present position
			00:18:50	RDC 2	afar present position, o pa, de sero oscar 0M Mike, neceso uniformes antes no ven ser golf, ano de ro h, oscaris golf
			00:18:51	ATO	roger roger

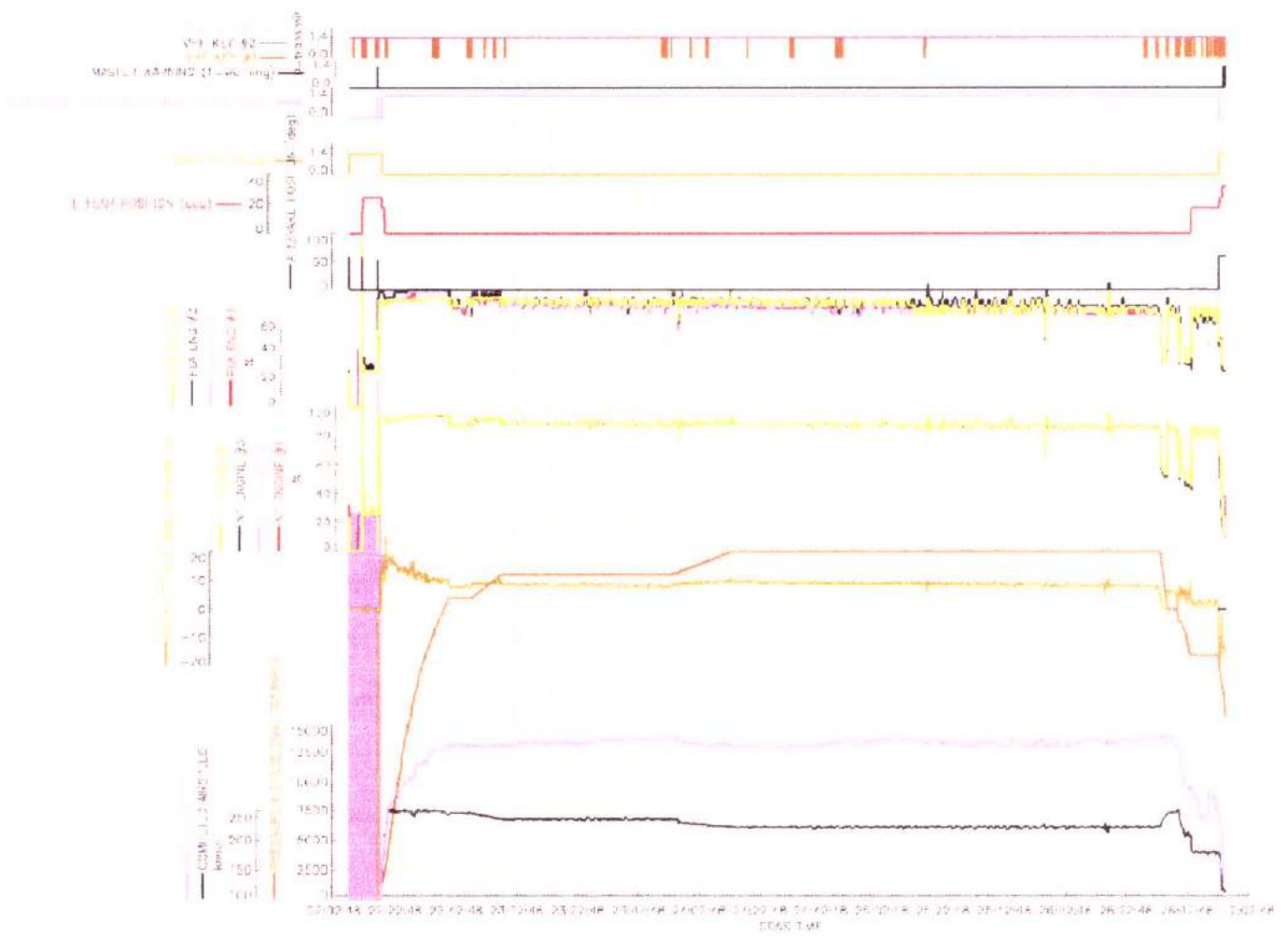
Hora	Fuente	Comunicación Interna	Hora	Fuente	Comunicación Externa
00:30:30	HOT 2	Bueno con esto vamos a pagar una hora y media	00:30:49	ATO	Uno mil e no two three three three change credits to three six three
			00:30:57	RDG 2	Six three six three um three e no two three three three
			00:30:58	ATO	Uno mil e no two three three three change frequency to one two four decimal five five f unable one three four decimal one five
			00:30:59	RDG 2	one two four decimal five five and unable one three four decimal one five. Um e e no two three three three three good night three you
			00:31:48	RDG 2	good night and no two three three three good evening
			00:32:00	ATO	Uno mil e no two three three three good night level three zero zero
			00:32:05	RDG 2	mantain high level three zero zero um no two three three three three
00:37:30	HOT 1	está toda la cosa			
00:38:24	HOT 2	para Bogotá estamos a mil kilos			
00:38:27	HOT 1	van eso no vamos			
00:38:39	HOT 1	¿antes de Bogotá que hay?			
00:39:06	HOT 2	Letido			
00:39:16	HOT 2	¿era que está operable?			
00:39:24	HOT 2	¿es información Letido y no?			
00:39:48	CAB	[interrupción momentánea de la grabación de voz por espacio de un segundo]			
00:39:52	HOT 2	Si la dos mil y dos mil novecientos si esto estamos dentro no ves con nosotros nos va a costar 200 mantenemos			
00:40:06	HOT 1	estamos en esto pero eso es lo bueno pues BOM es el nivel Bogotá viejo			
00:41:26	HOT 1	no pagamos no imcomani e			
00:41:32	HOT 1	¿no está # # por qué a #			
00:42:16	HOT 1	Bogotá tres y tenemos col y todo eso todo al final			
00:44:04	HOT 1	¿está en el Bogotá tenemos horario n diget			
00:44:10	CAB	on esto ahí está el handling			
00:44:17	HOT 1	¿tiene algo la frecuencia en su ...			
00:44:20	CAB	no			
00:44:25	HOT 1	no vamos a entrar Bogotá tres			

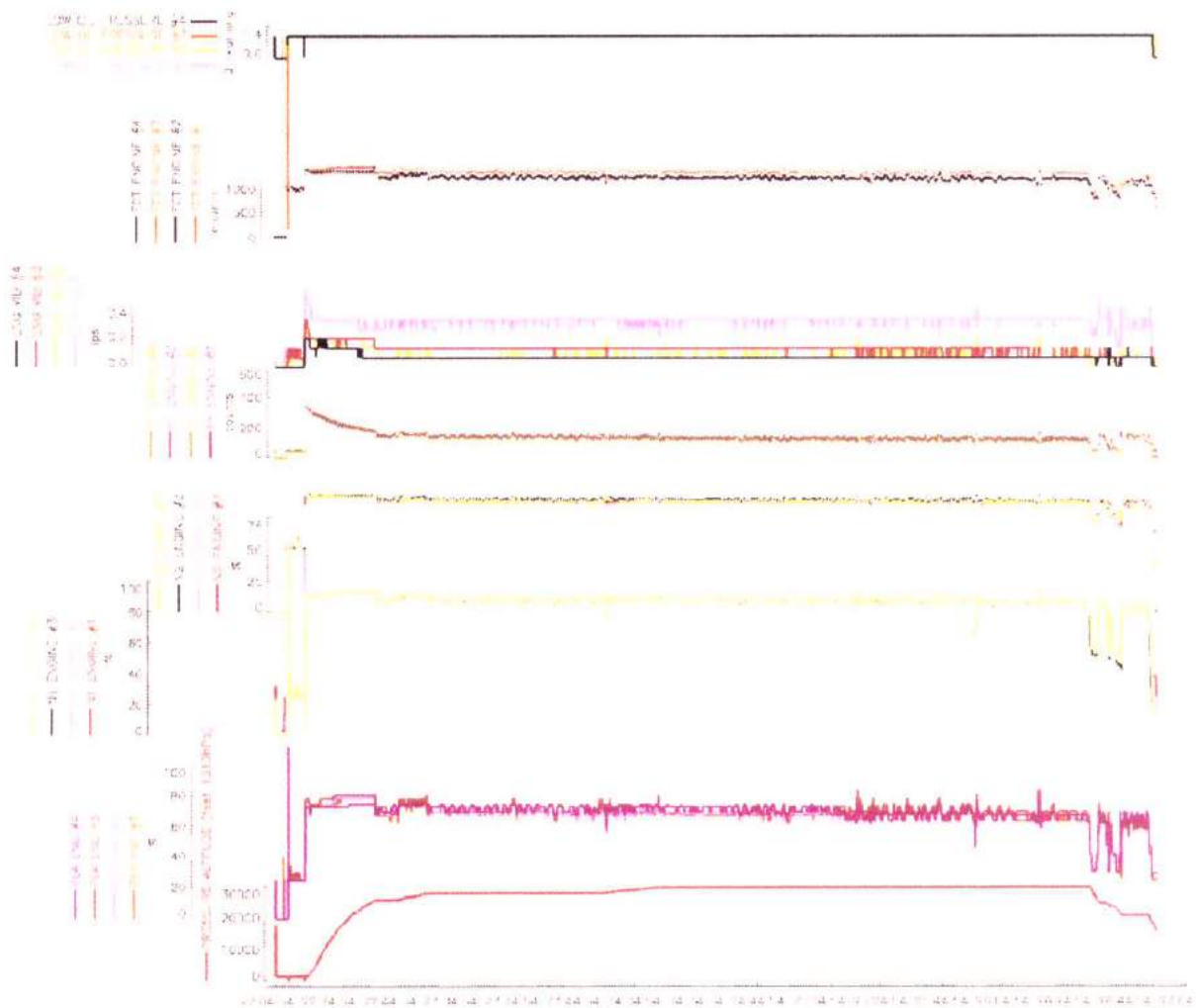


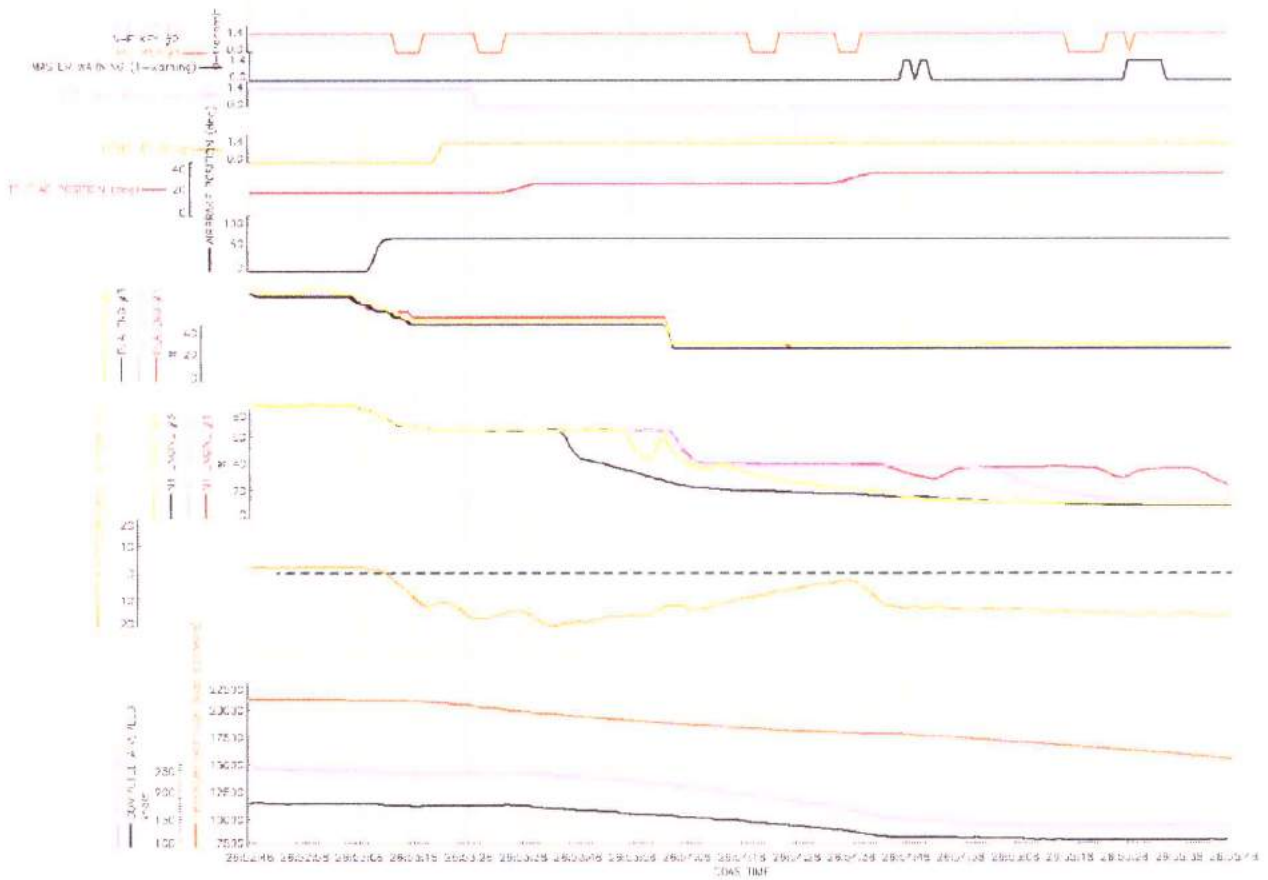
Hora	Fuente	Comunicación Interna	Hora	Fuente	Comunicación Externa
00:51:27	HOT 2	mejor ahí, así estamos, así me voy ahí, así voy que expulso unos puntos.			
00:51:42	HOT 1	Mónica la M2M donde era M2M fuera. Rincón y el NRSO. Rincón. ¿Ok?			
00:51:48	HOT 2	Ok. NRSO. Rincón.			
00:51:54	HOT 2	No hay problema. ARJUX. PABO. NRSO. Rincón y descenso.			
00:52:03	HOT 1	en descenso nos da ¿ya?			
00:52:05	HOT 2	ahí tres mil trescientos ¿no? andá tenemos tres mil doscientos.			
00:52:21	HOT 2	monstramos entonces.			
00:52:22	HOT 1	monstramos.			
00:52:30	HOT 1	va vos al baño, voy los baños en voy al baño un minuto ¿ya?			
00:52:51	HOT 2	ok.			
00:54:26	HOT 2	111 tres mil doscientos mil tres mil doscientos bien, estamos bien.			
00:56:29	CAM	va me voy a bajar a Bogotá?			
00:56:31	HOT 1	¿ah?			
00:56:31	CAM	va me van bajar a Bogotá?			
00:56:32	HOT 1	Yo no.			
00:56:41	CAM	[conversación entre el Capitán y un pasajero]			
01:01:19	CAM	entonces vamos a bajar a Bogotá ¿no? ¿no? ¿no? ¿no? [termina conversación entre el Capitán y un pasajero]			
01:01:21	HOT 1	lo bueno es tomar las decisiones con calma ¿ah? analizamos ya a ver qué ¿no?			
01:01:26	HOT 1	lo bueno es tomar las decisiones con calma ¿ah? analizamos ya a ver qué.			
01:01:33	HOT 2	ya está analizado ¿ya no?			
01:01:41		cuál es el caso? ¿estamos dentro de él? ¿111 vamos a descender o más cerca copula ¿eh?			
01:01:43	HOT 2	hay más de cien ¿cien ¿cien? ¿tanto con descenso es?			
01:01:39	HOT 1	ahí van los quinientos sesientos.			
01:01:54	HOT 1	me quedo. ¿lo tenía ¿ah?			
01:01:35	HOT 2	igual yo dije cuando hicimos el primer cálculo no entrábamos en Bogotá.			
01:02:00	HOT 1	no.			
01:02:10	HOT 1	¿ok? ¿ok?			
01:02:11	CAM	¿qué es lo ¿ah? ¿ah?			
01:02:14	HOT 1	¡ah! el mal terreno que vamos a entrar.			

Hora	Fuente	Comunicación Interna	Hora	Fuente	Comunicación Externa
01:02:21	CAPI	primera llamada			
01:02:26	HOT	en comento			
01:02:59	CAPI	[tripulación me da el briefing de aproximación a RVG]			
01:06:51	HOT	ahora para abortar más podemos ir directamente al punto extremo [durante el briefing de aproximación]			
01:11:14	CAPI	[llega pasajero a la cabina de mando se intermite el			
01:11:28	CAPI	[voz de pasajeros]			
01:11:31	CAPI	están haciendo ese ruido no va a salir fuera con flash, no sale fuera pero no sale fuera			
01:14:38	CAPI	[se escucha a la tripulación programando la aproximación en el sistema de gestión de vuelo]			
01:14:57	HOT	cuálquier cosa si ellos me dan visibilidad a pasajeros			
01:16:09	HOT 2	fin Fin de la grabación Fin de la transcripción			

## 2. Gráficas del Registrador de Datos de Vuelo (FDR)









**GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES AREOS**

**Av. Eldorado No. 103 – 15, Piso 5º.**

**investigacion.accide@aerocivil.gov.co**

**Tel. +57 1 2963186**

**Bogotá D.C - Colombia**