

MAUT-8.0-12-029



INFORME FINAL

INCIDENTE GRAVE

COL-22-20-DIACC

Despegue con tren de nariz a 90° por NWS inoperativo

SCF-NP

Airbus A320-214

Matrícula CC-BAS

29 de marzo 2022

Rionegro, Antioquia – Colombia

ADVERTENCIA

El presente Informe Final refleja los resultados de la investigación técnica adelantada por la Autoridad AIG de Colombia – Dirección Técnica de Investigación de Accidentes, DIACC, en relación con el evento que se investiga, a fin de determinar las causas probables y los factores contribuyentes que lo produjeron. Así mismo, formula recomendaciones de seguridad operacional con el fin de prevenir la repetición de eventos similares y mejorar, en general, la seguridad operacional.

De conformidad con lo establecido en la Parte 114 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, RAC 114, y en el Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional, OACI, *“El único objetivo de las investigaciones de accidentes o incidentes será la prevención de futuros accidentes o incidentes. El propósito de esta actividad no es determinar culpa o responsabilidad”*.

Por lo tanto, ningún contenido de este Informe Final, y en particular las conclusiones, las causas probables, los factores contribuyentes y las recomendaciones de seguridad operacional tienen el propósito de señalar 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, y especialmente para fines legales o jurídicos, es contrario a los propósitos de la seguridad operacional y puede constituir un riesgo para la seguridad de las operaciones.

CONTENIDO

SIGLAS	5
SINOPSIS	7
RESUMEN	7
1. INFORMACIÓN FACTUAL	9
1.1 Reseña del vuelo.....	9
1.1.1 Organización de la Investigación	11
1.2 Lesiones personales	12
1.3 Daños sufridos por la aeronave	12
1.4 Otros daños.....	12
1.5 Información personal.....	12
1.6 Información sobre la aeronave y el mantenimiento.....	13
1.6.1 Aeronave	13
1.6.2 Tren de aterrizaje de nariz (NLG)	14
1.6.2.1 Funcionamiento del tren de aterrizaje de nariz (NLG).....	14
1.6.2.2 Sistema Nose Wheel Steering	17
1.6.2.3 Modo “Free-to-Castor”.....	17
1.6.2.4 Unidad de Sistema de Control de Dirección y Frenos (BSCU)	18
1.6.2.5 Prueba funcional de dirección	19
1.6.2.6 Selección del sistema activo BSCU	19
1.6.2.7 Enlaces entre BSCU y sensores de dirección RVDT 3GC y 4GC	19
1.6.2.8 Descripción de los sensores del NWS – RVDT (3GC y 4GC).....	20
1.6.2.1 Arnés eléctrico superior 1M.....	20
1.6.3 Procedimientos Operacionales y de mantenimiento.....	21
1.6.3.1 QRH – Aterrizaje con posición anormal del tren de aterrizaje.....	21
1.6.3.2 Procedimiento Anormal FCOM – N/W STRG FAULT	21
1.6.3.3 Procedimiento Anormal FCOM – L/G SHOCK ABSORBER FAULT	22
1.6.3.4 MEL del Operador, Ítem 32-51-01 Marzo 2022	23
1.6.4 Motores.....	24
1.7 Información Meteorológica.....	24
1.8 Ayudas para la Navegación	24
1.9 Comunicaciones y Tránsito Aéreo	24
1.10 Información del Aeródromo.....	24
1.11 Registradores de Vuelo.....	25
1.11.1 Registrador de Datos de Vuelo - DFDR.....	25

1.11.2	Reportes de Vuelo PFR	28
1.11.3	Registrador de Voces de Cabina - DCVR.....	28
1.12	Información sobre los restos de la aeronave y el impacto	28
1.13	Información médica y patológica	31
1.14	Incendio	31
1.15	Aspectos de supervivencia	31
1.16	Ensayos e investigaciones.....	31
1.16.1	Inspección de la Unidad de Control Direccional y Frenado (BSCU)	31
1.16.2	Resultados de inspección	32
1.17	Información orgánica y de dirección	33
1.18	Información adicional	34
1.18.1	Evidencias de CCTV del aeródromo.....	34
1.18.2	Flight Operations Transmission (FOT) y Service Bulletin (SB).....	35
1.18.3	Flight Operations Transmission (FOT) 999.0016/12	36
1.19	Técnicas útiles o eficaces de investigación	36
2.	ANÁLISIS	37
2.1	Operaciones de vuelo	37
2.2	Vuelo No. 1: SKPE a SKRG – LA4385.....	37
2.3	Vuelo No. 2: SKRG a SKCG – LA4292	39
2.4	Malfuncionamiento de la Unidad de Control Direccional y Frenado – BSCU	44
3.	CONCLUSIÓN	45
3.1	Conclusiones.....	45
3.2	Causas probables	47
	Factores Contribuyentes	47
3.3	Taxonomía OACI.....	47
4.	RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL	48
4.1	RECOMENDACIONES INMEDIATAS.....	48
	Acciones de seguridad operacional implementadas	48
4.2	RECOMENDACIONES DEL INFORME FINAL.....	48
	ÍNDICE DE ANEXOS	50
	Anexo No. 1: Registros de Datos de Vuelo SKPE – SKRG – SKCG.....	50
	Anexo No. 1 – Registros de Datos de Vuelo SKPE – SKRG – SKCG	51
	Anexo No. 2 – Registros de Datos de Vuelo aterrizaje en SKRG	52
	Anexo No. 3 – Transcripción de Registrador de Voces de Cabina	53

SIGLAS

AFS	Sistema de Vuelo Automático
AGL	Por encima del suelo
AMM	Manual de Mantenimiento de Aeronave
AP	Piloto Automático
ATC	Control de Tránsito Aéreo
BSCU	Unidad de Control de Dirección y Frenado
COM	Command channel
CVR	Registrador de Voces de Cabina
DIACC	Dirección Técnica de Investigación de Accidentes
DFDR	Registrador Digital de Datos de Vuelo
ECAM	Monitor Electrónico Centralizado de Aeronave
FCOM	Manual de Operación de Tripulación de Vuelo
FCTM	Manual de Entrenamiento de Tripulación de Vuelo
ft	Pies
gal	Galones
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
GS	Velocidad en tierra
FIAA	Formato de Información Actualizada de la Aeronave
FOT	Flight Operations Transmission
HL	Hora Local
IFTB	Retorno en Vuelo
KT	Nudos
kg	Kilogramos
lb	Libras
L/G	Tren de Aterrizaje
LGCIU	Unidades de Interfaz de Control y Tren de Aterrizaje
NLG	Nose Landing Gear
NWS	Nose Wheel Steering
m	metros
MEL	Lista de Equipos Mínimos
MMEL	Lista Maestra de Equipos Mínimos

MON	Monitoring Channel
PF	Piloto Volando
PFR	Reporte Post-Vuelo
PM	Piloto Monitoreando
PS	Fuente de Alimentación
PTL	Piloto de Transporte de Línea
RAC	Reglamentos Aeronáuticos de Colombia
RAT	Ram Air Turbine
RVDT	Rotary Variable Differential Transformers
SEI	Servicio de Extinción de Incendios
STRG	Steering
SKCG	Aeródromo Rafael Núñez - Cartagena
SKRG	Aeródromo José María Córdoba - Rionegro
SKPE	Aeródromo Matecaña – Pereira
TSD	Trouble Shooting Data
TSM	Trouble Shooting Manual
UTC	Tiempo Coordinado Universal
IFR	Reglas de Vuelo Instrumentales
VMC	Visual Meteorological Conditions

SINOPSIS

Aeronave:	Airbus A320-214
Fecha y hora Incidente Grave:	29 de marzo de 2022, 20:15:09 UTC ¹
Lugar del Incidente Grave:	Aeródromo José María Córdoba (OACI: SKRG), Rionegro, Antioquia - Colombia
Coordenadas:	N06°10'20.00" – W075°25'23.00"
Tipo de Operación:	Transporte Aéreo Regular de Pasajeros
Personas a bordo:	153 ocupantes; 06 Tripulantes, 147 Pasajeros
Taxonomía OACI:	SCF-NP

RESUMEN

La aeronave Airbus A320-214 había sido programada para efectuar vuelos de transporte de pasajeros entre Pereira (SKPE) – Rionegro (SKRG) y Cartagena (SKCG).

En la aproximación a SKRG, cuando la tripulación extendió el tren de aterrizaje, se presentó el mensaje ECAM WHEEL N/W STRG FAULT, indicando una falla en la rueda del tren de nariz. La tripulación efectuó sobrepaso y en el reciclaje del sistema de extensión y retracción del tren, el mensaje desapareció y se realizó el aterrizaje en SKRG sin novedad.

En tierra, el personal de mantenimiento confirmó la falla y decidió desconectar el Sistema de Dirección de Tren de Nariz (NWS), difiriéndolo, de acuerdo con el MEL. Esta condición haría que la rueda del tren de nariz no tuviese control direccional desde la cabina de mando, dependiendo así la dirección en tierra de la aeronave, de la aplicación de frenos y empuje asimétrico de los motores.

En esta condición, la tripulación inició el vuelo hacia SKCG. Durante la carrera de despegue por la pista 01 en SKRG, la aeronave presentó altas vibraciones en la aceleración, y después de efectuar la rotación se presentó el mensaje ECAM L/G SHOCK ABSORBER FAULT, acompañado de un fuerte olor a caucho quemado, con la imposibilidad de operar la palanca del tren de aterrizaje (arriba) en la cabina de mando. Después se supo en tierra que una de las llantas del avión había estallado.

La tripulación realizó los procedimientos anormales del QRH, correspondientes a la condición del tren de aterrizaje. Acto seguido declaró MAYDAY MAYDAY y solicitó instrucciones para sostener en vuelo, con el fin de consumir combustible y efectuar un aterrizaje de emergencia en SKRG.

Posteriormente, la aeronave aterrizó de manera normal y controlada por la pista 01, terminando con el tren de nariz girado 90° a la izquierda. Una vez que el tren de nariz hizo contacto con la pista, se produjo el estallido de la llanta remanente, su desprendimiento desde el rin y abrasión por el contacto de la parte metálica del tren con la pista. La aeronave

¹ Todas las horas (h) expresadas en este informe son UTC. Cinco (5) horas deben ser sustraídas a la hora UTC para obtener la hora local en Colombia.

continuó desplazándose en activa abrasión del rin de la rueda, hasta finalmente detenerse a 1,984 m del punto de contacto, sobre la pista.

Con la ayuda de los bomberos, la tripulación descartó la presencia de fuego o humo, y, al considerar que la situación estaba controlada, decidió no efectuar evacuación de emergencia. No hubo fuego, ni necesidad de aplicación de agentes de extinción de incendio por parte del SEI del aeródromo.

La tripulación y los pasajeros desembarcaron la aeronave, en la posición final que esta quedó, en la pista, por sus propios medios y sin lesiones.

El Incidente Grave ocurrió a las 20:15 UTC, en luz de día y en condiciones meteorológicas VMC.

Fue emitida una (1) recomendación de seguridad operacional inmediata, que fue implementada por el fabricante Airbus.

La Investigación técnica estableció como causa probable del Incidente Grave:

- Ejecución del despegue con las ruedas del tren de nariz giradas 90° hacia la izquierda del eje longitudinal de la aeronave, condición que provocó daños en el sistema del tren de aterrizaje de nariz, en la carrera de despegue. Estos daños que se agravaron en el aterrizaje de emergencia ejecutado posteriormente, aun con el tren de aterrizaje de nariz girado a 90°.
- Discrepancia en el monitoreo de voltaje de la Unidad de Sistema de Control de Dirección y Frenos (BSCU) a los Transformadores Diferenciales de Rotación Variable (RVDT), debido a una posible discontinuidad eléctrica transitoria en los voltajes secundarios enviados por el RVDT 3GC.

Como factores contribuyentes, la investigación encontró los siguientes:

- Desconexión por MEL, del sistema NWS de la Unidad de Sistema de Control de Dirección y Frenos (BSCU) ante un malfuncionamiento ocurrido previamente, en el vuelo inmediatamente anterior.
- Imposibilidad de la tripulación para monitorear y verificar en cabina las limitaciones de ángulo de giro permisible de las ruedas del tren de nariz, cuando se utilizó empuje asimétrico y frenado diferencial durante el rodaje.

En el transcurso de la investigación se emitió una Recomendación de Acción Inmediata, la cual ya fue implementada.

Adicionalmente, se emiten dos (2) Recomendaciones de seguridad operacional con el presente Informe Final.

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1 Reseña del vuelo

El 29 de marzo de 2022 la aeronave de transporte de pasajeros Airbus A320 fue programada para efectuar vuelos por itinerario desde el aeropuerto Internacional Eldorado (OACI: SKBO) de la ciudad de Bogotá D.C.

En el primer trayecto, vuelo LA4210 entre SKBO y el aeropuerto Matecaña (OACI: SKPE) de Pereira – Risaralda, la aeronave despegó a las 15:21 UTC y aterrizó a las 16:09 UTC en condiciones normales.

Posteriormente, la aeronave prosiguió con el vuelo LA4385 entre SKPE y el aeropuerto José María Córdoba (OACI: SKRG) de Rionegro – Antioquia.

La aeronave despegó de SKPE a las 17:07 UTC y procedió de acuerdo con el plan de vuelo autorizado hacia SKRG, con nivel de vuelo FL190. A las 17:14 UTC, la tripulación comenzó el descenso, y a las 17:24 UTC, con 8,655 pies y 154 KT IAS, durante la extensión del tren de aterrizaje, se presentó mensaje ECAM WHEEL N/W STRG FAULT. La tripulación efectuó las *ECAM actions*.

La tripulación efectuó las acciones ECAM y, por normatividad operacional de la compañía, decidió realizar un sobrepaso sobre el aeródromo SKRG, a las 17:25:57 UTC con el fin de continuar el vuelo para efectuar una verificación del sistema, retrayendo nuevamente el tren de aterrizaje a las 17:26 UTC.

En la segunda aproximación la tripulación informó al ATC sobre la falla, y la posibilidad de requerir remolque en tierra, debido a la falla en el sistema de dirección del tren de nariz (NWS).

Posteriormente, al extender nuevamente el tren en la segunda aproximación a las 17:44 UTC, el mensaje ECAM de falla del tren de nariz desapareció, y la tripulación decidió continuar con el aterrizaje, el cual se realizó a las 17:47:37 UTC.

La aeronave abandonó la pista y rodó por sus propios medios hacia la plataforma, sin novedad. En tierra, la tripulación reportó a Mantenimiento de la compañía la novedad presentada, y realizó los registros correspondientes.

El personal de Mantenimiento efectuó la revisión del sistema, sin encontrar fugas hidráulicas o falla en la estructura; sin embargo, al operar la bomba hidráulica del sistema, aparecía nuevamente el mensaje ECAM N/W STRG FAULT.

Ante esta condición, Mantenimiento decidió dejar “diferido” el sistema de acuerdo con el MEL 32-51-01A², con base en el monitoreo del RVDT relacionado al código de falla 730³, mediante el se procedió a desactivar el sistema de control del tren de nariz a las 18:43 UTC,

² Nose wheel steering control system.

³ El código de falla 730 fue registrado el día del evento a las 19:23 UTC de acuerdo con los datos arrojados en el TSD del BSCU 1 y 2.

dejando aplicables los procedimientos operacionales MEL por parte de la tripulación. Durante la acción de mantenimiento, no se reemplazaron componentes.

El tren de nariz quedó en posición “*free-to-castor mode*” (modo de movimiento libre).

En estas condiciones, la aeronave prosiguió con el vuelo LA4292 entre SKRG y el aeródromo Rafael Núñez (OACI: SKCG) de la ciudad de Cartagena.

Se presentó plan de vuelo IFR que propuso la salida para las 17:49 UTC, con nivel de vuelo FL340, un tiempo de vuelo de 44 min, y una autonomía de 02:35 h. Los datos del despegue se calcularon así: V_1 139 KT, V_r 141 KT y V_2 145 KT, para un peso de 73.5 ton.

Se efectuó el embarque de 147 pasajeros; a las 19:15:08 UTC se inició el remolque de la aeronave y a las 19:19 UTC se efectuó la puesta en marcha de los motores. A las 19:23:29 UTC, la tripulación inició el rodaje hacia la pista 01 vía Hotel - Alfa, siguiendo los procedimientos MEL para la maniobra de rodaje con el NWS inoperativo.

A las 19:31 UTC, la aeronave se alineó con la pista, y, acto seguido, la tripulación aplicó potencia para efectuar el despegue. Durante la carrera de despegue la tripulación dialogó acerca de la sensación de vibraciones en el avión, que atribuyeron a la inoperatividad del NWS; a las 19:34:30 UTC efectuaron la rotación.

Después de efectuar la rotación apareció el mensaje ECAM L/G SHOCK ABSORBER FAULT. En ese punto, la tripulación sintió un fuerte olor a caucho quemado. Después se supo en tierra que una de las llantas del avión había estallado.

Entonces, al operar la palanca para retraer el tren de aterrizaje, la palanca del tren no pudo ser operada por la tripulación; e inmediatamente, después de activar el piloto automático, se dio el mensaje ECAM AUTO FLT AP OFF, AUTO FLT A/THR OFF.

La tripulación procedió a efectuar las acciones ECAM mientras el Piloto Volando (PF) volaba la aeronave manualmente sin Piloto Automático (AP), sin Auto aceleradores (A/THR), y sin Director de Vuelo (FD). En este punto, la tripulación comentó que era posible que el tren de nariz no estuviese centrado, por lo que tomaron la decisión de sobrevolar en inmediaciones del aeródromo para manejar la situación.

A las 19:40:36 UTC la tripulación reportó al ATC MAYDAY MAYDAY, y solicitó vectores para realizar una espera en el VOR RNG, a una altitud de 13,000 pies para evaluar la situación, consumir combustible, y regresar hacia SKRG.

A las 19:51 UTC, el ATC notificó a la tripulación la presencia de un neumático sobre la pista.

La tripulación continuó realizando la espera para consumir combustible volando la aeronave manualmente, y ejecutó los procedimientos para el aterrizaje anormal en el tren de aterrizaje.

A las 20:06 UTC, la tripulación de mando, con la tripulación de cabina de pasajeros, realizó el briefing para el aterrizaje, El ATC autorizó al vuelo a interceptar localizador ILS Z para la pista 01, y, con la aeronave configurada, a las 20:15:09 UTC se efectuó la toma de contacto de los trenes principales; en ese momento, la tripulación efectuó la apagada de ambos motores.

La tripulación trató de mantener la aeronave sobre el eje de la pista, y, a las 20:15:24 UTC el tren de nariz hizo contacto con la pista, terminando girado 90° a la izquierda. Se produjo entonces el estallido de la llanta remanente, su desprendimiento desde el rin y abrasión por el contacto de la parte metálica del tren con la pista.

La aeronave continuó desplazándose en activa abrasión del rin de la rueda, hasta finalmente detenerse a 1,984 m del punto de contacto, sobre la pista.

Con la ayuda de los bomberos, la tripulación descartó la presencia de fuego o humo, y, al considerar que la situación estaba controlada, decidió no efectuar evacuación de emergencia. No hubo fuego, ni necesidad de aplicación de agentes de extinción de incendio por parte del SEI del aeródromo.

La tripulación y los pasajeros desembarcaron la aeronave, en la posición final que esta quedó, en la pista, por sus propios medios y sin lesiones.

El Incidente Grave ocurrió a las 20:15 UTC, en luz de día y en condiciones meteorológicas VMC.



Fotografía No. 1 – Condición final del tren de nariz y ruedas CC-BAS

1.1.1 Organización de la Investigación

La Autoridad de Investigación de Accidentes de Colombia (Dirección Técnica de Investigación de Accidentes - DIACC) fue alertada por parte del Operador SMS del Aeródromo de la novedad presentada a la aeronave CC-BAS a las 19:45 UTC, una vez que, después del despegue de la aeronave, se identificaron los restos de neumático en la pista y se dio la declaratoria de emergencia por parte de la tripulación.

Después de la confirmación del evento al aterrizaje, de conformidad con las disposiciones de los Reglamentos Aeronáuticos Colombianos, RAC 114, la DIACC instituyó una investigación por Incidente Grave.

Siguiendo las disposiciones de Investigación de Accidentes Aéreos contenidas en el Anexo 13 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), la DIACC realizó la notificación del Incidente Grave a:

- Organización de Aviación Civil Internacional – OACI.
- Bureau d'Enquêtes et d'Analyses (BEA) de Francia, como Estado de Diseño y Fabricación de la aeronave.
- Dirección General de Aeronáutica Civil de Chile, como Estado de Matrícula de la aeronave.

Tanto la BEA Francia como la DGAC de Chile, nombraron sendos Representantes Acreditados ante la investigación; así mismo, designaron como Asesores Técnicos a representantes de Airbus y del Operador para apoyar el proceso investigativo que adelantó la Dirección Técnica de Investigación de Accidentes, DIACC.

1.2 Lesiones personales

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total	Otros
Mortales	-	-	-	-
Graves	-	-	-	-
Leves	-	-	-	-
Ilesos	6	147	153	-
TOTAL	6	147	153	-

1.3 Daños sufridos por la aeronave

IMPORTANTES. Como consecuencia del evento, se produjeron daños importantes en la estructura del tren de nariz de la aeronave, relacionados con extensiva y significativa abrasión de los rines y el *strut* del tren de nariz.

Así mismo, se presentó el desgaste y separación de las dos ruedas del tren de nariz. No se evidenció ingestión de objetos extraños en los motores, ni otros daños en la aeronave.

1.4 Otros daños

Como consecuencia de la operación de la aeronave con el tren de nariz a 90° se presentó una afectación menor al pavimento asfáltico de la pista, por abrasión del rin y de la estructura del tren de nariz sobre la superficie.

1.5 Información personal

Piloto

Edad: 50

Licencia: Piloto de Transporte de Línea

Certificado médico: Vigente hasta el 15 junio de 2022

Equipos volados como piloto:	DHC-8, B737, B767, A320
Último chequeo en el equipo:	23 octubre de 2021
Total horas de vuelo:	15,000 h
Total horas en el equipo:	3,497:27 h

El Piloto tenía una licencia de Piloto de Transporte de Línea – PTL emitida el 04 de abril de 2006 con habilitación en aeronaves como Piloto DHC-8, B737, B767, A318/9/20/21.

Se encontraba vinculado en la compañía desde el 10 de agosto de 1998

El 02 de Octubre de 2021 presentó el chequeo de rutas anual con “excelente CRM y habilidades de comunicación”. El 12 de noviembre de 2021 presentó el chequeo de proeficiencia, en simulador equipo 320.

Sus asignaciones y descansos se habían cumplido de acuerdo con lo dispuesto de acuerdo en la normatividad vigente, sin que se evidenciaran incumplimientos.

Copiloto

Edad:	28
Licencia:	Piloto Comercial de Aviación
Certificado médico:	Vigente
Equipos volados como piloto:	A320
Último chequeo en el equipo:	08 diciembre de 2021
Total horas de vuelo:	3,680:08 h
Total horas en el equipo:	3,280:00 h

El Piloto tenía una licencia de Piloto Comercial de Avión – PCA emitida el 29 de diciembre de 2021 con habilitación como Copiloto en aeronaves de más de 5,700 kg A318/9/20/21.

Se encontraba vinculado en la compañía desde el 15 de agosto de 2016.

El 08 de diciembre de 2021 presentó chequeo de proeficiencia en simulador del equipo 320. Había efectuado curso repaso en el equipo en marzo de 2022; y presentó chequeo en línea el 22 de enero de 2022.

Sus asignaciones y descansos se encontraban dispuestos de acuerdo con la normatividad vigente sin evidenciar incumplimientos.

1.6 Información sobre la aeronave y el mantenimiento

1.6.1 Aeronave

Marca:	Airbus
Modelo:	A320-214
Serie:	4896
Año de fabricación:	2011

Matrícula:	CC-BAS
Certificado de Aeronavegabilidad:	No. 011-2021 (UAEAC - Colombia) No. 18936/2019 (DGAC - Chile)
Certificado de Matrícula:	No. RME8913 (UAEAC - Colombia) No. L22F58A2011 (DGAC - Chile)
Total horas de vuelo:	25,204.2 h
Ciclos:	23,890

La aeronave Airbus A320, es una aeronave de transporte comercial de pasajeros de ala baja, bimotor, con dos motores a reacción. El Operador informó que la aeronave tenía un tiempo total de fuselaje de 25,204.2 h de vuelo, y 23,890 ciclos de aterrizaje.

La aeronave se encontraba cumpliendo un programa continuo de inspección de aeronavegabilidad.

La última tarea de mantenimiento se le había efectuado el día del Incidente Grave, consistente en la confirmación de falla del TSM TASK 32-51-00-810-811-A – *Failure of the Nosewheel Steering Feedback Sensor (Control Channel)*.

Una vez confirmada la falla, la cual continuó apareciendo con mensaje ECAM WHEEL N/W STRG FAULT, el personal de Mantenimiento optó por no realizar ninguna acción de mantenimiento adicional, y despachar la aeronave bajo MMEL ítem 32-51-01A, con la desconexión e inoperatividad del sistema de control del tren de nariz.

1.6.2 Tren de aterrizaje de nariz (NLG)

Parte Número:	D23757500-9
Serie:	12B13896
Fecha instalación:	3,497:27 h
TSN:	22,161.35 h
CSN:	20,200
Último Servicio:	26 noviembre 2018

El tren de nariz fue removido de la aeronave CC-BFD (SN 0524) en septiembre de 2018. (Task BC T008DRA). Se le efectuó reparación general en noviembre de 2018. Fue instalado en la aeronave CC-BAS en enero de 2019.

Los sensores del RDVT y los arneses eléctricos no habían tenido reparación u otra acción de mantenimiento.

1.6.2.1 Funcionamiento del tren de aterrizaje de nariz (NLG)

El tren de nariz de aterrizaje del equipo Airbus A320, incluye un amortiguador oleoneumático y se retrae hacia adelante en una bahía en el fuselaje. El sistema incluye un mecanismo que controla la dirección que es accionado hidráulicamente.

El conjunto del tubo deslizante, que incluye el eje de la rueda, está inclinado 9 grados hacia adelante. Como resultado de esta geometría NLG, cuando se gira a 90°, solo el neumático trasero está en contacto con la pista, tal como se muestra en la fotografía No. 2.

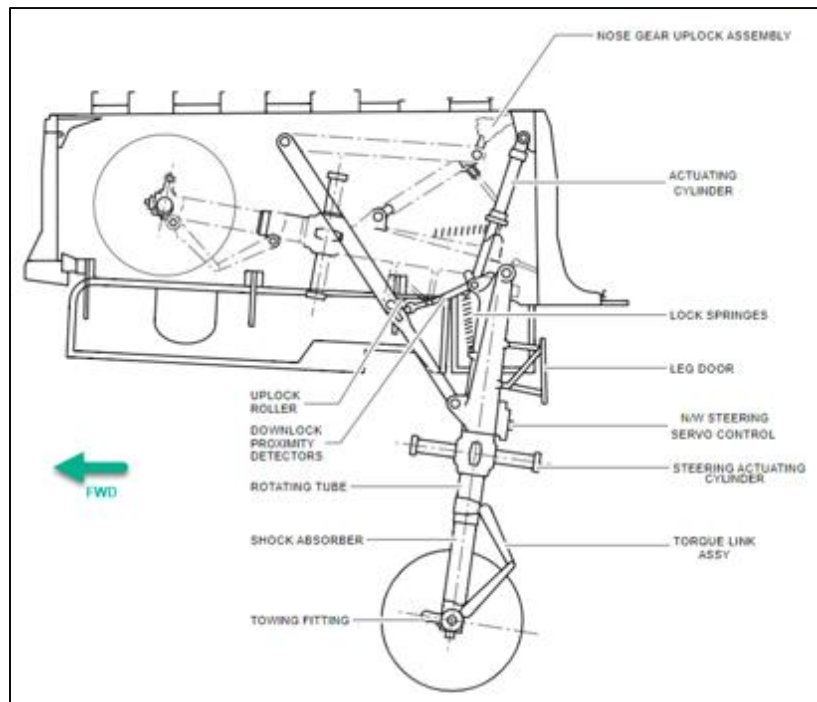


Figura No. 1 – Vista esquemática del tren de nariz – Fuente Airbus.



Fotografía No. 2 – Geometría de contacto de las ruedas cuando el NLG se gira a 90° - Fuente: Airbus.

La extensión y retracción del sistema del tren de aterrizaje es eléctricamente controlada e hidráulicamente operada.

El sistema eléctrico cuenta con una palanca de control del tren de aterrizaje, dos Unidades de Interfaz de Control y Tren de Aterrizaje (LGCIU), una válvula selectora electrohidráulica

de engranajes, una válvula selectora electrohidráulica para las compuertas, 32 sensores de proximidad con sus objetivos, y un conjunto de indicadores luces.

El sistema de control eléctrico tiene dos subsistemas; cada uno se rige por una LGCIU separada. En un momento dado, una LGCIU está en modo CONTROL y la otra en modo de MONITOREO (utilizando los datos de los respectivos sensores de proximidad).

Los componentes hidromecánicos incluyen tres cilindros de accionamiento de engranajes, tres cilindros de accionamiento de puertas, tres bloqueos de engranajes, tres bloqueos de puertas, tres válvulas by-pass de puertas (función de apertura desde el suelo para la puerta), un actuador en el NLG de liberación de bloqueo durante extensión, y dos cilindros actuadores de bloqueo del MLG. Para este avión, el sistema hidráulico verde proporciona la energía hidráulica para operar el tren de aterrizaje.

Al mover la palanca de control del tren de aterrizaje en cabina, la LGCIU envía una señal al conjunto de válvulas electrohidráulicas. Los sensores de proximidad envían señales a la LGCIU, lo que garantiza que los trenes de aterrizaje funcionen en la secuencia correcta. El NLG se retrae hacia adelante en una bahía en el fuselaje y se centra hacia adelante y hacia atrás.

Cuando el NLG está en la posición retraída/bloqueada hacia arriba, hay espacio libre alrededor de las ruedas. Por lo tanto, si falla el centrado mecánico de las ruedas, las ruedas pueden girar una cierta cantidad (aproximadamente 20 grados) hasta que hagan contacto con el techo de la bahía NLG.

Las pruebas de Airbus han demostrado que, incluso con esta cantidad de rotación, el tren aún logrará una caída libre, por lo que el tren no se atascaría en la bahía. Después de la retracción en el despegue, si las ruedas del NLG se desvían de su posición centrada mecánicamente mientras están en el compartimiento del tren de aterrizaje, se encenderá una luz de advertencia L/G SHOCK ABSORBER FAULT.

Hay un par de sensores de proximidad con sus objetivos en el NLG, que detectan si el tren está extendido (avión en el aire) o si está comprimido (avión en tierra). Los sensores de proximidad también indican que las ruedas están alineadas hacia adelante y hacia atrás. Si las ruedas no están alineadas, se impide la retracción.

Cuando el NLG está completamente extendido mientras está en vuelo, los sensores detectan los objetivos como “cercanos”.

Cuando el NLG se comprime, los objetivos se alejan de los sensores (objetivo lejano), estableciendo la condición de tierra/compresión.

El conjunto del tren de aterrizaje de nariz (NLG) lo compone un amortiguador en la estructura del NLG, y, en su parte inferior el eje de la rueda. Estos componentes absorben las tomas de contacto en el aterrizaje, y amortiguan las oscilaciones durante el rodaje. La parte superior del amortiguador está unida a la estructura del tren de aterrizaje hacia la estructura de la aeronave. El centrado de la rueda se realiza al final de la fase de extensión del amortiguador mediante dos levas que centran el mismo.

En la parte superior del NLG hay un conjunto de soporte superior. Un par de orejetas antirrotación en la parte superior interna del amortiguador se engranan con unas ranuras en el conjunto de soporte superior.

Cuando éstas se engranan, las orejetas del conjunto de soporte superior ayudan a conectar el amortiguador NLG a la estructura del NLG. Su objetivo es mantener la relación adecuada entre el amortiguador y el conjunto del tren de aterrizaje en el eje longitudinal.

1.6.2.2 Sistema Nose Wheel Steering

El tren de nariz tiene un sistema que direcciona las ruedas el cual es operado a través de un cilindro de accionamiento hidráulico. El sistema hidráulico amarillo suministra la presión al cilindro, y, las señales eléctricas de la Unidad de control de dirección y frenos (BSCU), lo controlan. La BSCU recibe señales del control de dirección de la cabina, de los pedales o del Piloto Automático.

La BSCU transforma estas señales en un ángulo de dirección de las ruedas, que se encuentran limitadas de acuerdo con la velocidad de la aeronave y el origen de las señales.

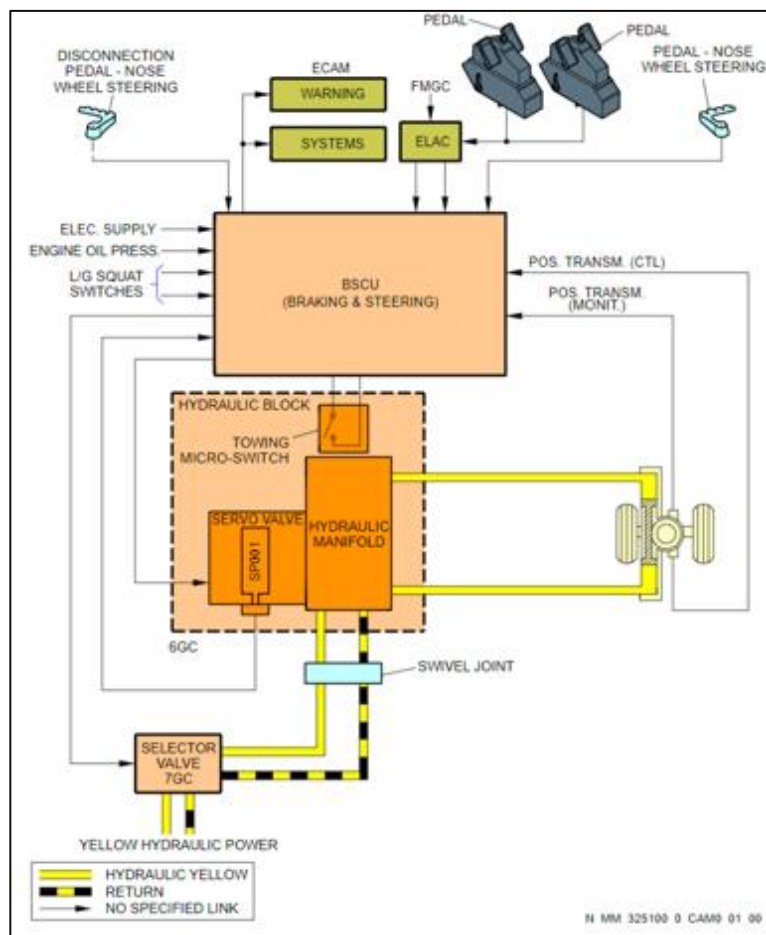
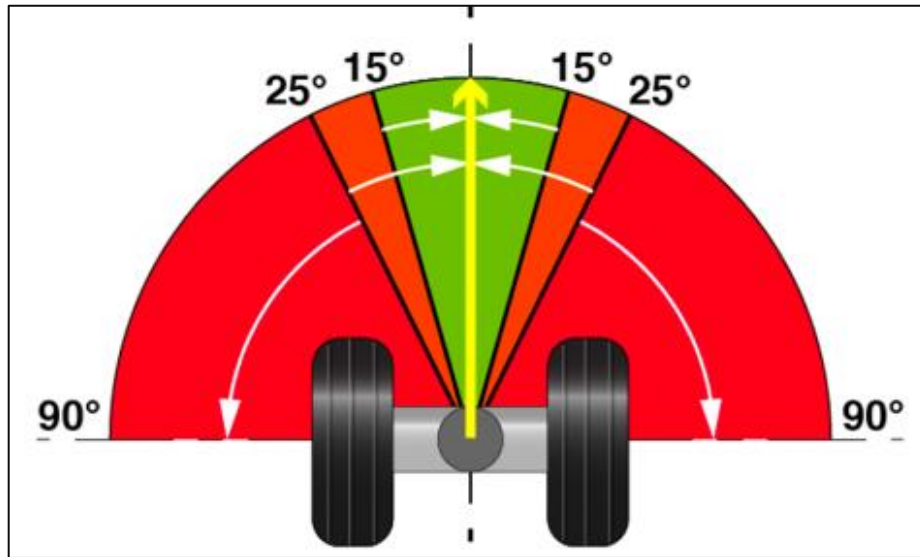


Figura No. 2 – Principio de funcionamiento del NWS – Fuente: Airbus.

1.6.2.3 Modo “Free-to-Castor”

Cuando el NWS no está operativo (lo que significa que el sistema no suministra energía hidráulica), las ruedas se encuentran en modo de giro libre.



En este modo, en ausencia de esfuerzo lateral, las ruedas NLG volverán a 0° después de girar 15° de ángulo de dirección, debido al efecto de auto centrado que ofrece el ángulo vertical del engranaje del tren. Entre 15° y 25°, las ruedas volverán a 0°, pero con más dificultad. Si el ángulo NWS supera los 25°, las ruedas NLG girarán hacia 90°, en ausencia de una fuerza lateral opuesta.

1.6.2.4 Unidad de Sistema de Control de Dirección y Frenos Brake & Steering Control System Unit – (BSCU)

Parte Número:	E2132710
Serial:	6793
TSN:	25,204.2 h
CSN:	23,280

El avión Airbus modelo A320 tiene un sistema de dirección NLG controlado eléctricamente por una BSCU, y accionado hidráulicamente por el módulo de control de dirección y dos actuadores. Cuando se mueve el timón en cabina, o los pedales, la BSCU calcula y envía eléctricamente comandos de dirección a una servo válvula, contenida dentro del módulo de control de dirección, para posicionar hidráulicamente el conjunto de la rueda del NLG en la posición ordenada.

La BSCU recibe señales eléctricas de retroalimentación de la posición del NLG a través de sensores instalados en el NLG y de un sensor que monitorea la posición de la servo válvula del módulo de control de dirección. Cuando el NLG y el MGL están extendidos con sus respectivas puertas cerradas, el módulo de control de dirección de la rueda de morro se energiza y aplica presión hidráulica a la servo válvula de dirección. Sin embargo, la presión hidráulica no estará disponible para el módulo de control de dirección hasta que se ordene el cierre de todos los engranajes de las puertas.

La BSCU también controla el freno de parqueo y aplica el frenado a las ruedas principales durante la retracción del tren de aterrizaje.

El BSCU se compone de dos sistemas, con dos fuentes de alimentación distintas (115V 400 Hz). El Sistema 1 y el Sistema 2, también llamados BSCU 1 y BSCU 2, son funcionalmente idénticos. Estos sistemas están aislados uno de otro.

Solo un sistema (el sistema activo) controla el funcionamiento del sistema de dirección. El otro sistema (el sistema de reserva) está disponible si el sistema activo se vuelve inservible.

Si están disponibles, los dos sistemas supervisan el funcionamiento del sistema de dirección. Cada sistema, 1 y 2, tiene dos canales: Control (COM) y Monitoreo (MON).

Cada canal tiene su propia fuente de alimentación (+ 5V, más o menos 15V) y adquisición de módulos. Un canal de control asegura las funciones de “esclavo” dependiente y produce las corrientes que son enviadas a los componentes electrohidráulicos.

Un canal de monitoreo se interrelaciona con el canal de control a través de una barra de interfaz, y monitorea el canal de control.

1.6.2.5 Prueba funcional de dirección

Durante cada vuelo antes del aterrizaje, la BSCU ordena una prueba funcional de la dirección, con el fin de comprobar el buen funcionamiento de los equipos hidráulicos que manejan presión, y de los componentes de control electrónico del sistema BSCU.

La BSCU genera señales de ángulo de referencia de baja amplitud y monitorea la respuesta de dirección de la rueda de morro, a través de la posición de retroalimentación recibida de los sensores de dirección (RVDT 3GC y 4GC).

La prueba funcional de la dirección comienza cuando los trenes están extendidos y asegurados. Esta prueba funcional la realiza el BSCU activo (BSCU1 o BSCU2).

1.6.2.6 Selección del sistema activo BSCU

Cada vez que se energiza, el primer sistema alimentado toma el control. La exclusión entre los dos sistemas está garantizada por el software; y si los dos sistemas se están supliendo de energía simultáneamente, la BSCU1 tiene prioridad.

Después de cada prueba funcional de la dirección, la BSCU realiza un registro en su memoria, identificando cuál sistema estaba activo durante el aterrizaje. Antes de la siguiente extensión del tren de aterrizaje, la BSCU lee su memoria y activa el sistema que estaba en modo de espera durante el aterrizaje anterior.

La memoria de la BSCU se borra en caso de que la aeronave se apague en tierra o si se reinicia la BSCU se realiza a través del interruptor A/SKID&STRG, o a través de los CB de la BSCU (28V y 115V).

1.6.2.7 Enlaces entre BSCU y sensores de dirección RVDT 3GC y 4GC

Cada sistema (BSCU1 y BSCU2) está conectado a dos cajas de sensores de dirección idénticos, llamadas RVDT (3GC y 4GC).

Las RVDT, montadas en la estructura del tren de aterrizaje, dan la posición del tubo giratorio del tren de aterrizaje de nariz.

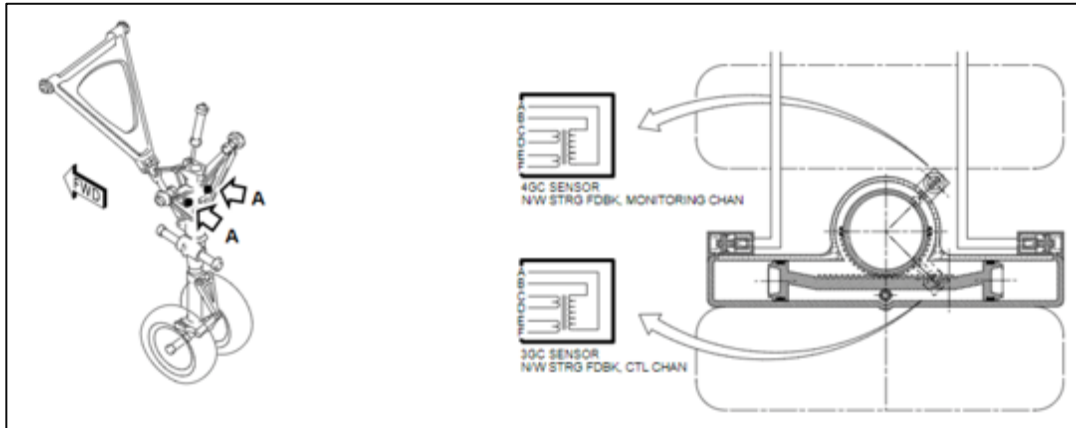


Figura No. 3 – Ubicación de los RVDT 3GC y 4GC en el tren de aterrizaje nariz y relación con componente giratorio.

El sensor 3GC es utilizado por el canal COM de cada sistema BSCU (BSCU 1 y BSCU 2).

El sensor 4GC es utilizado por el canal MON de cada sistema BSCU.

1.6.2.8 Descripción de los sensores del NWS – RVDT (3GC y 4GC)

El sensor RVDT es un componente electromecánico que mide mecánicamente la posición angular del tren de aterrizaje de nariz.

Cada sensor RVDT es alimentado por la BSCU con 26 V 400 Hz, producidos a partir de los 115 V de la aeronave. Esto se logra mediante un transformador ubicado en la sección trasera del BSCU. El sensor RVDT luego proporciona a la BSCU dos voltajes secundarios, que son proporcionales al ángulo de rotación del dispositivo mecánico.

1.6.2.1 Arnés eléctrico superior 1M

El arnés eléctrico superior 1M asegura el enlace final entre la BSCU y el RVDT COM 3GC.

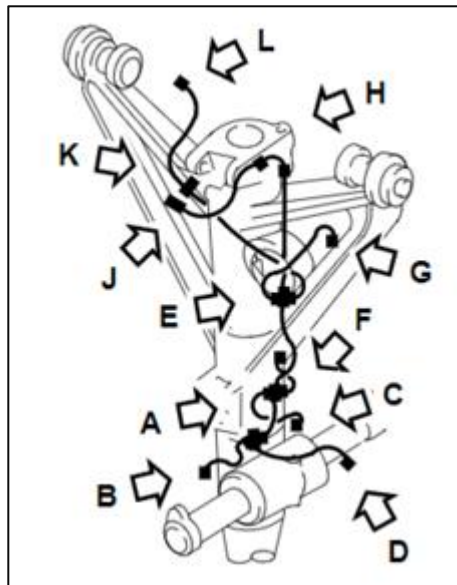


Figura No. 4 – Arnés eléctrico superior 1M

1.6.3 Procedimientos Operacionales y de mantenimiento

1.6.3.1 QRH – Aterrizaje con posición anormal del tren de aterrizaje

Este procedimiento está diseñado para utilizarse cuando el tren de aterrizaje de nariz o el tren de aterrizaje principal no se extienden, y/o existe un bloqueo tras la aplicación del procedimiento L/G GRVTY EXTN.

Tal como se menciona en el QRH, no se aplica este procedimiento cuando al menos se muestre un triángulo verde en cada tren de aterrizaje en la página WHEEL SD. Esto es suficiente para confirmar que el tren de aterrizaje está abajo y asegurado.

En este suceso, todos los trenes de aterrizaje, y en particular el tren de aterrizaje de nariz, se encontraban desplegados y asegurados.

No obstante, la tripulación decidió aplicar el procedimiento QRH como medida de precaución, con base en la información que tenían (varios elementos del tren de nariz, desprendidos en el despegue, y ubicados en la pista, según reporte del ATC).

1.6.3.2 Procedimiento Anormal FCOM – N/W STRG FAULT

WHEEL N/W STRG FAULT (Cont'd)	
Ident.: PRO-ABN-WHEEL-AF-00018712.0001001 / 21 MAR 16	
Crew awareness.	
Ident.: PRO-ABN-WHEEL-AF-00018713.0001001 / 21 MAR 16	
<p>L12</p> <p>CAT 3 SINGLE ONLY See ⁽¹⁾</p>	<p>STATUS</p> <p>—</p> <p>INOP SYS</p> <p>CAT 3 DUAL N/W STRG</p>
<p>⁽¹⁾ Note:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. If the L/G SHOCK ABSORBER FAULT is also displayed, then the nose wheels may be at maximum deflection (turned 90 ° from center). During landing, delay nose wheel touchdown as long as possible. 2. Automatic rollout is not permitted (Refer to QRH/OPS Required Equipment for CAT2 and CAT3). 	

1.6.3.3 Procedimiento Anormal FCOM – L/G SHOCK ABSORBER FAULT

L/G SHOCK ABSORBER FAULT (Cont'd) (SHOCK ABSORBER NOT EXTENDED AFTER LIFTOFF)	
Ident.: PRO-ABN-LG-A-00011059.0003001 / 17 NOV 20	
L12	
<p>● If L/G not uplocked:</p> <p>MAX SPEED.....280/.67</p> <p>L/G.....KEEP DOWN</p> <p>FUEL CONSUMPT INCRSD</p> <p>FMS PRED UNRELIABLE</p> <p>See ⁽¹⁾</p>	<p>STATUS</p> <hr/> <p>INOP SYS</p> <p>L/G RETRACT</p>
<p>⁽¹⁾ If the flight is continued (to destination or to alternate) with landing gear extended:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disregard FMS fuel predictions. Refer to QRH/OPS Fuel Penalty Factors/ECAM Alert Table in order to find the applicable Fuel Penalty Factor - Disregard FMS altitude and speed predictions. Time predictions are only valid in cruise - Do not use the managed speed mode (except in approach) - Do not use the CLB and the DES autopilot modes. <p><u>Note:</u> In few cases, autothrust and autopilot may also be lost. If WHEEL N.W. STEER FAULT is also displayed, then the nose wheels may be at maximum deflection. (Turned 90 ° from center.) During landing, delay nose wheel touchdown for as long as possible.</p>	

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

1.6.3.4 MEL del Operador, Ítem 32-51-01 Marzo 2022

El despacho bajo MEL ítem “Nose Wheel Steering Inoperative” (Sistema de control de dirección inoperativa) se encontraba vigente el día del evento.

32-51-01	Nose Wheel Steering Control System		
Ident.: MI-32-51-00007755.0002001 / 22 MAY 19 Applicable to: ALL			
32-51-01A			
Repair interval	Nbr installed	Nbr required	Placard
A	1	0	Yes

(o) May be inoperative for three flights provided that:

- 1) The failure is detected by the BSCU (the **WHEEL N/W STRG FAULT** alert is displayed on the EWD), and
- 2) The runway width at departure and arrival airports is at least 45 m, and
- 3) The runway is not contaminated, and
- 4) The crosswind component is below 20 kt at departure and arrival airports.

Note: For nose wheel steering offset, Refer to FCOM/PRO-NOR-SUP-LG L/G Operation with Nosewheel Steering Offset.

----- Reference(s) -----

(o) Refer to OpsProc 32-51-01A Nose Wheel Steering Control System

32-51-01A	Nose Wheel Steering Control System
Ident.: MD-32-51-00009009.0006001 / 28 JUN 11 Applicable to: ALL	

GENERAL INFORMATION

The electrical and hydraulic control of NWS is inoperative. Do not reset the **WHEEL N/W STRG FAULT** alert with A/SKID & N/W STRG selector . The **WHEEL N/W STRG FAULT** alert indicates that no hydraulic pressure is applied on the NWS actuator.

FLIGHT PREPARATION/LIMITATIONS

Dispatch is not permitted from (or to) contaminated runways.
 Maximum crosswind component for takeoff and landing: 20 kt.
 Maximum landing capability is CAT 3 SINGLE.

Note: the automatic roll out is not permitted (Refer to QRH/OPS Required Equipment for CAT2 and CAT3).

- **For operations with crosswind component above 5 kt:**
 Reduce maximum takeoff performance limiting weight by 1 000 kg (2 200 lb)

DURING TAXI

Taxiing Procedure:

- Avoid high thrust settings, taxi speed limited to 20 kt .
- Check brakes temperature (if available) before takeoff.
 If necessary, set the BRAKES FAN pb-sw to ON.
- Minimum speed of 5 kt is required to initiate a turn.
- Apply asymmetrical thrust in straight taxi to compensate crosswind and differential braking for taxi and line up as required.
- Avoid sharp turns and use maximum width of the runway.
- Do not apply too high asymmetrical thrust to avoid that nose landing gear get stuck to full travel (90 °) (in that case release the aircraft by towing).

1.6.4 Motores

Marca:	CFM
Modelo:	CFM56-5B4/3
Serie:	No. 1 – 849219, No. 2 – 849374

1.7 Información Meteorológica

El informe meteorológico (METAR) emitido en el aeródromo Rionegro (SKRG) indicaba para las 20:00 UTC del 29 de marzo de 2022 siguiente: viento de los 120 grados con una intensidad de 04 nudos; visibilidad mayor a 10 km; cobertura de nubes dispersas a un techo de 2,000 ft AGL; presencia de torre cúmulo; y nubosidad fragmentada a 8,000 pies AGL.

La temperatura reportada correspondía a 20°C y la temperatura de punto de rocío a 13°C; el QNH era 30.19InHg o 1,022 HPa. Como observaciones, los torre cúmulos se encontraban ubicados al E, S y N. La pista se encontraba seca.

Las condiciones meteorológicas no tuvieron incidencia en la ocurrencia del Incidente Grave.

1.8 Ayudas para la Navegación

El vuelo se desarrolló bajo reglas de vuelo instrumentales (IFR). Posteriormente a la rotación la tripulación programó sobrevuelo en referencia a puntos RNAV, sin novedad. La aproximación y el aterrizaje se efectuaron con referencia al Sistema de Aterrizaje por Instrumentos ILS de la pista 01 de SKRG, que se encontraba operativo al momento del Incidente Grave.

1.9 Comunicaciones y Tránsito Aéreo

La aeronave mantuvo comunicaciones permanentemente con las dependencias ATC de Torre Rionegro (TWR RNG, 118.1 MHz) y Medellín Aproximación (MDE APP, 121,1MHz). Las comunicaciones se realizaron teniendo en cuenta la normatividad vigente de radiofonía sin evidenciar discrepancias en la transmisión y recepción.

Esta condición no tuvo incidencia en la ocurrencia del Incidente Grave.

1.10 Información del Aeródromo

La aeronave efectuó el aterrizaje y el despegue desde el aeropuerto Internacional José María Córdoba (IATA: RNG – OACI: SKRG) ubicado en el Municipio de Rionegro – Antioquia.

El aeródromo, se encuentra localizado en coordenadas N06°09'52,06" W075°25'22,80" a una elevación de 7,025 pies; cuenta con una pista de orientación 01/19 de 3,500 m de largo por 45 m de ancho.

Al momento del Incidente Grave 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 al momento del Incidente Grave. Así mismo, contaba con señales de demarcación en calles de rodaje y pista.

Las condiciones de la infraestructura del aeródromo no tuvieron incidencia en la ocurrencia del Incidente Grave.

El suceso, con el avión incidentado en la pista, ocasionó un cierre prolongado de las operaciones del aeródromo, hasta que fue posible retirar la aeronave de manera segura.

1.11 Registradores de Vuelo

La aeronave contaba con un DCVR y un DFDR. Una vez ocurrido el evento, fueron recuperados los registradores en buena condición. Fueron enviados el 09 de abril de 2022 a los laboratorios de la Bureau d'Enquêtes et d'Analyses (BEA), Francia, para su descarga.

1.11.1 Registrador de Datos de Vuelo - DFDR

El DFDR Honeywell HFR5-D, PN: 980-4750-002, SN: 05112, se examinó visualmente y se encontraba en buenas condiciones. El DIACC había retirado el ULB. Todos los sellos estaban presentes e intactos.

El equipo se descargó satisfactoriamente. El archivo descargado contenía un total de 96.320 segundos de datos (aproximadamente 26 horas).

La extracción de los datos de vuelo permitió conocer la trayectoria de vuelo realizada por la aeronave en los vuelos SKPE – SKRG y SKRG – SKRG, incluyendo el sobrevuelo efectuado ante la falla presentada después del despegue.

Dentro de los datos de vuelo analizados e importantes para la investigación se encontraron los ejes de vuelo, las aceleraciones, los parámetros de compresión y descompresión de los trenes de aterrizaje, los ángulos del NWS y el funcionamiento de las BSCU 1 y 2, entre otros.

Un detalle completo de los datos de vuelo en cada fase, e información relevante para la investigación se presentan en el numeral 2.2 del presente informe.

Las gráficas de interés detalladas se encuentran anexas al presente informe de investigación.

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO



Imagen No. 1 – Vuelo SKPE – SKRG, CC-BAS.



Imagen No. 2 – Vuelo SKRG – SKRG, CC-BAS.

1.11.2 Reportes de Vuelo PFR

El PFR recuperado en la investigación arrojó los siguientes mensajes:

Phase	Date Time	Source	Title
02-ENG START	29 Mar 22 - 19:24	AFS	AFS:BSCU2
02-ENG START	29 Mar 22 - 19:24	BSCU 1	STEERING FEEDBACK CONTR...
02-ENG START	29 Mar 22 - 19:24	BSCU 2	STEERING FEEDBACK CONTR...
02-ENG START	29 Mar 22 - 19:24		WHEEL N/W STRG FAULT
05-LIFT OFF	29 Mar 22 - 19:34		L/G SHOCK ABSORBER FAULT
05-LIFT OFF	29 Mar 22 - 19:35	LGCIU 2	N LG EXT PROX SNSR(25GA)...
05-LIFT OFF	29 Mar 22 - 19:35		AUTO FLT A/THR OFF
05-LIFT OFF	29 Mar 22 - 19:35		AUTO FLT AP OFF
06-CRUISE	29 Mar 22 - 20:01		NAV GPWS FAULT

1.11.3 Registrador de Voces de Cabina - DCVR

El DCVR Honeywell 6022, PN: 980-6022-001, SN: 120-08565, fue examinado visualmente. Estaba en buenas condiciones. La DIACC había retirado el ULB. Todos los sellos técnicos estaban presentes e intactos.

El proceso de descarga fue satisfactorio. Se encontró que la grabación de audio era de buena calidad. Contenía el final del vuelo entre SKPE a SKRG y todo el vuelo realizado cuando ocurrió el evento en pista en el despegue hacia SKCG hasta el aterrizaje en SKRG.

A excepción de los procedimientos operativos y listas de chequeo, todas las conversaciones se llevaron a cabo en idioma español.

Se realizó una primera escucha en presencia del IIC y del ACCREP Francesa para validar que la grabación del CVR fuese la del evento. Luego, un analista de BEA con la ayuda del Asesor Técnico del Operador realizó una escucha completa de los datos de audio de CVR para producir la cronología de eventos de CVR.

El Presente informe contiene un extracto de las grabaciones sostenidas durante la ocurrencia del evento, que se presenta como un anexo.

1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto

La aeronave se encontró ubicada sobre la pista, en dirección 01-19, en coordenadas N06°10'20.00" – W075°25'23.00", cerca de la calle de rodaje Echo, a 2,527 m de la cabecera 01 y a 2,104 m de la TDZ, a una elevación de 6,999 pies.

La aeronave se encontraba soportada en sus trenes principales y sobre la estructura del tren de nariz, con las ruedas del tren de nariz giradas hacia la derecha.

De acuerdo con la inspección de campo, a 610 m de la cabecera 01 se encontró el punto de aterrizaje de los trenes principales. 1,304 m más adelante se evidenció la toma de

contacto del tren de nariz, y, posteriormente a 680 m, se encontraba el punto en donde se detuvo la aeronave. Las ruedas del tren de nariz quedaron posicionadas en la prolongación de la pista 01-19.

No se evidenció el desprendimiento de partes o evidencias de marcas de fuga sobre la superficie de la pista.

A 22 m de la cabecera 01 se encontró el inicio de una marca de caucho de neumático que pertenecía al NLG de la aeronave.

El RAT en la aeronave se encontraba desplegado.



Fotografía No. 3 – Distancias generales de tomas de contacto en pista 01/19 - CC-BAS

De la aeronave, fueron removidos el BSCU y el tren de nariz incluidos el RVDT3GC, RVDT 4GC, los arneses eléctricos 1M y 2M con sus conectores.

Después de que la aeronave fuera liberada de la investigación por DIACC, se le instaló un nuevo tren de aterrizaje de nariz, con sus respectivos RVDT y arneses eléctricos; y fue puesta en servicio con su BSCU. No fueron reportados eventos de NWS posteriormente.

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO



Fotografía No. 2 – Distancias generales de tomas de contacto en pista 01/19 - CC-BAS

1.13 Información médica y patológica

La tripulación al mando contaba con sus certificados médicos vigentes y no tenía ninguna limitación para su desempeño operacional. Después de ocurrido el suceso, no se evidenciaron lesiones en la tripulación ni los ocupantes.

No se encontraron aspectos físicos o psicológicos dentro de la investigación, que tuvieran incidencia en el evento.

1.14 Incendio

Durante la abrasión de la llanta y el rin del tren de nariz contra la superficie asfáltica de la pista se generaron chispas y una pequeña deflagración sin generar incendio. El equipo SEI del aeródromo controló la situación aplicando agente retardante.

1.15 Aspectos de supervivencia

El Incidente Grave permitió la supervivencia. No se registraron elevadas desaceleraciones durante el aterrizaje.

La tripulación de vuelo y de cabina de pasajeros efectuaron los procedimientos correspondientes para el aterrizaje de emergencia, de acuerdo con la incertidumbre de la tripulación sobre la posición real o carencia de la estructura del tren de aterrizaje.

El capitán se comunicó con la tripulación de cabina y con los pasajeros. El Piloto ordenó a la tripulación de cabina mover pasajeros de la parte frontal hacia la parte posterior, lo más posible, de la aeronave.

Los tripulantes de cabina permanecieron en sus puestos definidos por el comandante, hasta que después del aterrizaje, se confirmó que no había fuego. Tras esta notificación, los pasajeros desembarcaron con normalidad a través de escaleras que fueron traídas hasta el sitio en donde se detuvo el avión.

1.16 Ensayos e investigaciones

1.16.1 Inspección de la Unidad de Control Direccional y Frenado (BSCU), el RVDT 3GC y el arnés eléctrico 1M

La Unidad de Control de Dirección y Frenado (BSCU), P/N E21327107 y S/N 6793, fue retirada después del evento y enviada a las instalaciones de Safran Electronics and Defence, en Francia, con la asistencia de Airbus y la BEA.

Se efectuaron pruebas e inspecciones a:

- BSCU(10GG) P/N E21327107- S/N 6793
- Caja de sensores RVDT COM (3GC) P/N E21336000 S/N 20967 or 20953
- Arnés eléctrico 1M upper P/N D23627000 S/N B7052

El propósito de los exámenes era determinar la causa raíz de la pérdida de función del NWS. Durante la fase en tierra de los vuelos LA4385 y LA4292 (SKBO – SKPE – SKRG) tal, como se indica en el reporte PFR, la pérdida de la función de dirección de la rueda del

tren de nariz fue el resultado de la activación de un monitoreo que la BSCU realiza en las entradas de voltaje recibidas del sensor de posición de dirección RVDT 3GC.

La activación de este monitoreo se identifica en el TSD del BSCU con el Código de Falla (FC) T730, y en el PFR con el mensaje STEERING FEEDBACK CONTROL SENSOR (3GC).

La lógica de monitoreo del T730 tiene como objetivo la detección fuera de rango de uno o ambos voltajes secundarios provenientes del sensor RVDT 3GC.

Cuando el monitoreo T730 se activa dentro de la BSCU que está en control, esto conduce a lo siguiente:

- La BSCU corta la energía hidráulica a la servo válvula del NWS,
- Las ruedas del tren de nariz están, por lo tanto, en modo “free-to-castor”,
- La BSCU envía señal de pérdida de NWS tan pronto como el sistema hidráulico está activado (activa el “ECAM WHEEL N/W STRG FAULT”).

El RDVT 3GC es alimentado eléctricamente por la BSCU, y el RVDT devuelve dos voltajes secundarios (U1 y U2). La BSCU calcula el ángulo del NWS en función de los valores de los voltajes secundarios.

U1+U2 permanece constante mientras que U1 y U2 evolucionan en función de la rotación del NLG.

El monitoreo T730 se activa cuando U1+U2 hay voltajes inferiores a 5V por más de 300ms. Esto es realizado por ambas BSCU, ya sean activas o pasivas. Luego, la falla se bloquea en la BSCU hasta que se haga reinicio.

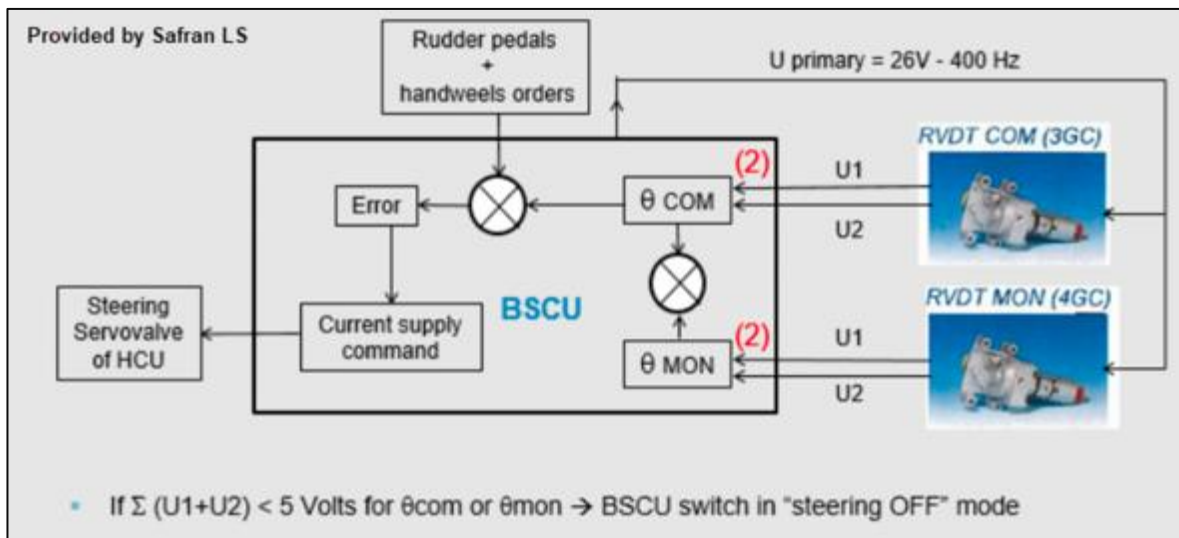


Figura No. 5 – Relación funcional entre el BSCU y el RVDT's

1.16.2 Resultados de inspección

Las partes involucradas en este monitoreo son: la computadora BSCU (que incluye el Sistema 1 y el Sistema 2), el sensor RVDT 3GC y los arneses eléctricos instalados entre ellos.

Estas tres partes fueron examinadas en las instalaciones de Safran LS, según el plan de pruebas de esta industria, acordado con DIACC y BEA.

Los principales resultados de la inspección fueron los siguientes:

- La BSCU se encontró funcionando adecuadamente. En particular, se probó que la fuente de alimentación proporcionada por la BSCU al RVDT 3GC era nominal.
- El TSD del BSCU indica que el monitoreo de BSCU se activó antes del arranque del motor, en ambos casos (Vuelo LA4385 y Vuelo LA4292).
- No se encontró bloqueo mecánico o falta de rendimiento en el RVDT 3GC.
- No se evidenció ningún defecto eléctrico en el RVDT 3GC. En particular, los valores de voltaje (U1 y U2) evolucionaron como se esperaba, para todo el rango de ángulos de NWS.
- No se encontró defecto de aislamiento ni discontinuidad en el arnés. El RVDT 3GC y el arnés 1M se probaron juntos. No se observaron fluctuaciones de tensión, incluso al sacudir la instalación.

NOTA: El arnés 1M es la parte de cableado ubicada en el NLG. La parte de cableado que quedó en la aeronave fue revisada mediante pruebas eléctricas y también mediante pruebas funcionales de dirección de la rueda del tren de nariz.

De acuerdo con la conclusión de los ensayos realizados, no se encontraron fallas en su operación. El análisis por parte de Safran Landing Systems no permitieron explicar la activación del código de falla 730.

Es probable que la discrepancia en el monitoreo del BSCU a las entradas de voltaje fuese causado por una discontinuidad eléctrica transitoria en los voltajes secundarios enviados por el RVDT 3GC.

1.17 Información orgánica y de dirección

El Operador aéreo es una organización aeronáutica dedicada al transporte público aerocomercial troncal de pasajeros y carga. La organización cuenta con un Certificado de Operación válido y vigente para el desarrollo del vuelo con vigencia indefinida.

En su estructura organizacional, cuenta con un Gerente de Seguridad Operacional dependiente de la alta dirección de la compañía y desarrolla procesos proactivos y predictivos de altos estándares de calidad. El Sistema de Gestión de Seguridad Operacional, se encontraba aceptado por parte de la Autoridad de Aviación Civil de Colombia.

El Departamento de SMS del Operador trabajó junto con el equipo de investigadores de la DIACC designando un Asesor quién apoyó la verificación de los procedimientos establecidos en el FCOM y en el QRH.

1.18 Información adicional

1.18.1 Evidencias de CCTV del aeródromo

La investigación contó con los registros de CCTV del aeródromo José María Córdoba (SKRG). Dentro de los registros, se observaron las maniobras de aproximación, aterrizaje y rodaje de la aeronave CC-BAS.

A las 19:33 UTC, los registros muestran la carrera de despegue del CC-BAS para efectuar el vuelo SKBO – SKCG. En el registro, se evidenció el humo producido por la abrasión del tren de nariz sobre la superficie de la pista.



Fotografía No. 4 – Fotograma de la carrera de despegue SKRG / SKCG aeronave CC-BAS.

A las 20:14:55 UTC, se registró la aeronave durante la toma de contacto de los trenes principales con la pista y es visible el posicionamiento del tren de nariz girado a 90 grados.



Fotografía No. 5 – Fotograma de momento del aterrizaje de emergencia aeronave CC-BAS en SKRG.

A las 15:15:01 UTC, el registro evidenció la toma de contacto del tren de nariz de la aeronave CC-BAS y la abrasión posterior generada.



Fotografía No. 6 – Fotograma de la toma de contacto del tren de nariz aeronave CC-BAS.



Fotografía No. 7 – Fotograma de deslizamiento y abrasión de la estructura del tren de nariz, aeronave CC-BAS.

1.18.2 Flight Operations Transmission (FOT) y Service Bulletin (SB)

Una Transmisión para Operaciones de Vuelo (*Flight Operations Transmission*), FOT, se utiliza para proporcionar a todos los operadores (de un tipo de aeronave determinado) información sobre problemas operativos significativos.

Es el medio de comunicación preferido de Airbus para llegar a los departamentos de Operaciones de Vuelo de las aerolíneas. Normalmente, se envía un FOT a las aerolíneas cuando se debe actualizar la documentación operativa (FCOM, MMEL, QRH...).

Un Boletín de Servicio (*Service Bulletin*), SB, es un documento técnico detallado, enviado al departamento de Ingeniería de las aerolíneas, en el cual se indica la forma de implementar una modificación (software, hardware, cableado...).

Este documento va acompañado de las piezas y material necesarios para realizar una modificación o para realizar una inspección en las aeronaves que se encuentran en servicio.

1.18.3 Flight Operations Transmission (FOT) 999.0016/12

En marzo de 2021, había ocurrido un suceso a una aeronave A320, que fue despachada utilizando el MMEL 32-51-01, resultando que el tren de nariz NLG giró a 90 ° durante viraje realizado en la pista antes del despegue.

Si bien se determinó que este evento había sido el resultado de la aplicación incorrecta del procedimiento operativo MMEL, Airbus decidió prohibir el despacho de las aeronaves con la dirección de la rueda del tren de nariz inoperativa por consideraciones operativas; y, por lo tanto, eliminó el artículo 32-51-01 del EASA A320 MMEL.

Es así como el 17 de febrero de 2022 se publicó la Transmisión Operativa de Vuelo - *Flight Operations Transmission* - FOT 999.0016/22, que actualizaba el artículo MMEL 32-51-01 "Nose Wheel Steering System" a NO GO.

El Operador recibió la actualización de la MMEL en febrero de 2022, y el evento ocurrió el 29 de marzo de 2022, dentro del plazo permitido por la Autoridad Aeronáutica de Colombia (60 días) para actualizar el MEL de acuerdo con la MMEL.

En investigaciones adicionales se encontró que, bajo la normativa EASA, el plazo concedido para actualizar el MEL de acuerdo con la MMEL, es de 90 días.

La FOT se emitió no por una condición insegura, sino por consideraciones operativas. Por lo tanto, esta actualización de MMEL no había sido ordenada por EASA.

1.19 Técnicas útiles o eficaces de investigación

Se utilizaron las técnicas descritas en los lineamientos del Documento 9756 de la Organización de Aviación Civil Internacional.

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

2. ANÁLISIS

El análisis del presente Incidente Grave se basó principalmente en la información recopilada por el Registrador de Datos de Vuelo (FDR) y Registrador de Voces de Cabina, así como las condiciones factuales de registros de mantenimiento de la aeronave.

2.1 Operaciones de vuelo

La tripulación a bordo se encontraba apta para efectuar el vuelo programado. Cumplía con la documentación técnica y operacional para desarrollar la operación, de acuerdo con la normatividad.

La investigación determinó que la tripulación de vuelo efectuó todos los procedimientos establecidos por el fabricante para las diferentes fases de vuelo y para las situaciones anormales presentadas en la operación, utilizando las listas de chequeo correspondientes, los *memory ítems* y los llamados oportunos al ATC y a la tripulación de cabina de pasajeros.

De acuerdo con lo analizado de las grabaciones del CVR la tripulación aplicó un apropiado CRM, con buena comunicación, acertada aplicación de procedimientos en cabina, así como oportuna preparación para la ejecución del aterrizaje de emergencia.

2.2 Vuelo No. 1: SKPE a SKRG – LA4385

A las 16:55:40 UTC, la aeronave inició el remolque de la aeronave; en este punto las variaciones de ángulo del NWS quedaron registradas, sin órdenes de dirección NWS del timón en cabina, tal como se esperaba. El BSCU 2 estaba en control.

A las 16:59:50 UTC se inició el motor No. 1; y a las 17:00:32 UTC el motor 2. El PFR se abrió a las 17:04 (tres minutos después del inicio del primer motor).

A las 17:04 UTC, se registró en el PFR el Mensaje de Falla *STEERING FEEDBACK CONTROL SENSOR (3GC) on BSCU1*.

Este mensaje indicaba que la BSCU1 detectó un problema eléctrico del RVDT 3GC. Según el análisis de BSCU TSD, se estableció que la falla fue detectada antes del arranque del motor.

Como esta falla se engancha (queda fijada, hasta el próximo reinicio del sistema); el mensaje de falla asociado se registró en el PFR tan pronto se efectuó el arranque del motor.

El análisis TSD confirmó que el Sistema 2 de la BSCU no detectó ninguna falla durante esta fase de tierra.

A las 17:04:00 UTC la aeronave rodó a la pista 26. Y a las 17:07:00 UTC efectuó el despegue, sin novedad.

El ángulo de orden del sistema NWS y las variaciones del ángulo de rueda NWS fueron consistentes uno con otro.

La dirección de la rueda de nariz se encontraba controlada por el Sistema 2 de la BSCU. Se comportó con normalidad durante esta fase de rodaje. El ángulo del NWS era consistente con las órdenes de la BSCU, en sí mismas consistentes con el movimiento del timón en cabina.

El problema eléctrico detectado por el Sistema 1 de la BSCU que estaba en espera, no tuvo ningún impacto funcional en la función de dirección de tren de nariz, que se encontraba suplida por el Sistema 2.

Las fases de ascenso, crucero y descenso transcurrieron sin novedades, hasta la extensión del tren de aterrizaje.

A las 17:24:28 UTC se seleccionó tren abajo, cuando la aeronave se encontraba en final para la pista 01 del Aeropuerto de Rionegro, cruzando a través de 2,150 ft RA.

A las 17:24:32 UTC, cuatro segundos después, la BSCU en control, cambió de BSCU 2 a BSCU 1.

A las 17:24:34 UTC, dos segundos después, se activó MASTER CAUTION durante 3 segundos; la página SD cambió de CRUISE a WHEEL, y se activó la advertencia ECAM WHEEL N/W STRG FAULT (según el PFR).

En este punto, el sistema operó tal y cual fue diseñado al no contar con un sistema. Como la falla del RVDT 3GC estaba enganchada en la BSCU1, la función de señales para operar la dirección del tren de nariz no estaba disponible en ese momento en la BSCU1 en control; fue esta condición la que provocó la activación de la advertencia ECAM.

A las 17:25:58 UTC, cruzando 793 ft altitud, la tripulación decidió hacer sobrepaso.

A las 17:44:48 UTC el sistema fue nuevamente operado para extender el tren de aterrizaje, mientras la aeronave estaba en final a la pista 01, cruzando a través de 2,410 ft RA.

A las 17:44:50 UTC, dos segundos después, la BSCU en control cambió de BSCU 1 a BSCU 2.

En la segunda extensión del tren de aterrizaje, el BSCU 2 tomó el control recuperándose la disponibilidad de la función de dirección del tren de nariz, ya que no hubo fallas en el Sistema 2 de la BSCU.

A las 17:47:37 UTC la aeronave aterrizó por la pista 01 de SKRG utilizando frenos automáticos en modo de desaceleración media, deteniéndose a las 17:50 UTC. La aeronave rodó

A las 17:49:36 UTC se apagó el motor 2.

A las 17:49 UTC se registró en el PFR el mensaje de falla "AFS:28V PWR 11XU1" y el aviso BRAKES HOT.

La alerta FRENOS CALIENTES se activa normalmente cuando la temperatura de un freno alcanza los 300°C. El mensaje de falla AFS: 28V PWR 11XU1 probablemente estuvo relacionado con un transitorio de energía eléctrica en el apagado del primer motor.

Hasta las 17:52:06 UTC la aeronave continuó rodando. El freno de estacionamiento se seleccionó en ON.

A las 17:52:09 UTC se apagó el motor 1.

El NWS, bajo el control del Sistema 2 de la BSCU, se comportó con normalidad durante toda la fase de rodaje, siguiendo correctamente el ángulo del RVDT las órdenes de la BSCU.

A las 17:54:02 UTC, se activó MASTER CAUTION, alarma asociada a la visualización de la página WHEEL en el SD.

En ese momento, el PFR ya estaba cerrado (ya que ambos motores estaban apagados), y por lo tanto el PFR no registró el mensaje de falla asociado con esta alerta de precaución. Sin embargo, según los datos CVR, esta alerta de precaución se produjo durante las comprobaciones en tierra realizadas por el personal de mantenimiento.

Según información proporcionada por el Operador, el personal de mantenimiento solo realizó confirmación de falla del TSM TASK 32-51-00-810-811-A – Failure of the Nosewheel Steering Feedback Sensor (Control Channel). Esta confirmación consiste en restablecer la BSCU con el interruptor A/SKID & N/W STRG (5GG) y leer los datos de BITE.

Una vez confirmada la falla la cual continuó apareciendo con mensaje ECAM WHEEL N/W STRG FAULT, el personal de mantenimiento optó por no realizar ninguna acción de mantenimiento adicional y despachar la aeronave bajo MMEL ítem 32- 51-01A, es decir, con la desconexión e inoperatividad del sistema de control del tren de nariz.

Ante esta acción, la alerta de precaución registrada probablemente se asoció con la reactivación de la alerta ECAM WHEEL N/W STRG FAULT después del reinicio de BSCU.

2.3 Vuelo No. 2: SKRG a SKRG – LA4292

A las 19:04 UTC, la aeronave estaba en la puerta de embarque con los motores apagados. De acuerdo con registros CVR, la tripulación revisó el MEL, mencionando el ítem 32.51.01, de *Nose Wheel Steering*.

A las 19:15:26 UTC, comenzó el remolque desde la puerta de embarque. El BSCU 2 estaba en control. El ángulo de la rueda del NWS evolucionaba de acuerdo con el movimiento de retroceso y la variación del rumbo y así mismo se registró “código de error “NCD (-64) – data – zero – data”.

Este código de error indicaba que se había activado el monitoreo de BSCU del RVDT 3GC. En tal caso, BSCU continúa emitiendo la posición del ángulo NWS dado por el RVDT 3GC.

Los ángulos del NWS registrados fueron consistentes con la trayectoria y el rumbo de la aeronave, durante todo el remolque, puesta en marcha y rodaje. Sin embargo, esta información no era mostrada visualmente a través de ningún sistema a la tripulación.

La investigación considera que el RVDT 3GC proporcionó ángulos NWS correctos durante todo el vuelo (incluida la fase en tierra).

Entre las 19:19:57 UTC y las 19:21:45 UTC, se iniciaron los motores 1 y 2.

A las 19:23:50 UTC, la aeronave inició el rodaje Sierra1 hacia la pista 01 con la dirección de la rueda del tren de nariz inoperativa, al ejecutar ítem 32.51.01 de la MEL. La orden NWS comandada por la BSCU siempre se mantuvo en 0°.

A las 19:24 UTC, se abrió el PFR. Los mensajes fechados en ese momento se activaron antes de la apertura del PFR (antes del arranque del motor).

La aeronave realizó un giro a la izquierda, seguido de un giro a la derecha para entrar en la calle de rodaje H. En este punto, el ángulo NWS superó los 35°.

A las 19:26:14 UTC, llegando a la calle de rodaje H, el ángulo NWS se mantenía en 0°.

Las ruedas delanteras volvieron a su posición centrada gracias al uso adecuado del frenado asimétrico (aplicación del freno izquierdo para crear una fuerza lateral hacia la izquierda).



Imagen No. 3 – Trayectoria (verde) de aeronave desde puente de abordaje hasta calle de rodaje A por calle de rodaje H

El rodaje en la Calle de Rodaje A fue realizado con frenado y empuje asimétricos. También se registraron varios movimientos del pedal del timón.

A las 19:30:52 UTC, al girar a la izquierda desde la calle de rodaje A, a la calle de rodaje A2, con el pedal de freno izquierdo aplicado a +43°, el ángulo del NWS alcanzó los +25° hacia la izquierda. La velocidad era de 2 nudos GS.

Luego, en la Calle de Rodaje A2, el ángulo de rueda NWS disminuyó hasta +1° (izquierda) y se mantuvo en valores positivos.

Después del giro a la izquierda, el piloto redujo la aplicación del freno izquierdo mientras mantenía una disimetría de empuje moderada (no más del 15 %), creando una fuerza lateral a la derecha que permitió que las ruedas del tren de nariz se realinearán.

A las 19:31:46 UTC, mientras se alineaba a la pista 01 a una velocidad de 5 nudos GS, el empuje del motor 2 se incrementó hasta un 56% (24% por encima del empuje del ENG1), junto con una aplicación considerable de freno izquierdo, de 50°.

A las 19:32:05 UTC, el ángulo de las ruedas del NWS alcanzó los +90° hacia la izquierda.

Durante esta maniobra, la cual se llevó a cabo con una alta aplicación de empuje y frenado asimétricos, las ruedas de morro fueron impulsadas primero progresivamente más allá de los 25° y luego, abruptamente a 90°.



Imagen No. 4 – Trayectoria (verde) de aeronave desde calle de rodaje A, A2 hasta cabecera 01

A las 19:33:46 UTC, el Capitán aplicó movimiento de palanca de control de vuelo (*side stick*) hacia adelante en posición completa para iniciar carrera de despegue de acuerdo con el SOP del Operador en caso de viento de cola.

PROCEDURES	
NORMAL PROCEDURES	
A318/A319/A320/A321 FLIGHT CREW OPERATING MANUAL	STANDARD OPERATING PROCEDURES - TAKEOFF
L1	<p>● In the case of tailwind, or if crosswind is above 20 kt: SIDESTICK..... FULL FORWARD PF</p>
L2	<p>To counter the nose-up effect of setting engine takeoff thrust, apply full forward sidestick until the airspeed reaches 80 kt. Release the sidestick gradually to reach neutral at 100 kt.</p>
L1	<p>BRAKES.....RELEASE PF THRUST LEVERS.....FLX or TOGA PF</p>

A las 19:33:50 UTC, la tripulación inició la carrera de despegue.

A las 19:34:08 UTC, cuando la aeronave alcanzó 80 nudos CAS, el *side stick* se soltó progresivamente, y a los 100 nudos CAS se liberó por completo. El ángulo de cabeceo era de +0,18°.

A las 19:34:18 UTC, el ángulo de cabeceo se registró en -0,35°, y el CAS era 120 nudos.

Según el registro de voces de cabina CVR, a las 19:34:14 se escuchó un ruido inusual.

Este ruido se asoció con el estallido de una de las llantas del tren de nariz, informado después por el ATC. Era la rueda de nariz ubicada atrás, debido a que por geometría, el tren se encuentra inclinado hacia adelante, y es la rueda ubicada más atrás la que soportará todas las fuerzas de fricción cuando las ruedas del tren de nariz están giradas a 90°.

El aumento de las cargas en el tren de nariz, generado por la posición de las ruedas y por el *side stick* hacia adelante hasta los 80 nudos, provocó que el neumático se reventara 25 segundos después de iniciada la carrera de despegue.



Imagen No. 5 – Carrera de despegue y posición de estallido de llanta

A las 19:34:26 UTC se inició la rotación con una velocidad de 142 nudos CAS.

Se calculó que las ruedas del tren de nariz a 90° provocaron un aumento de +150 m en la distancia de despegue y una disminución de 0,02 g en la aceleración longitudinal (es decir, menos del 10 % de disminución de la aceleración).

A las 19:34:30 UTC, tanto el tren principal LH como el RH dieron valores no comprimidos. El ángulo de cabeceo fue de +10,6°, aumentando, y la velocidad era de 144 nudos CAS.

El tren de nariz se mantuvo comprimido de forma duradera incluso después de la rotación; y la palanca del tren se mantuvo ABAJO después del despegue.

El estado de compresión del tren de aterrizaje es monitoreado por dos sensores de proximidad, que se comunican con los LGCIU. Estos sensores están ubicados en los eslabones de torsión en la parte superior de la estructura del tren de aterrizaje delantero. Cuando las ruedas del tren de nariz están lejos de su posición alineada, se envía la señal “comprimido” a los LGCIU. En tal caso, esto explicaría el por qué la palanca del L/G no se pudo seleccionar a la posición ARRIBA.

A las 19:34:38 UTC, cruzando 195 pies RA, se activó la alerta MASTER CAUTION durante menos de 2 segundos, asociado, según consta en el PFR, al aviso ECAM L/G SHOCK ABSORBER FAULT.

A las 19:34:44 UTC, cruzando 430 pies RA, el Piloto Automático AP1 estaba en modo SRS/NAV, y a la 19:35:00 UTC, cruzando 1,000 pies RA, el AP1, tanto el Director de Vuelo (FD) como los auto aceleradores (A/THR) se desconectaron.

El AP, FD y A/THR permanecieron desacoplados hasta el final de la grabación (Toque de aeronave con la pista).

Los LGCIU activaron el mensaje ECAM L/G SHOCK ABSORBER FAULT y el mensaje de avería NLG EXT PROX SNSR (25GA) TGT POS, porque detectaron que el amortiguador del tren de nariz se mantenía comprimido mientras la aeronave estaba en el aire.

En el FCOM, ABN PROC/L/G SHOCK ABSORBER FAULT, una nota explica que si también se muestra la advertencia ECAM WHEEL N/W STRG FAULT, el anuncio significa que las ruedas del tren de nariz probablemente estén giradas a 90°.

Según las grabaciones CVR, la tripulación mencionó la posibilidad de que la dirección de las ruedas del tren de nariz se hubiese girado.

En esta condición, se pueden perder también el AP y el A/THR, dependiendo de la configuración del sistema de vuelo automático, tal como ocurrió en este caso.

Nota. Con computadoras de vuelo más recientes del equipo Airbus A320, el AP y el ATHR se mantienen operativos en caso de falla del amortiguador.

En estas condiciones, la tripulación efectuó un sostenimiento en inmediaciones de la estación y luego regresó a SKRG, realizando una aproximación ILS, manual.

Los trenes de aterrizaje siempre dieron indicación de extendidos y asegurados desde el inicio del vuelo.

A las 20:14:59 UTC, cruzando 30 pies RA, se inició el rompimiento de planeo.

A las 20:15:09 UTC, ambos MLG se registraron comprimidos y se registró una aceleración vertical de +0,29 g.

El ángulo de cabeceo fue de +2,64, aumentando, ya que se ordenó un movimiento del *side stick* adelante de -12,3 °. La aceleración lateral LATG fue de -0.05G y los *spoilers* de tierra se desplegaron.

La tripulación retrasó la toma de contacto del tren de nariz hasta cuando le fue posible, tal y como se describe en el FCOM/ABN PROC/L/G SHOCK ABSORBER FAULT, y en el procedimiento QRH LANDING WITH ABNORMAL L/G.

Al mismo tiempo, los interruptores ENG1 y ENG2 se seleccionaron en OFF. Como resultado de esta operación, el DFDR dejó de grabar.

El último valor registrado del ángulo de la rueda del NWS en este momento fue de +87,1° hacia la izquierda, y la aeronave se detuvo en el eje de la pista a 2,527 m de la pista 01.

Tal como se determinó, la tripulación decidió apagar ambos motores debido a que desconocía la extensión de los daños en los trenes de aterrizaje. Según la inspección visual del tren de nariz, el RAT se extendió en el aterrizaje, como resultado de la parada de ambos motores por parte de la tripulación.

En el sitio del evento, las ruedas del tren de aterrizaje de nariz estaban giradas a -90° a la derecha. En la toma de contacto con el tren de nariz, como el neumático ubicado más atrás se había estallado y desprendido durante la carrera de despegue, el contacto con la superficie de la pista se hizo solo en la rueda faltante ubicada adelante, lo que creó una fuerza de rotación en el impacto, llevando a que la rueda de 90° a la izquierda a 90° a la derecha.

Como las ruedas estaban en modo “free-to-castor”, fueron arrastradas por la fuerza longitudinal de la aeronave y conducidas muy rápidamente hacia los 90° a la derecha.

No se espera que la rotación de las ruedas de 90° de izquierda a 90° a la derecha impactara significativamente el control direccional en tierra de la aeronave, ya que las ruedas, en modo “free-to-castor”, no pueden permanecer en una posición intermedia debido a la fuerza cinética de la aeronave y a la velocidad; además, gran parte del control se realizó utilizando el timón de dirección y los frenos.

2.4 Malfuncionamiento de la Unidad de Control Direccional y Frenado – BSCU

Es probable que la discrepancia en el monitoreo del BSCU a las entradas de voltaje fuera causado por una discontinuidad eléctrica transitoria en los voltajes secundarios enviados por el RVDT 3GC.

Durante el vuelo LA4385 (SKPE – SKRG), el monitoreo RVDT solo fue activado por la BSCU1. Tanto la BSCU 1 como la BSCU 2 no están sincronizadas, pero utilizan las mismas entradas de tensión secundaria del mismo conector de la BSCU y tienen la misma monitorización, con el mismo tiempo de confirmación.

El hecho de que solo una BSCU haya tenido tiempo de ver la condición de falla, significa que, en este primer caso, la falla eléctrica fue muy transitoria.

En el segundo caso, en el vuelo LA4292, el monitoreo RVDT se activó tanto en la BSCU 1 como en la BSCU 2.

Esta discontinuidad eléctrica no se evidenció en la inspección; sin embargo, de acuerdo con Safran y Airbus, estas fallas intermitentes pueden ocurrir en el nivel de conexión. En tales casos, la extracción de los componentes y del arnés pueden servir para limpiar un conector y eliminar así la condición de falla transitoria.

3. CONCLUSIÓN

Las conclusiones, las causas probables y los factores contribuyentes establecidas en el presente informe, fueron determinadas de acuerdo con 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 incidentes y accidentes

3.1 Conclusiones

La tripulación se encontraba apta para efectuar el vuelo programado. Cumplía con la documentación técnica y operacional, de acuerdo con la normatividad, para desarrollar la operación.

La aeronave se encontraba cumpliendo un programa continuo de inspección de aeronavegabilidad el cual se encontraba al día, de acuerdo con lo dispuesto por el fabricante y por la Autoridad de Aviación Civil.

No se encontraron reportes o situaciones recientes de malfuncionamiento del tren de aterrizaje.

El 17 de febrero de 2022 Airbus publicó la Transmisión Operativa de Vuelo (*Flight Operations Transmission*) FOT 999.0016/22, que actualiza el artículo MMEL 32-51-01 Nose Wheel Steering System a *NO GO*.

La FOT se emitió, no por una condición insegura, sino por consideraciones operativas. Por lo tanto, esta actualización de MMEL; por ejemplo, su cumplimiento no fue exigido por EASA.

El cumplimiento de dicha comunicación por parte del operador colombiano (actualización del MEL de acuerdo con la MMEL) se encontraba en el plazo permitido por la Autoridad Aeronáutica (60 días).

El 29 de marzo de 2022 la aeronave fue programada para efectuar vuelos de transporte comercial de pasajeros en las rutas SKBO – SKPE – SKRG - SKCG.

En el segundo vuelo, durante la aproximación a SKRG se presentó mensaje ECAM de malfuncionamiento del sistema del tren de nariz, WHEEL N/W STRG FAULT, la tripulación efectuó sobrepaso y recicló el tren de aterrizaje.

El mensaje ECAM desapareció y la tripulación efectuó el aterrizaje en SKRG sin otra novedad.

En SKRG, el personal de mantenimiento desconectó el funcionamiento de la BSCU que controla el NWS y lo difirió por MEL.

De manera que, el 22 de marzo, día del suceso, la aeronave CC-BAS fue despachada para el vuelo a SKCG con el “diferido” MEL 32-51-01^a, vigente y aplicable para el equipo A320.

La desconexión del NWS requería que la tripulación efectuara el rodaje con empuje asimétrico de los motores y frenado asimétrico.

La aeronave inició el tercer vuelo, en la ruta SKRG – SKCG con 153 ocupantes a bordo.

La tripulación efectuó el rodaje de acuerdo con las instrucciones del MEL (por desconexión del NWS) aplicando empuje y frenado diferencial.

Sin embargo, no era posible para la tripulación monitorear y verificar en la cabina los limitantes de ángulo permisible de las ruedas del tren de nariz.

Cuando el NWS está inoperativo las ruedas se encuentran en modo de giro libre. Si el ángulo del NWS supera los 25°, las ruedas NLG girarán hacia 90°, ante la ausencia de fuerza lateral opuesta.

De tal manera que, cuando la aeronave ingresó a posición de despegue en la pista 01, el tren de nariz excedió la limitante de 25° de giro, y las ruedas alcanzaron los 90 grados hacia la izquierda del eje longitudinal de la aeronave.

El despegue se inició con el tren de nariz a 90 grados a la izquierda. Durante la carrera de despegue se hizo notoria una evidente vibración en la cabina de mando.

La posición de las ruedas de nariz, giradas a 90°, hicieron que la distancia de despegue se extendiera 150 m.

Cuando la aeronave alcanzó 120 CAS, estalló una de las dos ruedas de nariz (la de atrás, según la posición a 90°). La tripulación sintió un ruido inusual, continuó el despegue e inició la rotación con 142 nudos CAS.

Después de la rotación, a 195 pies RA, se activó mensaje ECAM L/G SHOCK ABSORBER FAULT. La tripulación no pudo subir la palanca del tren de aterrizaje.

Cuando la aeronave cruzaba a través de 1,000 pies RA, se desconectaron el Piloto Automático (AP1), el Director de Vuelo (FD) y el auto acelerador (A/THR), que permanecieron desconectados hasta el término del vuelo.

La tripulación efectuó los procedimientos establecidos, solicitó efectuar un sostenimiento en cercanías del aeródromo y se preparó para efectuar un aterrizaje de emergencia. Luego se dirigió a SKRG, y efectuó una aproximación ILS, manual.

Al aterrizar, la tripulación retrasó la toma de contacto del tren de nariz hasta cuando le fue posible, tal y como se describe en los procedimientos; al mismo tiempo, apagó los dos motores, en previsión a cualquier situación, debido a que desconocía la extensión de los daños en el tren de aterrizaje.

Cuando el tren de nariz hizo contacto con la pista, la fuerza de rotación llevó la rueda remanente (delantera) de la posición 90° a la izquierda, a 90° a la derecha. Se produjo entonces el estallido de la llanta remanente, su desprendimiento desde el rin y abrasión por el contacto de la parte metálica del tren con la pista.

La aeronave continuó desplazándose en activa abrasión del rin de la rueda, hasta finalmente detenerse sobre la pista, a 1,984 m del punto de contacto.

Con la ayuda de los bomberos, la tripulación descartó la presencia de fuego o humo, y, al considerar que la situación estaba controlada, decidió no efectuar evacuación de emergencia.

La tripulación y los pasajeros desembarcaron la aeronave, en la posición final que esta quedó, en la pista, por sus propios medios y sin lesiones.

Los registradores de vuelo FDR y CVR fueron enviados a BEA para su descarga y análisis.

Los componentes del tren de nariz fueron enviados a inspección, en especial la BSCU, componente que controla por señales eléctricas el movimiento del NWS. De acuerdo con la conclusión de los ensayos realizados, no se encontraron fallas en su operación.

Sin embargo, se determinó que existió discrepancia en el monitoreo del BSCU a las entradas de voltaje, causadas por una discontinuidad eléctrica transitoria en los voltajes secundarios enviados por los sensores RVDT 3GC. Esta anomalía originó la falla WHEEL N/W STRG FAULT, que conllevó a desactivar el sistema de control del tren de nariz, MEL 32-51-01A.

3.2 Causas probables

Ejecución de una maniobra de despegue con las ruedas del tren de nariz a 90° hacia la izquierda del eje longitudinal de la aeronave que provocó daños en el sistema del tren, y la ejecución de un aterrizaje de emergencia.

Discrepancia en el monitoreo de voltaje de la Unidad de Sistema de Control de Dirección y Frenos (BSCU) a los Transformadores Diferenciales de Rotación Variable (RVDT), debido a una posible discontinuidad eléctrica transitoria en los voltajes secundarios enviados por el RVDT 3GC.

Factores Contribuyentes

Desconexión por MEL del sistema NWS por malfuncionamiento previo de la Unidad de Sistema de Control de Dirección y Frenos (BSCU).

Imposibilidad para monitorear y verificar en cabina las limitantes de ángulo permisible de las ruedas del tren de nariz, durante el control a través de empuje asimétrico y acción de frenado durante el rodaje.

3.3 Taxonomía OACI

SCF-NP: Falla/Malfuncionamiento de Sistema/Componente No Motor.

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

4.1 RECOMENDACIONES INMEDIATAS

REC. IMD 01-202220-02-DIA

Instruir y vigilar que, de inmediato, los operadores de aeronaves Airbus A318, A319, A320, A321, den cumplimiento a lo establecido en el FOT 999.0016-22 emitido por Airbus el 17 de febrero del 2022, en relación con ítem MEL 32-51-01. La aplicación inmediata de esta acción tiene por objeto prevenir que ocurran nuevos sucesos aéreos por una rotación de 90 grados del tren de nariz.

Esta recomendación se emite con base en los hallazgos iniciales de la investigación del Incidente Grave ocurrido a una aeronave Airbus A320 el 29 de marzo de 2022, que experimentó rotación del tren de nariz en el despegue, y que aterrizó posteriormente causándose daños en dicho componente. Aunque el explotador conocía el FOT 999.0016-22 emitido por Airbus el 17 de febrero del 2022, aún no lo había cumplido, pues el mismo otorgaba un plazo de 60 días calendario para su aplicación.

Se anexa Flight Operations Transmission - FOT, Ref. 999.0016/22 Rev. 00 del 17 de febrero del 2022, del fabricante Airbus.

Acciones de seguridad operacional implementadas

En febrero de 2022 Airbus cambio el MMEL decidiendo prohibir el despacho de las aeronaves con la dirección de la rueda del tren de nariz inoperativa por consideraciones operativas y, por lo tanto, eliminó el artículo 32-51-01 del EASA A320 MMEL.

Fue publicada la transmisión operativa de vuelo – Flight Operations Transmission (FOT 999.0016/22), que actualiza el artículo MMEL 32-51-01 "Nose Wheel Steering System" a NO GO.

Al momento de la publicación de este informe (diciembre de 2022), todas las MEL se encuentran actualizadas y ya no se autoriza el despacho con la inoperatividad de la dirección de la rueda del tren de nariz.

4.2 RECOMENDACIONES DEL INFORME FINAL

A LA SECRETARÍA DE SERVICIOS AEROPORTUARIOS DE LA AERONÁUTICA CIVIL

REC. 02-202220-02

Proyectar, iniciar y adelantar los estudios necesarios para que los aeródromos colombianos (por lo menos los internacionales o los de mayor tránsito), cuenten con capacidades para remolcar o retirar de alguna manera segura y expedita, de pistas o zonas de seguridad, a aquellas aeronaves de peso superior a 12.500 lb que, por un incidente o accidente, no pueden desplazarse por sus propios medios.

Lo anterior con el fin de minimizar los efectos negativos que los sucesos aéreos ocurridos en los aeródromos causan a la continuidad de las operaciones aéreas.

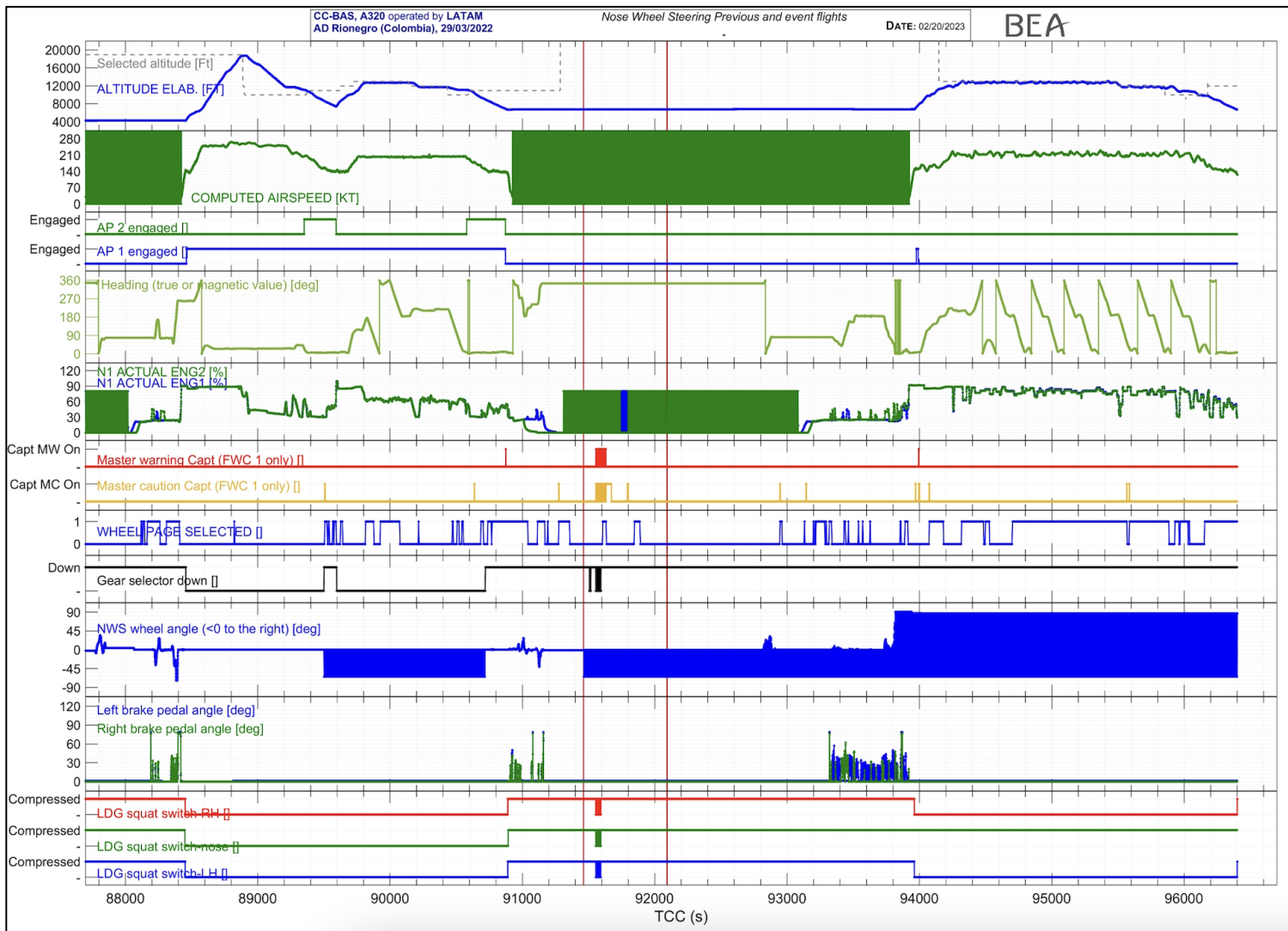
A LA SECRETARÍA DE AUTORIDAD AERONÁUTICA DE LA AERONÁUTICA CIVIL**REC. 03-202220-02-DIAC**

Dar a conocer el presente Informe de Investigación a los operadores del equipo A320 Series, para que apliquen las recomendaciones según sea pertinente y que, además, se tenga en cuenta el Informe para mejorar los Sistemas de Gestión de Seguridad Operacional.

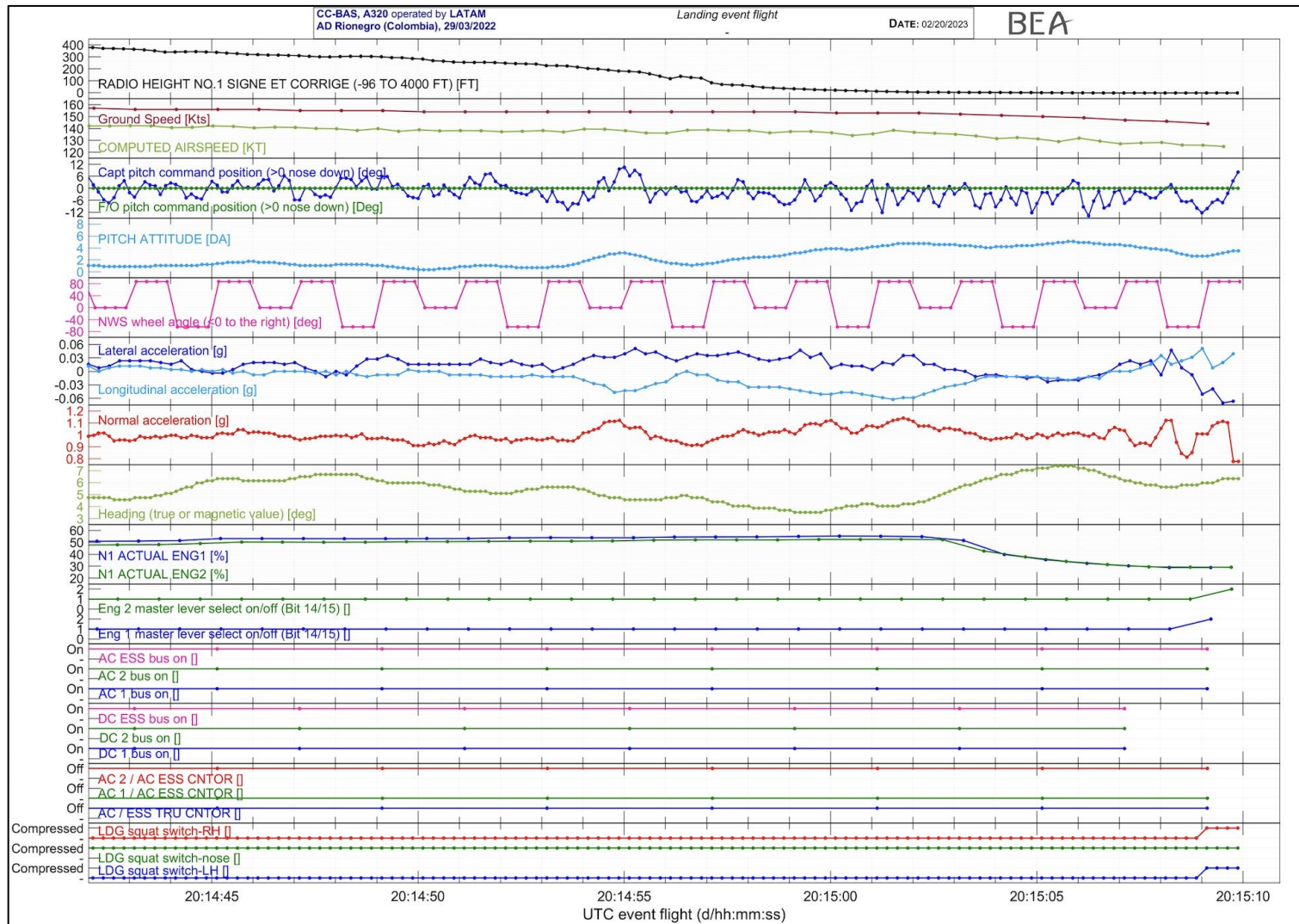
ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo No. 1: Registros de Datos de Vuelo SKPE – SKRG – SKCG.
- Anexo No. 2: Registros de Datos de Vuelo SKRG – SKRG.
- Anexo No. 3: Transcripción del Registrador de Voces de Cabina.

Anexo No. 1 – Registros de Datos de Vuelo SKPE – SKRG – SKCG



Anexo No. 2 – Registros de Datos de Vuelo aterrizaje en SKRG



Anexo No. 3 – Transcripción de Registrador de Voces de Cabina

PIC	Piloto en Comando
FO	Primer Oficial
CAM	Cockpit Area Microphone
ATC	Control de Tránsito Aéreo
#\$@!;	Lenguaje expletivo
??	Ininteligible

Segmento rodaje a pista 01 y despegue en SKRG - SKRG

<i>FUENTE</i>	<i>TRANSCRIPCIÓN</i>
ATC	LAN Colombia 4292 Córdoba Torre buenas tardes...
FO	Buenas tardes, señor el 4292.
ATC	LAN Colombia 4292, pista 01, viento de cola 220 grados 03 nudos, QNH1022 autorizado despegar.
FO	Autorizado despegar pista 01 LAN Colombia 4292.
FO	Ey! Máximo 20 para el rodaje.
PIC	Y para el viraje, no?
FO	Sí, y 5 para el viraje, pero 20 para el taxiing straight line sí...
PIC	Para el taxeo normal...
FO	?? Abandonar como máximo 20 nudos en Cartagena.
PIC	En Cartagena sí...
FO	Y para iniciar el viraje 5...
PIC	Yo coloco potencia y ya a empezar a voltear...
FO	Yo creo que... sí mira qué, qué curioso... huy que jodido ajustar esa vaina.
PIC	No, es una #\$@!;
PIC	?? Un poquito y ?? Me toca hacer el viraje amplio...
PIC	Tripulación estamos listos para el despegue, sí...
FO	El problema es que en Cartagena no es tan amplio.
CAM	Before take off checklist...
PIC	Me va a tocar salirme un poquito de la línea hacia acá; yo siempre me voy por dentro de la pista pero si no, no logro alinear bien, me quedo muy allá...
PIC	Ehhh, temperatura quedamos bien de frenos.
FO	Sí estamos perfecto... Estamos con noven...cien...
PIC	Y por favor hagámosle brake fan en off por favor.
PIC	Esta #\$@!;!!...
PIC	Es que el feeling de... dame un segundito...voy a dejarlo que pivotee... si...
FO	Si, ahí va pal otro lado..
PIC	Que #\$@!; mano!.. Listo ahí quedó...

PIC	Dejar que heche pa' delante un poquito y lo freno...
PIC	Alinear, que quede la linita hacia adelante... #\$\$@! No voy a poder?
PIC	Lo voy a dejar rodar un poquito para que se alinie...
PIC	Nos estamos moviendo hacia adelante un poquito o no?
FO	Sí, lo que no quiero es que enganchemos pa' atrás.. el takeoff es full frenos y 50%...
PIC	Sí, lo que pasa es que no me quede torcido porque él va a coger es pa.... Ahí... ya había quedado frente...
PIC	Bueno, take off...
PIC	Cierto?
FO	Si, todo listo.
PIC	Vamos que empiece a correr.
FO	No, nos vamos a salir...
PIC	No no, no le vaya a poner potencia todavía, estoy tratando que el regrese y que coja pa adelante, eso ahí va.... No vamos a poder con esta #\$\$@ ¡hermano!
PIC	Ya regreso un momentico hacia la izquierda...
FO	Hay que dejarlo que corra....
PIC	Sí, sí, es que estoy dejando que corra y no corre... ahí.... Ahí está totalmente suelto.
CAM	Thrust set
PIC	MAN FLEX SRS Runway autothrust blue...
PIC	Suena así porque esta sin hidráulico...
FO	100 knots.... Uy!
PIC	Qué pasó?
FO	V1.... Rotate....
FO	No vaya a ser que se haya... madre!... Positive climb
PIC	Gear Up
FO	No sube.... No sube!
FO	Se ha doblado Capi, no sube
PIC	Será?
CAM	AP disengage



DIRECCIÓN TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES

Av. Eldorado No. 103 – 15, Piso 5º.

investigacion.accide@aerocivil.gov.co

Tel. +(57) 601 2963186

Bogotá D.C. – Colombia