



OACI

Organización de Aviación Civil Internacional  
Oficina Regional Sudamericana

NOTA DE INFORMACIÓN

GTE/23 — NI/02  
24/08/23

**Vigésimo Tercera Reunión del Grupo de Trabajo de Escrutinio del Grupo Regional de Planificación y Ejecución CAR/SAM (GREPECAS) GTE/23**

Lima, Perú 11 al 15 de septiembre de 2023

Cuestión 5 del  
Orden del Día: **Otros Asuntos**

**ANÁLISIS TÉCNICO RESPECTO AL DESEMPEÑO DE LA CAPACIDAD DE ENLACE DE DATOS DURANTE EL PERÍODO EN QUE LA ZCIT (ZONA DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL) ESTÁ ACTIVA EN EL ÁREA FIR-AO**

(Presentada por CARSAMMA)

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	
Esta nota informativa presenta el análisis realizado en relación a la capacidad de enlace de datos, principalmente en relación a la Figura de Mérito (FOM) y CPDLC, con miras a la operación PBCS, cuando la Zona de Convergencia Intertropical esté activa en el área FIR-AO.	
<i>Objetivos Estratégicos:</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad y eficiencia de la navegación aérea</li></ul>
<i>Referencias:</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ GOLD - <i>Global Operational Datalink Document - Second Edition 2013</i>;</li><li>▪ ACARS 620-9 – <i>Datalink Ground System Standard And Interface Specification</i>;</li><li>▪ RTCA DO 219 – <i>Minimum Operational Performance Standards for ATC Two-WayData Link Communications</i>;</li><li>▪ DOC 9869 – <i>Performance-based Communication and Surveillance (PBCS) Manual</i>;</li><li>▪ Manual Operador Posto CTR/ASS – ATECH Negócios em Tecnologias S/A;</li><li>▪ Estudio Climatológico nº 001/SCO/2023; e</li><li>▪ Parecer Técnico nº637199/DT-TIOP/2022.</li></ul>

**1. Introducción**

1.1. Esta nota informativa presenta el análisis realizado en relación a la capacidad de enlace de datos, principalmente en relación a la Figura de Mérito (FOM) y CPDLC, con miras a la operación PBCS, cuando se encuentre activa la Zona de Convergencia Intertropical en el área de la FIR-AO.

Los datos recopilados permitieron realizar los siguientes análisis:

- Análisis de latencia de datos de vigilancia;
- Análisis del tiempo de respuesta de las comunicaciones; y
- Precisión de navegación de aeronaves que operan enlace de datos en FIR-AO.

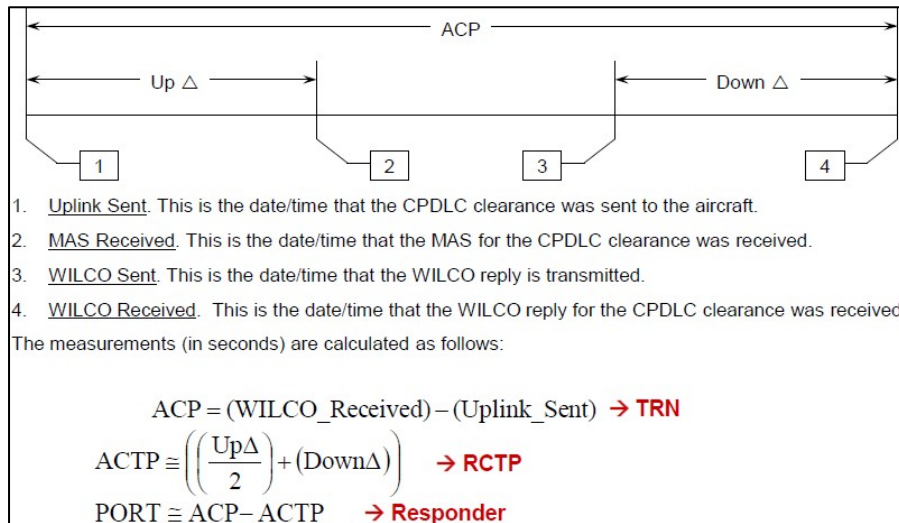
1.2. El objetivo fue observar si el rendimiento de comunicación del enlace de datos cumple con los requisitos de comunicación y vigilancia RCP240 y RSP180 en el período en que existe mayor actividad meteorológica en la FIR-AO, que puede impactar el rendimiento del enlace satelital. Para el uso de la Figura de Mérito como parámetro de navegación, se observaron las disposiciones de GOLD, DOC 9869 y el manual de operación STVD SAGITARIO.

1.3. Para realizar los análisis se aplicaron métodos estadísticos de distribución de frecuencias con el fin de obtener el comportamiento de la latencia en el tiempo.

1.4. Además de estos factores, se observó el cumplimiento de los criterios de seguimiento, según GOLD, que define dos parámetros que se describen a continuación:

- **Criterio del 99,9 %:** el criterio del 99,9 % define el Tiempo de vencimiento (ET) para las transacciones de comunicación y el Tiempo de vencimiento (OT) para las transacciones de vigilancia, después de lo cual se requiere que el iniciador vuelva a un procedimiento alternativo. Cuando se utiliza el enlace de datos para proporcionar separaciones reducidas, el RCP240 **ET** y el RSP180 **OT** son los momentos después de los cuales, si no se completa una transacción de intervención **CPDLC** o no se recibe un informe de posición **ADS-C**, el controlador debe volver a la alternativa del procedimiento de separación como se define en la especificación de separación. Si el monitoreo mensual indica que una flota específica no cumple con los criterios, se debe realizar una evaluación de seguridad local por parte del **ANSP** para evaluar si se puede seguir aplicando el estándar de separación reducida.
- **Criterio del 95%:** El criterio del 95% define el tiempo nominal aceptable para operaciones normales de **CPDLC** y **ADS-C**. Si el monitoreo mensual muestra que el desempeño medido está consistentemente por debajo del criterio del 95%, se puede considerar retirar los servicios de enlace de datos a la flota. La experiencia ha demostrado que el desempeño observado de la flota por debajo de los criterios RCP240/RSP180 especificados del 95 % generalmente estará acompañado por quejas del controlador sobre el desempeño inaceptable de esa flota.
- El **RCP** (Performance Requerido en las Comunicaciones) es la composición del tiempo técnico de transmisión del mensaje, tiempo de reacción y tiempo técnico de recepción del mensaje. El GOLD establece la siguiente relación:
  - ACTP: Tiempo técnico total de transmisión y recepción de mensajes;
  - PORT: Tiempo de operación del ATCO y/o Piloto;
  - ACP: Tiempo total transcurrido desde que se envía el mensaje hasta que se recibe la respuesta.

1.5. Para calcular estos parámetros, el GOLD sugiere el siguiente método:



**Figura 1 Método de cálculo de ACP, PORT y ACTP**

1.6. Los valores de los parámetros previstos en el GOLD son:

RCP communication transaction time and continuity criteria				
Specification: RCP 240/D		Application: CPDLC		Component: ANSP
Transaction Parameter	Time	ET (sec) C = 99.9%	TT (sec) C = 95%	Compliance Means
Transaction Time Value		240	210	Analysis, CSP contract/service agreement. See also <a href="#">paragraph B.3.1.3</a> .
<b>RCP Time Allocations</b>				
Initiator		30	30	Analysis, simulations, safety and human factors assessments
TRN		210	180	Monitored, CSP contract/service agreement. See also <a href="#">paragraph B.3.1.3</a> .
<b>TRN Time Allocations</b>				
Responder		60	60	Initially, by analysis, simulations, safety human factors assessments Post-implementation, monitored, estimated
RCTP		150	120	Monitored, estimated, CSP contract/service agreement. See also <a href="#">paragraph B.3.1.3</a> .
<b>RCTP Time Allocation</b>				
RCTP <sub>ATSU</sub>		15	10	Pre-implementation demonstration

**Tabla 1 Parámetros GOLD para RPC 240**

**2. Análisis**

## Análisis de Datos

2.1. Los datos obtenidos fueron analizados por el equipo de la Sección de Informática Operacional de CINDACTA III, así:

- **Análisis de Latencia de Ascenso (ACTP\_S):** Analiza el tiempo entre la transmisión del paquete de datos por parte del ATCO y su recepción por parte de la aeronave;
- **Análisis de Latencia de Descenso (ACTP\_D):** Analizar el tiempo entre la transmisión del paquete de datos por parte de la aeronave y su recepción por parte del ATCO;
- **Tiempo de respuesta (PORT):** Consultar el tiempo de respuesta del ATCO o PILOTO;
- **Análisis del Tiempo Total de Comunicación (ACP):** Analizar el tiempo total transcurrido entre transmisión, procesamiento, tratamiento y respuesta;
- **Latencia de Datos de Vigilancia ADS-C (ASP):** Analizar el tiempo entre la emisión del reporte de posición y la recepción por parte del ATCO;
- **Precisión de Navegación (FOM):** Cuantificar las aeronaves que sobrevolaron el FIR-AO en relación con la Figura de Mérito (FOM) de la comunicación ADS, principalmente en relación al FOM 7 que tiene la mayor precisión de navegación (0.05Nm).

## Conexiones de red

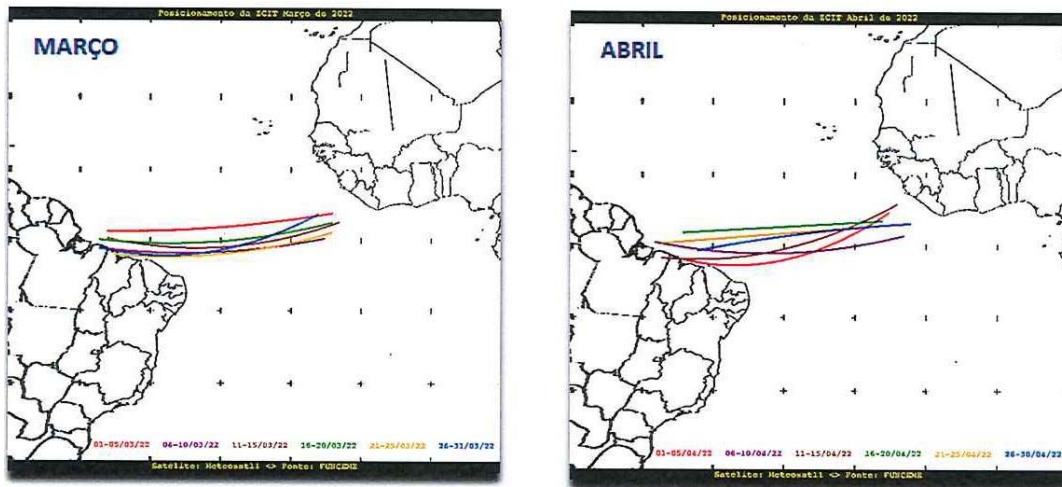
2.2. CINDACTA III cuenta con una conexión de enlace de datos con la empresa SITA con miras a la operación de ADS-C y CPDLC en el ACC-AO, teniendo dos enlaces diferentes: internet e intraer. Además, se utilizan dos procesadores SITA redundantes, uno instalado en Montreal, Canadá y el otro en el aeropuerto de Galeão en Río de Janeiro.

## Estudio Climatológico

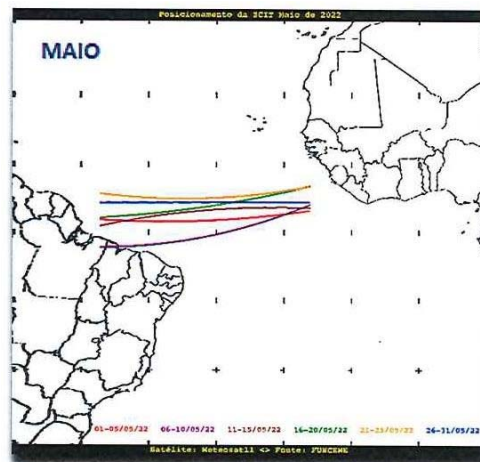
2.3. El Centro Integrado de Meteorología Aeronáutica (CIMAER) realizó, a pedido de CINDACTA III, un estudio climatológico sobre la incidencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) en el área FIR-AO. El objetivo del estudio es comprender que este fenómeno meteorológico se presenta durante el período de mayor intensidad y acercamiento al continente, el cual se caracteriza por el encuentro de los vientos alisios, provenientes de los hemisferios norte y sur, lo que genera inestabilidad, fuertes alzas corrientes de aire, formación intensa de nubes convectivas acompañadas de precipitación líquida o sólida, descargas eléctricas, vientos intensos, turbulencia y otros.

2.4. Según informó CIMAER, la ZCIT migra en un ciclo anual alrededor del ecuador geográfico, siguiendo las estaciones climáticas debido a la variación de la temperatura promedio en los hemisferios.

2.5. En base al estudio climatológico, parece que los meses entre marzo y mayo presentan la ZCIT más cercana al continente, afectando directamente a la FIR-AO en el corredor EUROSAM. Las figuras a continuación, tomadas de ese documento, muestran esta condición.



**Figura 2 Posicionamento ITCZ em março e abril.**



**Figura 3 Posicionamento ITCZ em maio.**

2.6. Outros análises relacionados com o comportamento do enlace de dados em o FIR-AO se enfocaron em o período de março a maio de 2022, según datos do estudo apresentado por CIMAER. Este análise de desempenho do enlace de dados durante a ITCZ era necesario, ya que as ondas electromagnéticas de comunicação satelital, em a banda que são utilizadas por o serviço SITA, podrían verse impactadas por a formação intensa de nuvens convectivas y descargas eléctricas.

### **Análisis de Latencia de Datos de Vigilancia**

2.7. Uno de los principales puntos a estudiar para la reducción de la separación es la latencia. Este parámetro tiene como objetivo obtener el tiempo promedio entre la transmisión del paquete de datos y su recepción por parte del receptor. Cuanto menor sea este valor, mejor será la comunicación con respecto a la seguridad operacional y el desempeño del control del tráfico aéreo. Varios factores influyen en este parámetro:

- Retransmisiones causadas por fallas en la comunicación;
- Rendimiento de la aviónica de la aeronave;

- Desempeño de enlaces terrestres;
- Rendimiento del proveedor de enlace de datos.

2.8. Para el periodo seleccionado, es decir, entre marzo y mayo de 2022, se procesaron 90405 datos ADS-C. Los gráficos a continuación muestran la distribución de frecuencia de latencia y ASP.

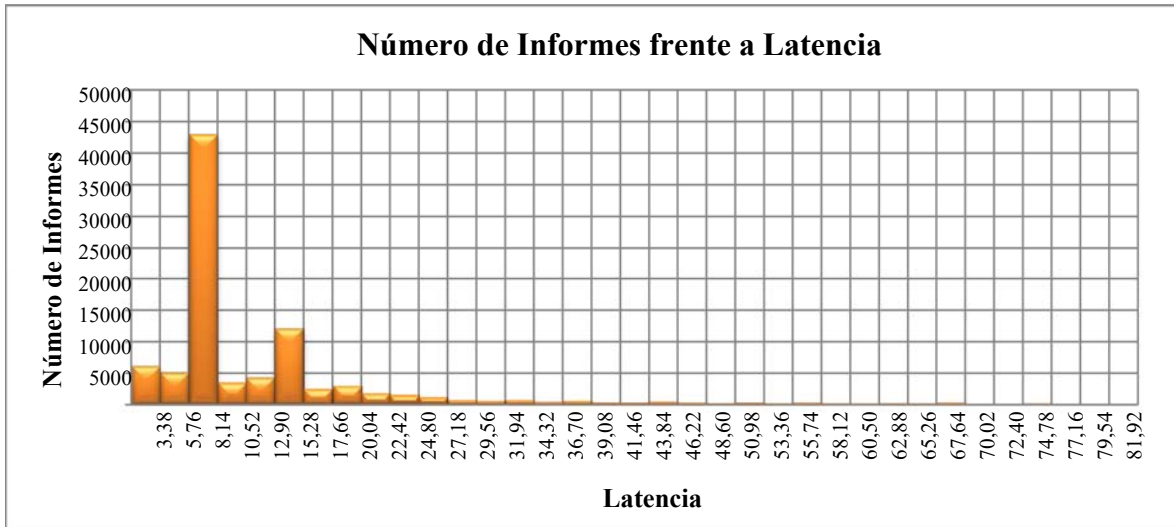


Figura 4 Distribución de la cantidad de reportes ADS vs Latencia (99% de los datos recibidos)

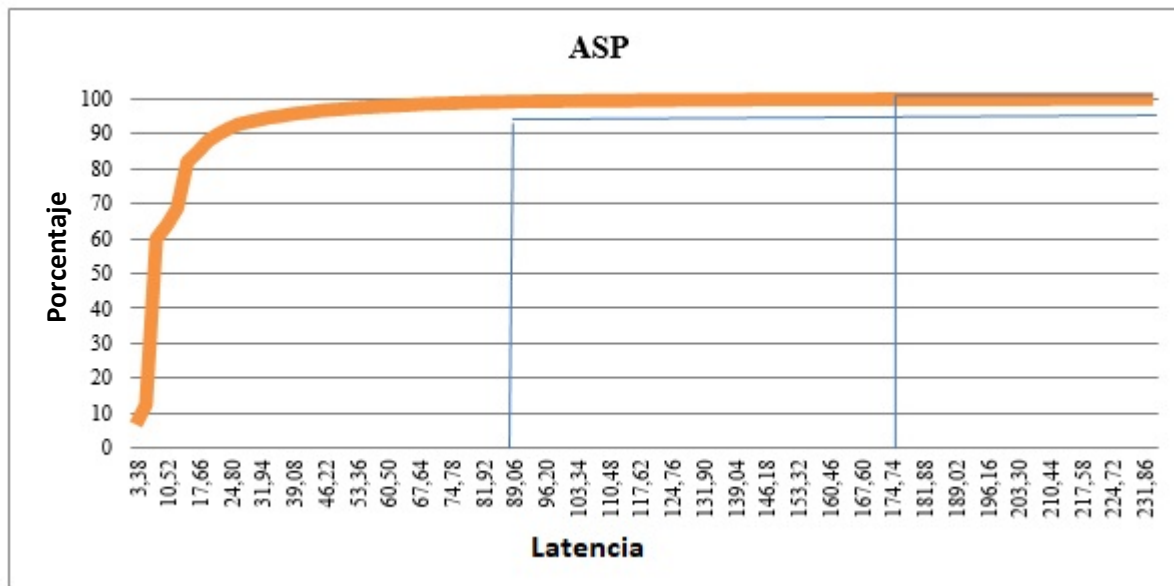


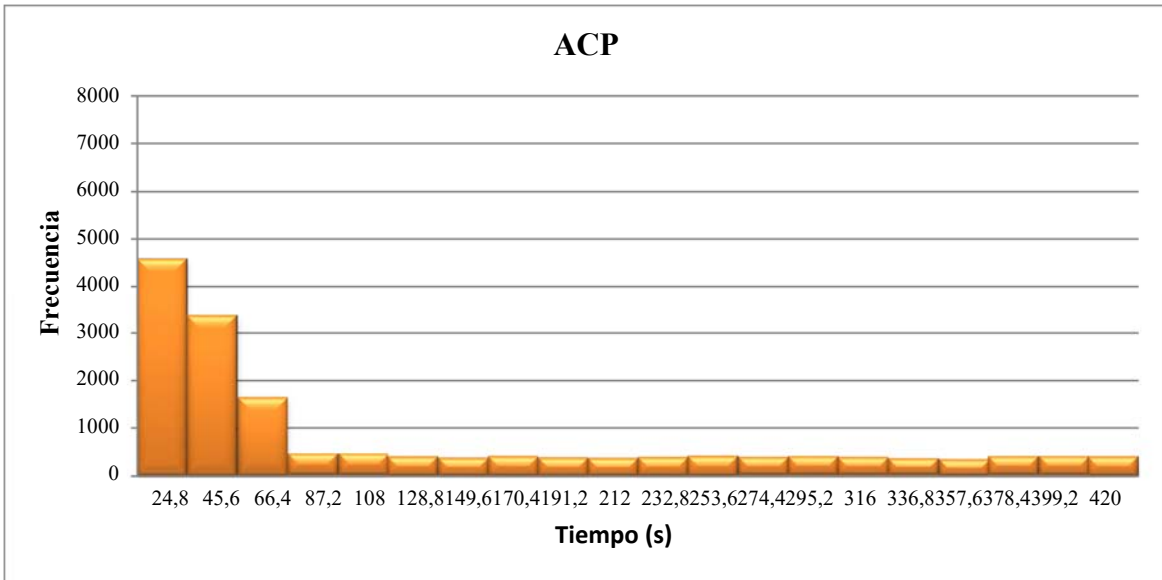
Figura 5 Gráfico ASP para el período

2.9. Como se describe en GOLD, los datos ADS-C deben tener una latencia de hasta 90 s el 95 % del tiempo y 180 s el 99,9 %. Del gráfico ASP en la Figura 5, se puede ver que el resultado obtenido en el FIR-AO cumple con el requisito de desempeño RSP180.

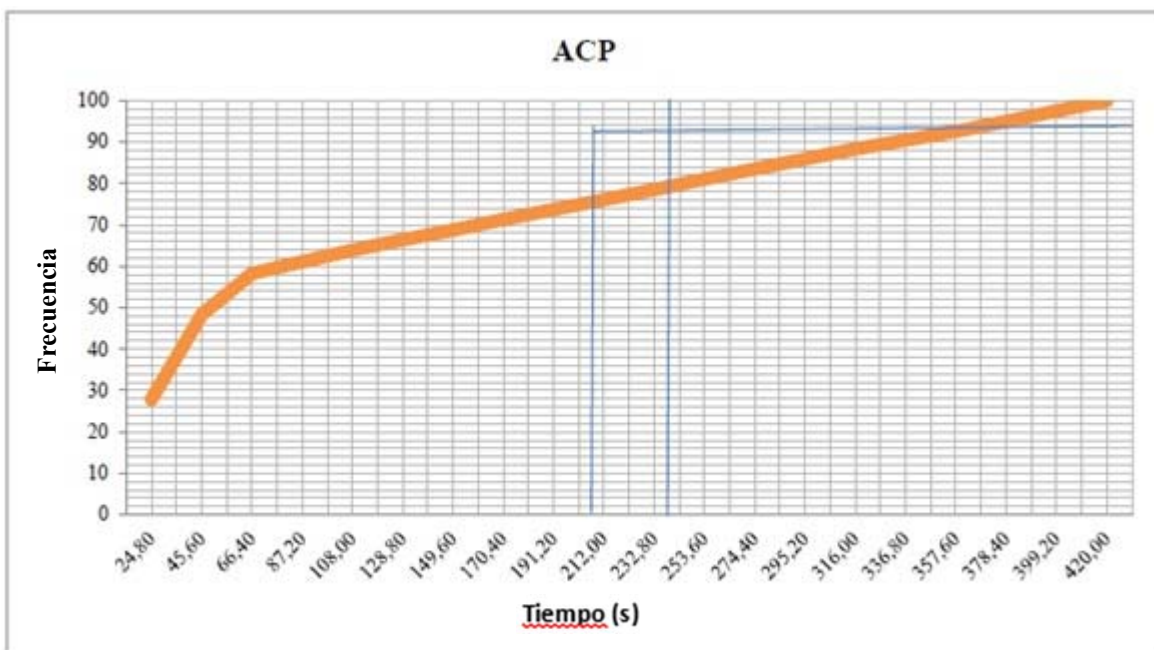
**Análisis del Tiempo de Respuesta de la Comunicación**

2.10. Se realizó un análisis completo de todos los parámetros de comunicación previstos en el RCP. Como los datos fueron extraídos de vuelos ya realizados, llamamos al resultado ACP (Actual Communication Performance). Este análisis más completo fue necesario según la conclusión del estudio anterior publicado en el Informe N° 637199/DT-TIOP/2022, del 21 de noviembre de 2022.

2.11. Para el período evaluado se procesaron 16519 mensajes en el FIR-AO. Como resultado se obtuvo el siguiente comportamiento expresado en distribución de frecuencias:



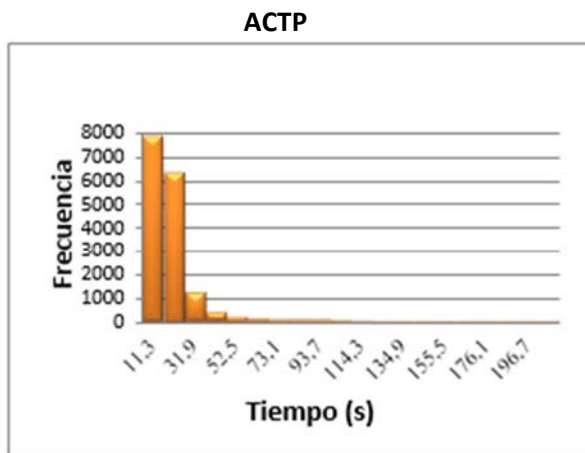
**Figura 6 Distribución de la cantidad de mensajes CPDLC vs Latencia (99% de los datos recibidos)**



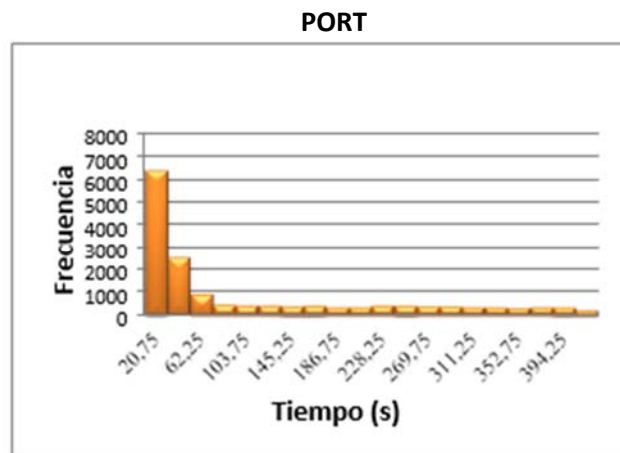
**Figura 7 Gráfico ACP para el período**

2.12. De acuerdo con el parámetro constante de la Tabla 1, se puede observar en la Figura 7 que la ACP encontrada para el período analizado no cumple con los criterios de 95% y 99.9% de continuidad. Este comportamiento también se vio en el estudio anterior que analizó los períodos de agosto y septiembre de 2022, es decir, sin el impacto de la ZCIT.

2.13. Para detectar qué parámetro está afectando el rendimiento, se observaron ACTP y PORT.



**Figura 8 Distribución de frecuencias ACTP**



**Figura 9 Distribución de frecuencias PORT**

2.14. Podemos ver en la Tabla 1 que el tiempo previsto de PORT, también llamado TRN, se estima en 60 s. Del gráfico de la Figura 9, junto con la Tabla 2, se puede observar que solo el 60% de los mensajes fueron respondidos dentro de los 60s.

**Tabla 2 – Distribución Absoluta de Tiempo de PORT**

<b>PORT</b>		
<i>Tiempo del Corte</i>	<i>Frec Absoluta</i>	<i>Porcentaje</i>
20,75	6475,00	39,19728797
41,50	9045,00	54,75513046
<b>62,25</b>	<b>9952,00</b>	<b>60,24577759</b>
83,00	10407,00	63,00018161
103,75	10838,00	65,60929838
124,50	11270,00	68,22446879
145,25	11663,00	70,60354743
166,00	12080,00	73,12791331
186,75	12451,00	75,37381197
207,50	12830,00	77,66813972
228,25	13263,00	80,28936376
249,00	13674,00	82,77740783
269,75	14063,00	85,13227193
290,50	14446,00	87,45081421
311,25	14824,00	89,73908832
332,00	15193,00	91,97287971
352,75	15531,00	94,01900841
373,50	15909,00	96,30728252
394,25	16281,00	98,55923482
415,00	16519,00	100

2.15. El parámetro ACTP (RCTP) es de 120 s al 95 % y de 150 s al 99,9 %. En los datos recopilados, el 99,7 % de los mensajes tenían ACTP inferior a 120 s y el 99,9 % estaba por debajo de 150 s, como se muestra en la Tabla 3 y la Figura 8.

**Tabla 3 - Distribución Absoluta de Tiempo del ACTP**

ACTP		
<i>Tiempo de Corte</i>	<i>Frec. Absoluta</i>	<i>Porcentaje</i>
11,30	7908,00	47,87214722
21,60	14345,00	86,83939706
31,90	15561,00	94,20061747
42,20	15952,00	96,56758884
52,50	16116,00	97,56038501
62,80	16222,00	98,20207034
73,10	16286,00	98,589503
83,40	16346,00	98,95272111
93,70	16406,00	99,31593922
104,00	16442,00	99,53387009
114,30	16466,00	99,67915733
<b>124,60</b>	<b>16476,00</b>	<b>99,73969369</b>
134,90	16482,00	99,7760155
145,20	16491,00	99,83049821
<b>155,50</b>	<b>16504,00</b>	<b>99,90919547</b>
165,80	16506,00	99,92130274
176,10	16509,00	99,93946365
186,40	16512,00	99,95762455
196,70	16516,00	99,98183909
207,00	16519,00	100

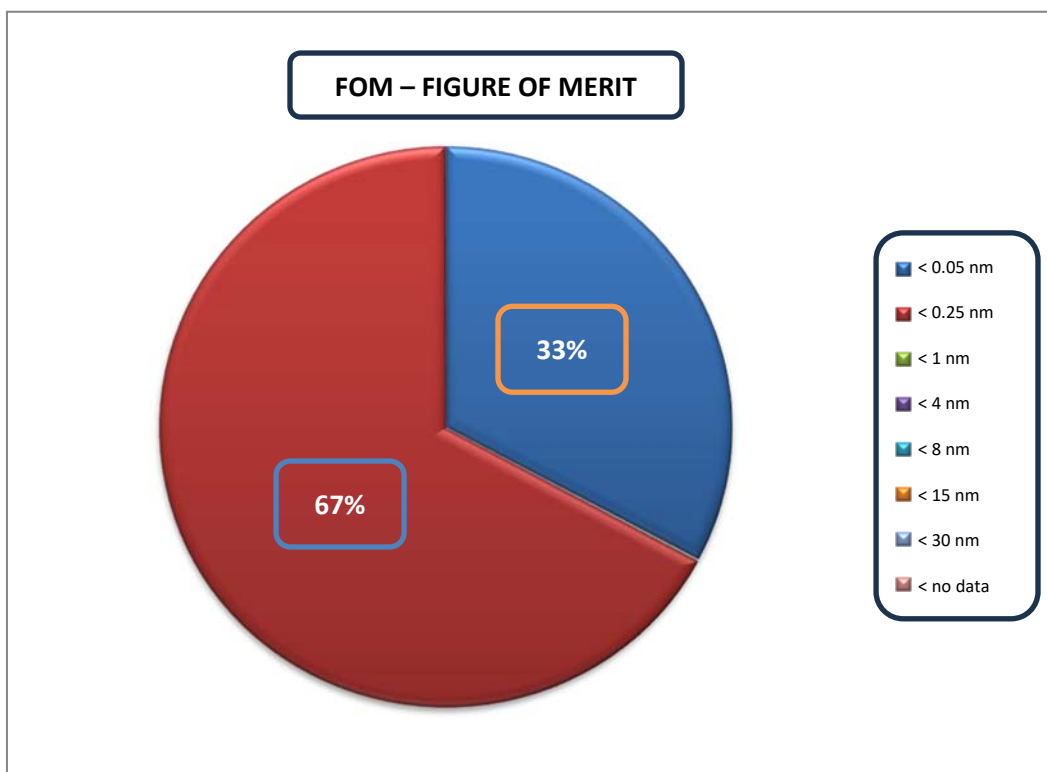
#### Precisión de Navegación de Aeronaves Operando Enlace de Datos en la FIR-AO en el Periodo Activo de la ZITC

2.16. El protocolo ADS-C tiene un parámetro llamado Figura de Mérito, que permite determinar estadísticamente la confiabilidad y precisión de los datos de navegación de la aeronave. Son posibles ocho (8) niveles, como se muestra en la siguiente tabla:

FOM	Precisión de Posición	Comentarios
0	Pérdida total de capacidad de navegación	No hay posibilidad de determinar la posición dentro de 30Nm y se considera pérdida de capacidad de navegación
1	< 30 nm	Consistente con la navegación inercial durante todo el vuelo sin actualizaciones.
2	< 15 nm	Consistente con la navegación inercial durante todo el vuelo con espacio intermedio sin actualizaciones.
3	< 8 nm	Consistente con navegación inercial durante todo el vuelo con poco espacio sin actualizaciones y alrededor de 50Nm desde un VOR.
4	< 4 nm	Consistente con precisión VOR a 50 Nm o menos y con GPS.

5	< 1 nm	De acuerdo con RHO-RHO DME, las aplicaciones RNAV utilizan múltiples actualizaciones de posición por DME o GPS.
6	< 0.25 nm	Consistente con RNAV usando GPS.
7	< 0.05 nm	Consistente con una mayor precisión del GPS.

2.17. La Figura de Mérito se creó para aumentar la conciencia del controlador de vuelo sobre la confiabilidad de los datos de navegación de la aeronave, particularmente en regiones donde no hay cobertura de otros sensores que podrían mejorar la precisión de la información de posición. Para una aeronave RNP10, la FOM debe ser de nivel 3 o superior. Para RNP 4, la FOM debe ser 4 o mayor. Para el período bajo análisis se obtuvo el comportamiento descrito en la Figura 10 y la Tabla 4.



**Figura 10 - Distribución de valores FOM**

**Tabla 4 – Valores de FOM observados en el FIR-AO**

<i>FOM</i>		<i>Cantidad</i>
7	< 0.05 nm	29681
6	< 0.25 nm	60697
5	< 1 nm	17
4	< 4 nm	0
3	< 8 nm	0
2	< 15 nm	0
1	< 30 nm	0
0	No Data	10

2.18. Como se señaló anteriormente, la gran mayoría de los informes ADS-C tenían información de precisión de navegación FOM6 y FOM7 posterior. Estos datos son totalmente compatibles con el análisis realizado en la Opinión Técnica N° 637199/DT-TIOP/2022.

### **3. Conclusión**

3.1. Podemos observar, con base en los análisis realizados, que el comportamiento presentado por la comunicación de enlace de datos en el FIR-AO, durante el período de ZCIT activa, se mantuvo constante y en los mismos parámetros observados en el estudio realizado a finales de 2022. Se asume que la ZCIT no impacta en el desempeño y resultados con miras a la operacionalización del PBCS en la región oceánica. Sin embargo, es necesario realizar más estudios operativos sobre el PORT (TRN), ya que esta acción no cumple con GOLD y DOC 10063.

### **4. Acciones sugeridas**

4.1 Se invita a la reunión a tomar nota de la información contenida en este documento informativo.