



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DE LA RADIACIÓN IONIZANTE NATURAL EN LA CABINA
DE PILOTOS EN VUELOS DE DURACIÓN CORTA Y MEDIA

AUTOR

Carolina Elizabeth Palacios Proaño

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DE LA RADIACIÓN IONIZANTE NATURAL EN LA CABINA DE
PILOTOS EN VUELOS DE DURACIÓN CORTA Y MEDIA

“Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniera Ambiental en Prevención y
Remediación”

Profesor Guía

MSc. Yasser Alejandro González Romero

Autora

Carolina Elizabeth Palacios Proaño

Año

2020

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Evaluación de la radiación ionizante natural en la cabina de pilotos en vuelos de duración corta y media, a través de reuniones periódicas con la estudiante Carolina Elizabeth Palacios Proaño, en el semestre 202010, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.




Yasser Alejandro González Romero

Máster en Ingeniería Ambiental

C.I.: 0703737627

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Evaluación de la radiación ionizante natural en la cabina de pilotos en vuelos de duración corta y media, de la estudiante Carolina Elizabeth Palacios Proaño, en el semestre 202010, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



Rasa Zalakeviciute

Doctor of Engineering Science

C.I.: 1757076797

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.



Carolina Elizabeth Palacios Proaño

C.I.: 1716822927

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por ser un pilar importante en el cumplimiento de mis metas, a mi tutor Yasser González y correctora Rasa Zalakeviciute por su guía y dedicación a lo largo de este proyecto, a mis profesores por el conocimiento impartido, y a mis amigos Cami, Tabi, Are, Male y Toto por su apoyo y las largas noches de estudio.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi papá, mi motivación e impulso para seguir adelante, quien me ha demostrado que con esfuerzo y dedicación los sueños se cumplen, es mi mayor bendición.

RESUMEN

A lo largo de su vida laboral, tanto los pilotos como su tripulación de cabina, están expuestos a niveles elevados de radiación natural de fondo, provocados principalmente por la radiación cósmica de origen galáctico y solar. Por tal motivo, a partir de 1990, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) recomendó a las tripulaciones aéreas seguir ciertos límites de exposición a la radiación. Existen investigaciones sobre este problema, principalmente en las zonas polares, donde se producen mayores afectaciones a la salud. Sin embargo, debido a la escasez de análisis en la región ecuatorial, el objetivo de este estudio fue evaluar la radiación ionizante natural en la cabina de pilotos en vuelos nacionales e internacionales de duración corta y media a nivel de Sudamérica, y determinar si supera los límites anuales establecidos por la ICRP. Se utilizó el detector Geiger Müller para realizar las mediciones *in situ* en julio de 2019, durante el mínimo solar, en los vuelos de duración media (1.5 - 3 h) Baltra-Quito (nacional) y Bogotá-Quito (internacional), y de duración corta (<1.5 h) Quito-Guayaquil (nacional). Adicionalmente, a través del software CARI-6, se estimó la dosis efectiva anual usando parámetros de origen y destino de cada vuelo, duración, altitudes alcanzadas, y fecha. Los resultados *in situ* indicaron que, en las rutas de duración media, la dosis de radiación fue similar y directamente proporcional a la altitud, alcanzando una tasa máxima de 3.5 $\mu\text{Sv/h}$ a 11.27 km de altura. No obstante, al comparar de la tasa de dosis entre una ruta medida y otra calculada, en condiciones iguales (latitud 0° y mínimo solar), la tasa de dosis medida fue superior a la calculada. A través de las simulaciones realizadas mediante el software CARI-6, se estimó 1.4 mSv/año de dosis efectiva recibida por la tripulación, superando los límites permisibles para el público general, pero no la determinada para el personal ocupacionalmente expuesto. En consecuencia, el riesgo ocupacional es mínimo.

Palabras clave: Radiación cósmica, tasa de dosis, dosis efectiva, ICRP.

ABSTRACT

Throughout their working life, pilots and their cabin crew are exposed to natural background radiation levels, mainly caused by solar and galactic cosmic radiation. For this reason, since 1990, the International Commission of Radiological Protection (ICRP) recommended that air crews follow certain radiation exposure limits. There is research on this issue, mainly in the polar areas, where there are greater health effects. However, due to the lack of analysis in the equatorial region, the objective of this study was to evaluate the natural ionizing radiation in the cockpit on national and international flights of short and medium duration in South America, and determine if it exceeds the annual limits established by the ICRP. The Geiger Müller detector was used to perform the measurements *in situ* in July 2019, during the solar minimum, on the flights of Baltra-Quito (national) and Bogotá-Quito (international) of medium duration (1.5-3h), and Quito-Guayaquil (national) of duration short (<1.5 h). Additionally, through the CARI-6 software, the annual effective dose was estimated using parameters of origin and destination of each flight, duration, altitudes reached, and date. The results *in situ* indicated that, in the medium duration routes, the radiation dose was similar and directly proportional to the altitude, reaching a maximum rate of 3.5 $\mu\text{Sv/h}$ at 11.27 km high. However, when comparing the dose rate between a measured route and a calculated one, under equal conditions (0° latitude and solar minimum), the measured dose rate was higher. Through the simulations carried out with the CARI-6 software, 1.4 mSv/year of effective dose received by the crew was estimated, exceeding the permissible limits for the general public, but not the ones determined for the occupational exposed workers. Consequently, the occupational risk is minimal.

Keywords: Cosmic radiation, dose rate, effective dose, ICRP.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Marco Referencial.....	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Alcance	5
1.5 Justificación	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Radiación	7
2.2 Radiación de Origen Natural	8
2.2.1 Terrestre	8
2.2.2 Cósmica.....	8
2.3 Radiación en la Aviación	11
2.3.1 Límites Máximos Permisibles	13
2.4 Medición de la Radiación.....	14
2.4.1 Dosis Efectiva.....	14
2.4.2 Equipos de Medición.....	14
2.4.3 Tipos de Software	15
2.5 Efectos Biológicos de la Radiación	16
3. METODOLOGÍA.....	17
3.1 Área de estudio	17
3.2 Mediciones de tasa de dosis en el estudio.....	21
3.3 Análisis de Datos	23
3.4 Estimación de la Dosis Efectiva Anual	24
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	26

4.1 Tasa de Dosis en Vuelos Nacionales e Internacionales	26
4.2 Resultados de Dosis Efectiva con Simulación.....	28
4.3 Estimación Anual	35
3.5 Riesgo Ocupacional	36
4.4 Riesgo Ocupacional	37
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
5.1 Conclusiones	39
5.2 Recomendaciones.....	39
REFERENCIAS	41
ANEXOS	52

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los rayos cósmicos del entorno aeroespacial que penetran la Tierra son de origen galáctico y solar (Hubert & Aubry, 2018). Los protones energéticos, partículas alfa e iones pesados, producto de los rayos cósmicos galácticos, atraviesan la magnetosfera hasta llegar a la atmósfera del planeta en diversas latitudes magnéticas, donde son captados por las moléculas atmosféricas, ocasionando que la radiación primaria se aplaque y se desarrollen partículas de baja energía emitidas en todas las direcciones como: protones, neutrones, electrones, piones, muones, rayos x y gamma; a lo que se conoce como radiación secundaria (Tobiska et al., 2015; Tomić-Petrović, 2012). Los rayos cósmicos solares, de similar composición y menor energía que los galácticos, resultan de las partículas energéticas solares emanadas durante los eventos de erupción solar, a lo que se conoce como Máximo solar, dentro de un ciclo solar de 11 años (Tobiska, Meier, Matthiae & Copeland, 2018). Sin embargo, durante el Mínimo solar, donde se produce menor actividad solar, existe mayor penetración de radiación cósmica debido a que se debilita el escudo poroso formado por la atmósfera, el viento y campo magnético solar, proporcionando menor protección al planeta (Knipp, 2017).

Existe un máximo ionizante a una altitud entre 20 a 25 km, resultante del impacto inicial entre las moléculas atmosféricas (N_2 y O_2) y las partículas energéticas primarias y secundarias, llamado Máximo de Pfozter, barrera que reduce el flujo de partículas (Tobiska et al., 2015). Puede contribuir al riesgo de enfermedades como el cáncer en los tejidos humanos, ya que, la radiación activa varias vías de lesión al causar la ionización, disociación o excitación de átomos y moléculas (Tobiska, Meier, Matthiae & Copeland, 2018). Estas incluyen: la producción de

radicales libres, ruptura de enlaces químicos, producción de nuevos enlaces químicos y enlaces cruzados entre macromoléculas, y daño de moléculas que regulan procesos celulares vitales (ADN, ARN y proteínas) (Tobiska, Meier, Matthiae & Copeland, 2018).

La exposición a la radiación cósmica es uno de los peligros naturales que enfrentan a nivel mundial las tripulaciones aéreas, pilotos, y pasajeros (viajeros frecuentes) a una altitud igual o mayor a 8000 m (Tobiska, Meier, Matthiae & Copeland, 2018); puede llegar a 10 $\mu\text{Sv/h}$ a 15000 m, en comparación al nivel del mar, donde se recibe una mínima de 0.03 $\mu\text{Sv/h}$ (Bartlett, 2004). Las afectaciones, producto de la radiación, se extienden a la estructura de la aeronave y los materiales interiores (tripulación y los pasajeros), a causa de los neutrones de muy baja energía ($<10\text{MeV}$) que se crean mediante la dispersión del N_2 y O_2 y el calentamiento provocado por los materiales de la aeronave, creando neutrones termalizados que luego son absorbidos por el boro (B-10), produciendo un rayo gamma (480 keV), una partícula alfa (4 MeV) y un ion litio, una alteración adicional del espectro de radiación (Tobiska et al., 2015).

Las primeras investigaciones relacionadas a la radiación cósmica en la aviación iniciaron en 1990, con el respaldo de la Comisión Europea. En 1992, la aerolínea finlandesa Finnair demostró el doble riesgo de las azafatas a desarrollar cáncer de mama en comparación a la población general (Tomić-Petrović, 2012); en el 2009 se reveló que la exposición de la aeronave a radiaciones ionizantes puede inducir aberraciones cromosómicas (De Luca, Picco, Macintyre, Dulout & López, 2009); y en el 2017, el estudio de Gudmundsdotti, Hrafnkelsson & Vilhjalmur (2017) comprobó la similitud entre el patrón de los pilotos comerciales al reportado en estudios previos de incidencia de cáncer, cuyo riesgo aumenta según el número de años de empleo y la dosis total acumulada de radiación.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), organismo encargado de desarrollar la normativa para mitigar el riesgo de exposición a la radiación, implementó las Normas ISO 20785-1, que describen los códigos empleados en el cálculo de la dosis de radiación cósmica recibida por las personas en aviones civiles (Tobiska, Meier, Matthiae & Copeland, 2018). En conformidad con la ICRP, se recomiendan los siguientes límites de dosis efectiva: 20 mSv/año en un lapso de 5 años y 50 mSv en un solo año para el personal ocupacionalmente expuesto (POE), y 1 mSv/año para el público general (Tobiska et al., 2015). Hoy en día, la dosis efectiva individual promedio anual recibida en un viaje aéreo es de 2 μ Sv, siendo cinco veces mayor en Norteamérica (10 μ Sv), ya que, solo las partículas con alta rigidez pueden llegar a la atmósfera en latitudes cercanas al Ecuador, mientras que incluso las partículas de baja rigidez pueden ingresar a la atmósfera en los polos geomagnéticos (Tomić-Petrović, 2012). Sin embargo, un factor importante a considerar para Sudamérica es la presencia de una anomalía magnética, llamada Anomalía Magnética del Atlántico Sur (AMAS), región donde las líneas del campo magnético se aproximan a la corteza terrestre y pueden modificar la forma de desarrollo de la lluvia secundaria de radiación cósmica en la atmósfera (Van, 2010).

1.2 Marco Referencial

La tripulación aérea desempeña sus labores dentro de un entorno donde se exponen diariamente a factores de riesgo como la radiación cósmica, de tipo solar o galáctico (Butler, Nicholas, Lackland, & Friedberg, 2000), lo que conlleva a problemas a la salud como aberraciones cromosómicas (De Luca, Picco, Macintyre, Dulout & López, 2009), cáncer de piel y cataratas (Cárdenas, 2012; Jaramillo & Zapata, 2014). Por tal motivo, desde 1990, la ICRP recomendó que las tripulaciones aéreas sean consideradas como parte del POE (Tobiska, Meier, Matthiae & Copeland, 2018). Sin embargo, en el Ecuador sólo existe normativa

y sistemas de monitoreo para el control de la exposición de las tripulaciones a este tipo de radiación natural, para vuelos a altitudes crucero superiores a los 49000 pies (14.93 km) (DGAC, 2012).

Considerando los resultados de estudios internacionales con relación a los efectos en la salud de las tripulaciones aéreas debido a la exposición a la radiación ionizante, cuyo riesgo aumenta según el número de años de empleo y la dosis total acumulada de radiación (Casón, 2009), fue pertinente conocer el nivel de riesgo ocupacional al que está expuesta la tripulación aérea en Sudamérica, en base a los límites máximos permisibles establecidos por la ICRP.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar la radiación ionizante natural en la cabina de pilotos en vuelos de duración corta y media.

1.3.2 Objetivos Específicos

- x Determinar la tasa de dosis en la cabina de pilotos en vuelos nacionales e internacionales.
- x Estimar la dosis efectiva anual recibida de radiación ionizante según el tiempo de exposición y la altitud, a través de simulaciones.
- x Conocer el nivel de riesgo ocupacional en base a los límites máximos permisibles.

1.4 Alcance

En el presente estudio se utilizó detectores de radiación ionizante para medir la dosis efectiva recibida por la tripulación aérea en vuelos de corta y media duración a nivel nacional e internacional, en Sudamérica y El Caribe. De esta manera, se estimó, según el tiempo de exposición y la altitud, la tasa de dosis anual recibida, y se determinó el nivel de riesgo ocupacional en base a los límites máximos permisibles.

1.5 Justificación

La radiación ionizante natural que se origina en el universo cohabita con los seres humanos desde inicios de su existencia, por lo que es primordial comprender las consecuencias que ésta produce en el hombre. Sin embargo, se excluye del control radiológico, ya que, se considera fuera del alcance de la protección radiológica (Castro, 2013). Tanto para los astronautas como para los tripulantes de aerolíneas y pasajeros frecuentes, hay diferencias eminentes de dosis de radiación, riesgos y protección al ambiente, de modo que es justificable aplicar el principio de “tan bajo como sea razonablemente posible” (ALARA) (Federico, González, Sordi & Caldas, 2012).

Debido al incremento en el número de operaciones de aviación comercial, en las últimas décadas, los investigadores se han enfocado en controlar los niveles de radiación ionizante recibida por la tripulación, lo que ha motivado a la realización de varios estudios a nivel internacional (Vergara & Román, 2009). El motivo de esta preocupación se debe al hecho de que la tasa de dosis derivada de la Radiación Cósmica en la atmósfera aumenta considerablemente con la altitud, llegando a alcanzar valores cien veces más altos, por lo que la tripulación aérea

puede llegar a exceder con frecuencia la dosis límite anual propuesta por las organizaciones internacionales para el público general (ICRP, 2007), que es 1 mSv. Este grupo está expuesto a niveles de radiación que son comparables a los niveles promedio de radiación recibidos por profesionales que trabajan con radiación en Medicina y Tecnología Nuclear (ICRP, 1998). Además, se ha registrado un incremento en los índices de cataratas y carcinomas en pilotos comerciales a nivel mundial, que están vinculadas a la radiación ionizante (Cárdenas, 2012; Jaramillo & Zapata, 2014).

En América del Sur, la presencia de la Anomalía Magnética del Atlántico Sur (AMAS) puede modificar la forma de desarrollo de la lluvia secundaria de radiación cósmica en la atmósfera (Van, 2010). Otro problema es el potencial aumento de la precipitación de partículas en esta región, en comparación con otras en el mundo, debido a las variaciones estacionales en la actividad solar como consecuencia de esporádicas llamaradas solares repentinas (Heinrich, Roesler & Schraube, 1999). Se han realizado pocos estudios en Sudamérica, y de estos, la mayoría evalúan las rutas que operan desde el hemisferio norte hacia el sur, o a la inversa, cuyos resultados se reportan como un todo, es decir, no se detallan las variaciones de las tasas de dosis exclusivamente en el sur.

Por todos los motivos antes mencionados, el presente estudio fue orientado a la medición de la dosis efectiva de radiación ionizante que recibe la tripulación aérea, exclusivamente en Sudamérica y El Caribe, y conocer el nivel de riesgo ocupacional mediante estimaciones anuales y en base a los límites máximos permisibles.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Radiación

La radiación es un flujo de energía o partículas que atraviesa el espacio o un medio y posee la capacidad de ionizar materiales (Kudo, 2018). Los mecanismos por los cuales, estas partículas, cargadas o neutras, impactan el mundo circundante, están determinados por las leyes que gobiernan las interacciones de partículas subatómicas (Cerrito, 2017).

Según Zadunaisky (2004), existen tres tipos de decaimiento radiactivo (Figura 1):

- La radiación menos penetrante, constituida por dos protones y dos neutrones estrechamente unidos formando núcleos de helio (Hoyos & Flores, 2013), que puede ser absorbida por una hoja de papel, son los rayos α .
- La radiación, formada por electrones, capaz de atravesar delgadas láminas metálicas (<5 mm de espesor), son los rayos β .
- La radiación más penetrante, que sobrepasa un campo magnético de hasta 10 mm de espesor, son los rayos γ .

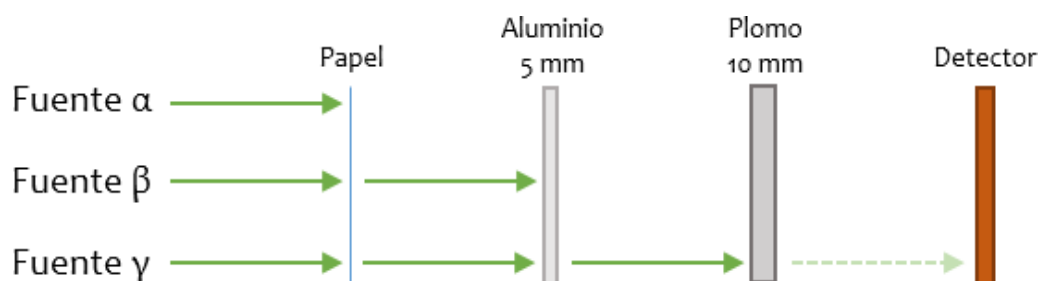


Figura 1. Penetración de la radiación.

Adaptado de: Zadunaisky, 2004.

2.2 Radiación de Origen Natural

La radiación de origen natural es la dosis más significativa que reciben todos los seres vivos (incluido el hombre) de forma colectiva, anualmente de 2.4 mSv, dividida en: 1.2 a 10 mSv de radón 0.43 a 4.3 mSv de terrestre, y 0.38 a 2 mSv de cósmica (Manosalva, 2010).

2.2.1 Terrestre

Existen dos tipos de radiación terrestre: la *Primordial*, que existe desde los inicios de la Tierra; y la *Cosmogénica*, producto de la interacción entre la atmósfera, la radiación cósmica y terrestre, cuya importancia radiológica se ha intensificado debido al aumento de su concentración, ocasionado por el desarrollo tecnológico (IAEA, 2003).

2.2.2 Cósmica

La radiación cósmica primaria se caracteriza por partículas de alta energía que se originan dentro y fuera del sistema solar (Wollschläger et al., 2017). Al atravesar la capa atmosférica del planeta, esta radiación produce muchos tipos de ionización secundaria con energías que van hasta cientos de Gigaelectronvoltios, influenciada por la actividad y el campo geomagnético de la Tierra, el cual es capaz de desviar más las partículas en el ecuador que en los polos, donde la radiación atraviesa profundamente la atmósfera (Battistoni, Ferrari, Pelliccioni & Villari, 2004). La magnetosfera es el escudo que se forma a partir de la interacción del campo geomagnético y las partículas con carga eléctrica (Figura 2) (Bottollier et al., 2000).

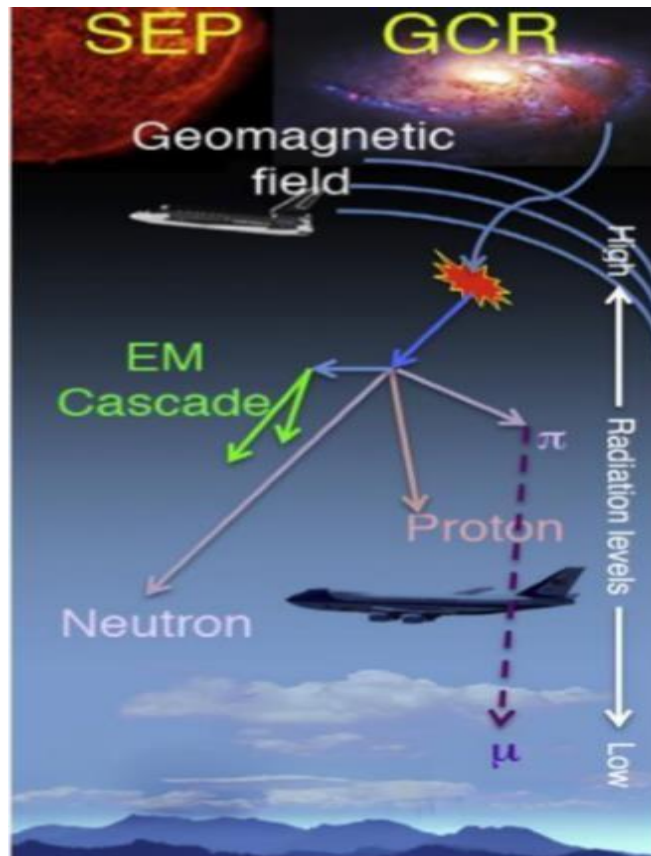


Figura 2. Fuentes de Radiación Cósmica Primaria y Secundaria, al atravesar el campo geomagnético.

Tomado de: Tobiska et al., 2018.

- **Galáctica**

Son las partículas de alta energía que fluyen hacia el sistema solar (Sarajlic, He, Sarajlic & Wei, 2018), producto de las explosiones supernova, está compuesta principalmente de protones (85%), núcleos de helio (12%), núcleos más pesados (1%) y electrones y positrones (2%) (Anderson et al., 2014). La radiación galáctica se clasifica como "primaria", si las partículas (iones y electrones) se aceleran en fuentes astrofísicas, mientras que las partículas producidas a partir de la interacción de la radiación primaria y el gas interestelar se denominan

“secundarias” (iones, neutrones, rayos gamma, electrones, etc.) (Straume et al., 2008).

- **Solar**

Radiación solar es la fuente de radiación más esencial para la Tierra (Agosta, s.f.). Está compuesta de partículas solares, producto de las descargas esporádicas de energía en la atmósfera solar y expulsiones de la masa coronal, de las cuales una mínima parte produce grandes cantidades de protones de alta energía que causan un aumento considerable de intensidad en los campos de radiación cósmica a altitudes de aviación (Vukovic et al., 2008).

El sol tiene un campo magnético variable con un componente dipolo básico que invierte la dirección aproximadamente cada 11 años, a lo que se conoce como ciclo solar; cerca de la inversión, a “mínimo solar”, hay significativamente menos manchas solares, y el campo magnético que se extiende a través del sistema solar es relativamente débil y suave, mientras que en el máximo solar hay un aumento significativo en las manchas solares, y el plasma de protones y electrones, expulsados del sol (viento solar) lleva un campo magnético relativamente fuerte (Poje et al., 2008).

De acuerdo al calendario solar, tal como se refleja Figura 3, actualmente, se atraviesa la fase de mínimo solar, lo que significa una mayor incidencia de radiación cósmica galáctica debido al debilitamiento de la magnetosfera (Knipp, 2017).

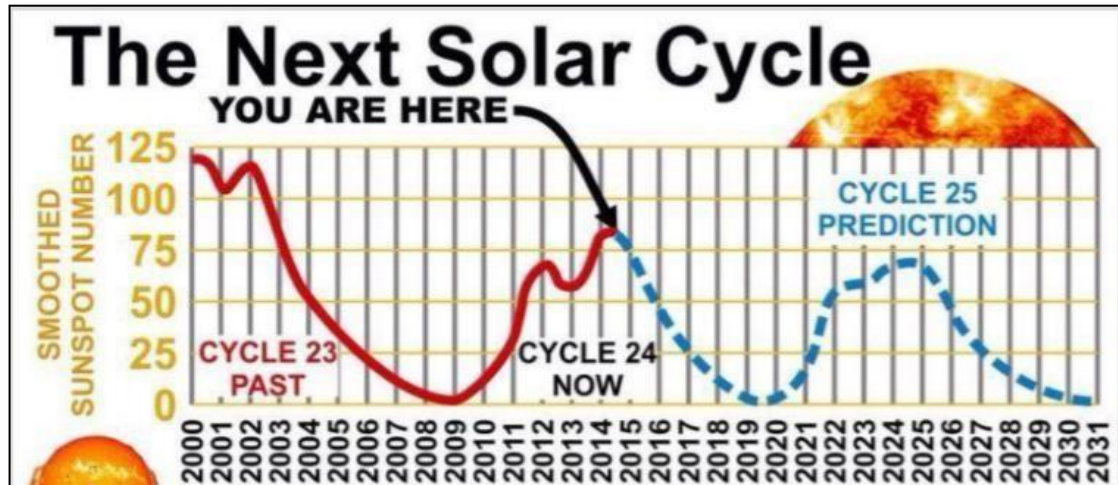


Figura 3. Ciclo Solar.

Tomado de: Mares & Yasuda, 2010.

2.3 Radiación en la Aviación

El flujo de partículas de radiación cósmica aumenta con la altitud, siendo significativamente más alto a bordo aviones (Bottollier et al., 2003). La dosis se duplica por cada aumento de altitud de 1500 m (Gundestrup & Storm, 1999), alcanzando una tasa de dosis de 10 $\mu\text{Sv/h}$ a 15000 m, en comparación al nivel del mar, donde se recibe una mínima de 0.03 $\mu\text{Sv/h}$ (Figura 4) (Bartlett, 2004; Colgan, Synnott & Fenton, 2007). La mayoría de las rutas de vuelo internacionales y nacionales implican altitudes de crucero de 10 a 17000 m, donde la intensidad de las partículas ionizantes se vuelve significativa (Zhou, Sullivan & Flood, 2006). El estudio realizado por Frasch, Kammerer, Karofsky, Schlosser & Stegemann (2014), señala que los pilotos de aviones jet que operan rutas entre Alemania y Estados Unidos a una altitud promedio de 15000 m, reciben una dosis superior a 3.5 mSv. Hoy en día, se conoce que el promedio internacional de dosis anual para la tripulación de la aeronave debido a la radiación cósmica galáctica es de 3 mSv (Beck et al., 2009).

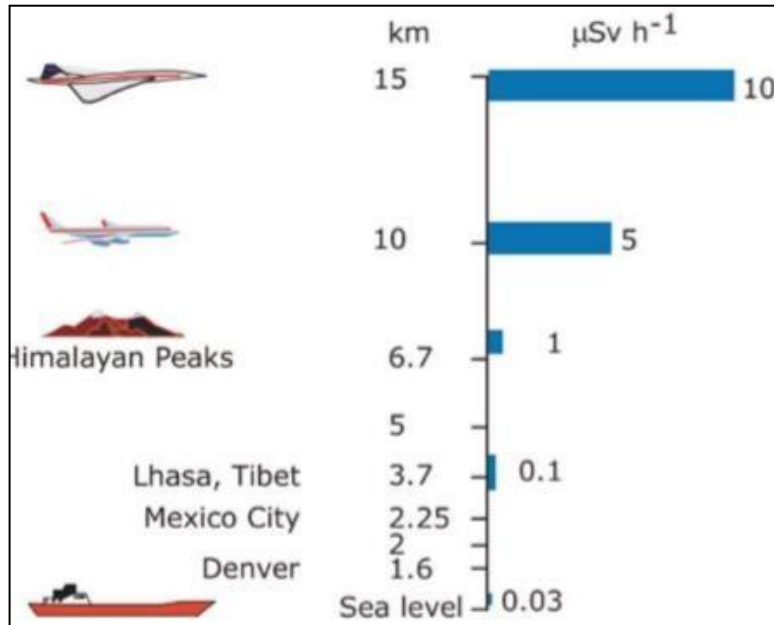


Figura 4. Variación de la tasa de dosis de radiación en base a la altitud.

Tomado de: Bartlett, 2004.

En cuanto a la ubicación geográfica, la tasa de dosis cambia principalmente con la latitud, mientras que no se espera una variación significativa con la longitud (Sharma, 2015). El campo geomagnético ayuda a desviar los rayos cósmicos. Esta protección es mayor en el ecuador y menor en los polos, de modo que la intensidad de los rayos cósmicos en la atmósfera aumenta a medida que uno se mueve a una latitud más alta (Figura 5) (Kendall, 2005).

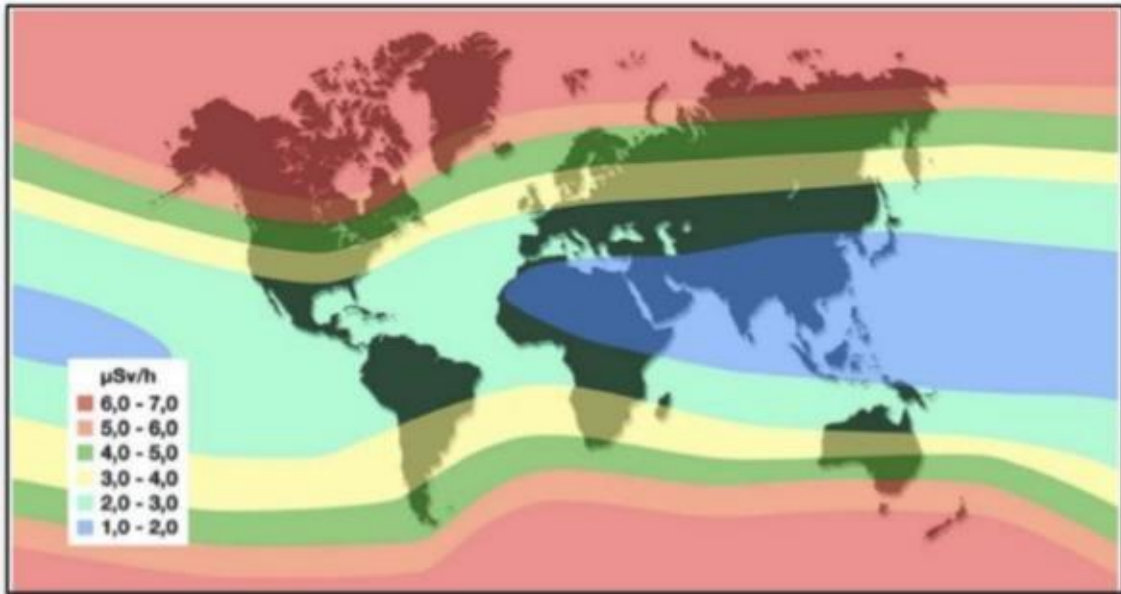


Figura 5. Variación de la tasa de dosis de radiación en función de la latitud.

Tomado de: Lochard et al., 2015.

En virtud de que la radiación cósmica contribuye representativamente a la exposición de la tripulación aérea, en 1991 la ICRP recomendó que se considere como parte de la exposición ocupacional (Malusek, Ploc, Kovar, Brabcova & Spurny, 2010).

2.3.1 Límites Máximos Permisibles

La ICRP, organismo encargado de desarrollar la normativa para mitigar el riesgo de exposición a la radiación, desarrolló las Normas ISO 20785-1, que describen el cálculo de la dosis de radiación cósmica debido a la exposición de las personas en aviones comerciales (Tobiska, Meier, Matthiae & Copeland, 2018). En conformidad con la ICRP, los límites de dosis efectiva establecidos son: 1 mSv/año para el público general, y 20 mSv/año en 5 años y 50 mSv en un solo año para el POE (Tobiska et al., 2015).

2.4 Medición de la Radiación

La radiación se puede medir de 2 formas: a través de equipos detectores o usando modelos numéricos; lo importante es asegurarse de obtener resultados confiables, para lo cual se recomienda validar los resultados obtenidos usando los dos métodos para realizar la evaluación (Yasuda, Yajima, Sato, Takada & Nakamura, 2009).

2.4.1 Dosis Efectiva

La dosis efectiva se considera un indicador apropiado del daño ocasionado por la radiación en la salud de las personas, como producto de las exposiciones en las operaciones habituales (OIEA, 2004). Se aplica tanto al público en general como al POE, y se obtiene a partir de la sumatoria de los productos de los factores de ponderación de radiación y de órgano por la dosis absorbida (ICRU, 1992).

2.4.2 Equipos de Medición

Dentro de los equipos de medición, los más empleados son: semiconductores, trazas nucleares, centelleo, termoluminiscentes y gaseosos.

Los *detectores semiconductores funcionan de forma similar a una cámara de ionización*, en la cual el medio ionizable corresponde a un semiconductor con alta capacidad de resistividad, alcanzada a través del desarrollo de regiones espaciales de carga (Attix, 1986). Los *detectores por trazas nucleares* consisten en partículas ionizantes que, al atravesar un material dieléctrico, ocurre un daño

a nivel molecular durante el recorrido de las partículas cargadas, al transmitir energía a los electrones, traza que se hace visible de forma microscópica por medio del etching (proceso de revelado), resultado del uso de fuentes de alta tensión y frecuencia en soluciones básicas o ácidas (Durrani & Bull, 1987).

La funcionalidad de los *detectores de centelleo* consiste en partículas ionizantes que inciden en un material centellador, produciendo partículas secundarias con carga que se desplazan internamente, mientras que una mínima parte de la energía cinética se convierte en energía luminosa, según la naturaleza de la partícula y su energía (Knoll, 1985). Los *detectores termoluminiscentes* son integradores y pasivos, permiten determinar la dosis y excluir los componentes de los diferentes campos de radiación en base al fenómeno de luminiscencia, proceso no térmico de irradiación óptica de un elemento, que presentan algunas sustancias semiconductoras o aislantes en ciertas condiciones de agitación (Horowitz, 1984).

Finalmente, los *detectores gaseosos*, están constituidos por una cavidad que contiene un gas, y se somete a un campo cargado eléctricamente, producto de la diferencia de potencial entre dos conductores de energía, ocasionando la interacción de las partículas ionizantes con el gas y generando pares de iones que, al estar presentes en el campo eléctrico, se precipitan en dirección a los conductores eléctricamente polarizados de signo opuesto, cuyas cargas eléctricas configuran la señal eléctrica correspondiente (Aguilera, Hernández & Hirsch, 2005).

2.4.3 Tipos de Software

Hoy en día, las dosis de radiación cósmica en la tripulación de la aeronave se evalúan mediante simulaciones numéricas de modelos utilizando códigos analíticos, programas de uso fácil para el cálculo de las dosis de ruta de aviación, disponibles para el público en Internet (Yasuda, Lee, Yajima, Hwang & Sakai, 2011). Los más utilizados son: el sistema francés Sievert, código español EPCARD, modelo canadiense PCAIRE, y el programa americano CARI (Barish, 2008; Clairand, Fuller, Bottollier & Trompier, 2009; Sáez & Dominguez, 2009; Spurny, Ploc & Kovar, 2007).

El funcionamiento se basa en una interpolación e integración de los datos almacenados a lo largo de las rutas de aviación, especificadas por: coordenadas geográficas, aeropuertos de origen y destino, desvío de las rutas de vuelo, altitud, tiempo de vuelo (incluyendo despegue y aterrizaje), y promedio mensual de actividad solar (Schraube, Mares, Roesler & Heinrich, 1999). Estos cálculos se pueden realizar para cada miembro de la tripulación aérea, de tal manera que se obtenga la dosis individual acumulada durante un período de tiempo dado (Bottollier et al., 2007).

Las ventajas de estos programas radican en su confiabilidad, bajo costo y restricción de uso, en comparación a los dosímetros individuales o instrumentos de medida instalados a bordo de los aviones (Meier, 2016). De estos cuatro, solo CARI-6 y EPCARD están disponibles gratuitamente, sin cargo, para uso de cualquier persona interesada en realizar un dosis cálculo ingresando un plan de vuelo simple (Anderson, Waters, Hein, Schubauer & Pinkerton, 2011). La dosis de radiación cósmica estimada es expresada en términos de dosis efectiva para ambos programas (Alves & Mairos, 2007).

2.5 Efectos Biológicos de la Radiación

La exposición a la radiación ionizante puede ocasionar efectos determinísticos o estocásticos (White & Mallya, 2012). Los efectos determinísticos resultan de la muerte celular, y se caracterizan por una dosis umbral, bajo la cual no existe efecto clínico (Desouky, Ding & Zhou, 2015). Los efectos estocásticos derivan del daño al ADN y están asociados a la exposición a baja dosis a largo plazo (Scott, Walker, Tesfaigzi, Schöllnberger & Walker, 2003).

En la aviación, los miembros de la tripulación reciben dosis de radiación que exceden los límites recomendados para grupos de población en general, y son comparables en magnitud a las recibidas por los trabajadores en tierra; sin embargo, no están capacitados ni son tratados como parte del POE y, en general, no son conscientes de las dosis que reciben (Barish, 1990). Existen estudios que han demostrado que los pilotos desarrollan ciertas enfermedades como: cataratas a una edad más temprana (Ainsbury et al., 2009), cáncer de seno, cáncer de piel y melanoma (Silverman & Gendreau, 2009). El riesgo a adquirir este tipo de enfermedades aumenta según el número de años de empleo y la dosis total acumulada de radiación (Cascón, 2009).

3. METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio

Para el presente estudio se escogió a una aerolínea que realiza vuelos a nivel de Sudamérica y el Caribe, específicamente las rutas (ida y vuelta): Quito - Guayaquil, Quito - Manta, Quito - El Coca, Quito - Baltra (Galápagos), Quito - Bogotá, Quito - Lima, Guayaquil - Baltra (Galápagos), Guayaquil - San Cristóbal (Galápagos), Guayaquil - Lima, Lima - La Paz, Lima - Santa Cruz, Bogotá - Santa Cruz, Bogotá - Panamá, Bogotá - Aruba, y Bogotá - Curazao. Los

códigos para cada aeropuerto se encuentran detallados en la Tabla 1, a continuación.

Tabla 1. *Aeropuertos empleados en el estudio, con sus respectivos códigos asignados por la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA), y ubicación.*

AEROPUERTO	CÓDIGO IATA	CIUDAD
Aeropuerto Internacional Reina Beatrix	AUA	Aruba
Aeropuerto Internacional El Dorado	BOG	Bogotá
Aeropuerto Internacional Alfonso Bonilla Aragón	CLO	Cali
Aeropuerto Internacional Hato	CUR	Curazao
Aeropuerto Internacional José Joaquín de Olmedo	GYE	Guayaquil
Aeropuerto Seymour de Baltra	GPS	Baltra
Aeropuerto Internacional Jorge Chávez	LIM	Lima
Aeropuerto Internacional El Alto	LPB	La Paz
Aeropuerto Internacional José María Córdova	MDE	Medellín
Aeropuerto Internacional Eloy Alfaro	MEC	Manta
Aeropuerto Francisco de Orellana	OCC	Coca
Aeropuerto Internacional de Tocumen	PTY	Panamá
Aeropuerto de San Cristóbal	SCY	San Cristóbal
Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre	UIO	Quito
Aeropuerto Internacional Viru Viru	VVI	Santa Cruz

Adaptado de: IATA, 2020.

Para propósitos de este estudio, los vuelos se dividieron en tres categorías en base a la duración: corta (menor a 1.5 horas), media (1.5 a 3 horas) y larga (mayor a 3); ya sea nacional o internacional (Tabla 2).

Tabla 2. *Distribución de rutas nacionales e internacionales en base al tiempo de vuelo.*

RUTA (IDA Y VUELTA)	DURACIÓN		
	CORTA (< 1.5 h)	MEDIA (1.5 a 3 h)	LARGA (> 3 h)
NACIONAL	UIO-GYE	UIO-GPS	
	UIO-MEC	GYE-GPS	NO
	UIO-OCC	GYE-SCY	EXISTE
	BOG-MDE		
INTERNACIONAL	GYE-CLO	UIO-BOG	BOG-VVI
		BOG-PTY	
		UIO-LIM	
		LIM-LPB	
		GYE-LIM	
		LIM-VVI	
		BOG-AUA	
		GYE-BOG	
		BOG-CUR	
		UIO-MDE	

Se tomó como muestra dos rutas de vuelo, nacional e internacional, que la aerolínea opera rutinariamente desde el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre de Quito, las cuales son:

1. Vuelo nacional: Quito (UIO) – Baltra (GPS) (Figura 6)
2. Vuelo internacional: Quito (UIO) – Bogotá (BOG) (Figura 7)

Estas rutas alcanzan una altitud crucero de 36000 a 37000 pies (10.97 a 11.27 km), y una duración aproximada de 1.5 a 2 horas.



Figura 6. Ruta Quito-Baltra.

Tomado de: Jeppesen Mobile FliteDeck 3.0, 2019.

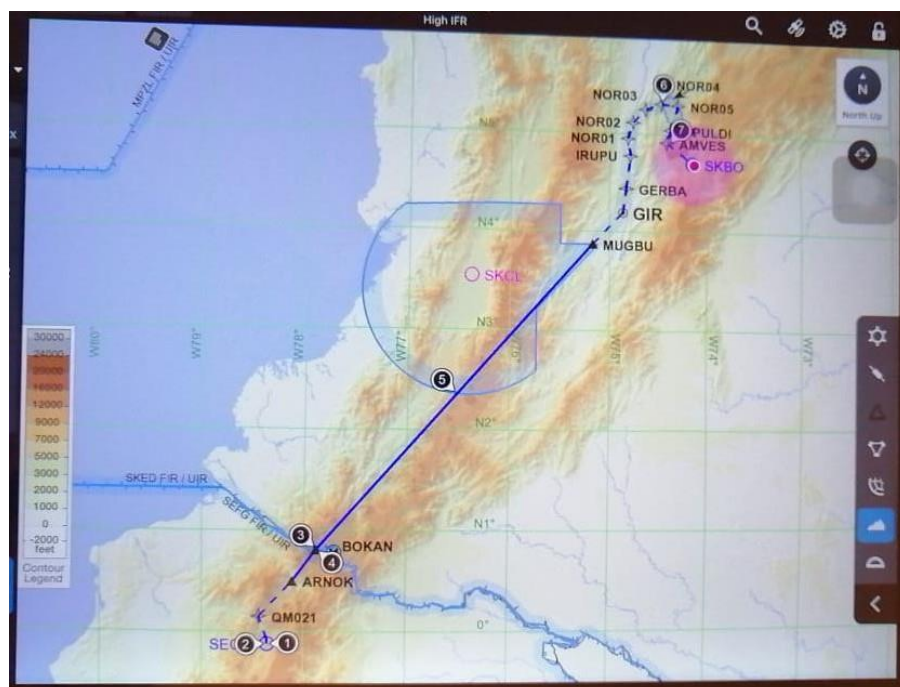


Figura 7. Ruta Quito-Bogotá.

Tomado de: Jeppesen Mobile FliteDeck 3.0, 2019.

3.2 Mediciones de tasa de dosis en el estudio

El equipo que se empleó para realizar las mediciones de radiación es el contador Geiger Müller. Este detector contiene un gas que, al pasar la radiación, se producen iones, de modo que contabiliza los fotones o partículas, indistintamente de su energía o naturaleza, y luego de formarse pares ión-electrón (+), estos se desplazan hacia dos conductores de energía, produciéndose una diferencia de potencial (Amaro, 2005). Los contadores Geiger son los más utilizados debido a su sencillez de operación, tienen la capacidad de resistir trabajo pesado, y son de fácil construcción e incorporación a monitores portátiles (Figura 8). El detector Geiger Muller 44-38 está integrado al medidor portátil M3-97 (Bottollier-Depois et al., 2004). La eficacia de la detección varía con el tipo de la radiación incidente, cuyos límites de detección son: beta 200 kEv y gamma 60 kEv-1.2 MEv (LUDLUM, 2016).



Figura 8. Contador Geiger Müller empleado en las mediciones *in situ*.

El contador Geiger se ubicó en la cabina del avión, y la sonda portátil junto al parabrisas (Figura 9), para que no exista blindaje (Kyllonen, Lindborg & Samuelson, 2001), y los datos de tasa de dosis (Getley et al., 2010) reflejados fueron recopilados en los vuelos programados (Alvarez, Eastham & Barrett, 2016) mediante una grabación de video en tiempo real con una cámara GoPro Hero 3, la cual se incorporó al equipo. Además, el altímetro facilitó los datos de altitud, y las coordenadas geográficas de latitud y longitud fueron proporcionadas por el GPS integrado a los sistemas de navegación del avión (Figura 10) (Federico et al., 2015).

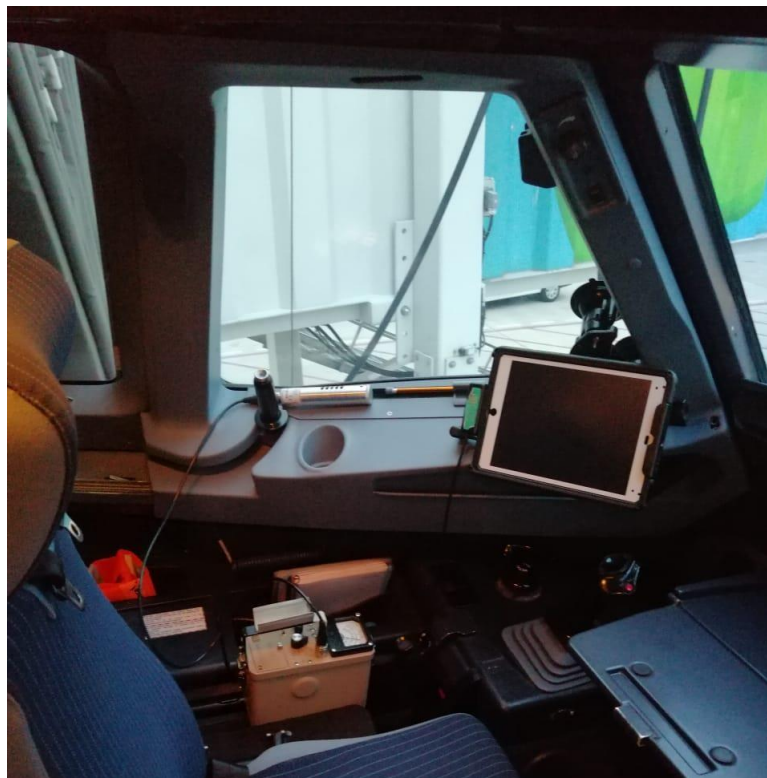


Figura 9. Ubicación del equipo y sonda portátil.



Figura 10. Altímetro y GPS.

Las mediciones se realizaron en el mes de Julio de 2019 durante el Mínimo Solar, ya que, el campo magnético del sol se debilita, proporcionando menor protección contra los rayos cósmicos, cuya tasa de dosis aumenta en un 15% (Mares & Yasuda, 2010; Tobiska et al, 2018). Además, se ejecutaron mediciones adicionales en otras rutas, a fin de comparar la tasa de dosis recibida a diferentes altitudes. Cabe mencionar que se utilizó el mismo modelo de avión, con variación únicamente en el número de pasajeros.

3.3 Análisis de Datos

Una vez concluidas las mediciones de las rutas seleccionadas, se creó una base de datos en una hoja electrónica para recopilar y procesar la información, tomando en cuenta que se realizaron tres repeticiones por cada ruta seleccionada, como método de validación, de las cuales se obtuvo un promedio. Se tomó como altitud crucero a la máxima que alcanzan los aviones en cada vuelo, que varía de 22000 a 37000 pies (6.70 a 11.27 km), según sea nacional o internacional (Knipp, 2017), mientras que los tiempos en ascenso y descenso fueron de 10 minutos para vuelos nacionales y de 20 minutos para

internacionales. El tiempo crucero se obtuvo mediante la diferencia del tiempo total menos la sumatoria de los tiempos de descenso y ascenso (Figura 11) (Woodside, 2004). Finalmente, se tabuló los resultados y se desarrolló gráficos comparativos entre los vuelos nacionales e internacionales, según los tiempos de duración previamente establecidos y las altitudes respectivas.

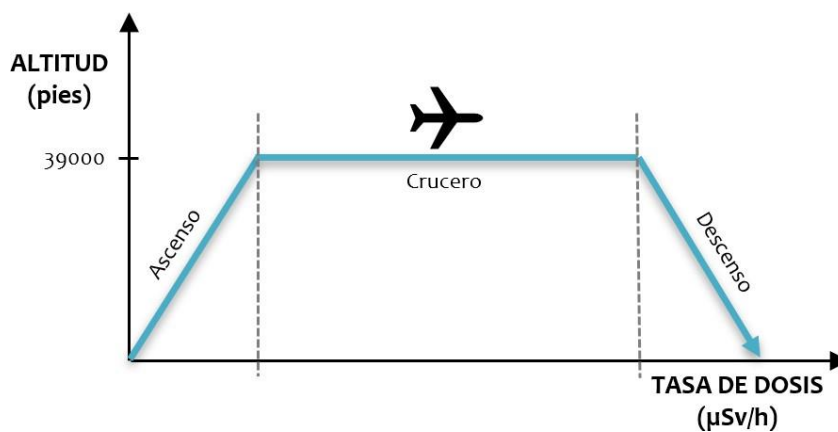


Figura 11. Tasa de dosis según la altitud del avión.

3.4 Estimación de la Dosis Efectiva Anual

La mayoría de los pilotos de la compañía de estudio a nivel nacional cumplen con los mismos parámetros de horas y rutas de vuelo anualmente, razón por la cual se tomó un sujeto de referencia a quien, por razones de confidencialidad, se reservan los datos.

Para la estimación anual, se empleó el software CARI-6, un programa que obtiene el cálculo de dosis efectiva de la radiación cósmica que recibe una persona a bordo de un avión, basándose en la ruta más corta entre los aeropuertos de origen y destino (Kojo, Aspholm & Auvinen, 2004; Sihver et al.,

2015). Se utilizó este software porque es el más utilizado y, según un estudio realizado en la República Checa, se realizaron mediciones de dosimetría en distintas rutas y se compararon con EPCARD y CARI 6, encontrando que no había diferencias significativas entre las mediciones (Spurný, Davidkova, Turek & Vlcek, 2005).

Para su uso, debido a que se trata de un programa antiguo, se instaló un emulador adicional, con la finalidad de ejecutar programas inicialmente para el sistema operativo MS-DOS de Microsoft, en computadoras modernas. Para los cálculos, se registraron los siguientes parámetros: origen y destino de cada vuelo, duración a diferentes altitudes, mes y año (Figura 12) (Meier, Copeland, Matthiä, Mertens & Schennetten, 2018; Morkunas, Pilkyte & Ereminas, 2003). La exposición a la radiación se determinó para el miembro de la tripulación aérea sujeto a estudio, en función de su historial de horas de trabajo (Anexo 1-12), y se calculó a partir de trayectorias de vuelo reales (De Angelis, Caldora, Santaquilani, Scipione & Verdecchia, 2001).

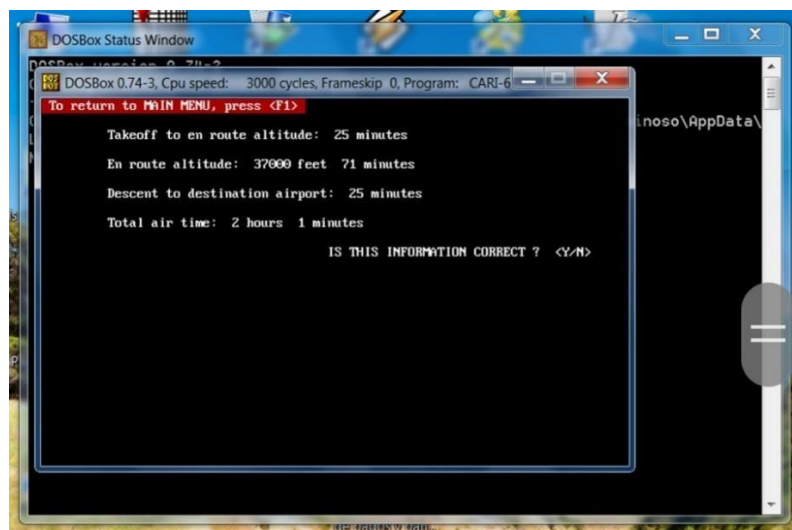


Figura 12. Software CARI-6.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Tasa de Dosis en Vuelos Nacionales e Internacionales

Para las rutas de vuelos de duración media, GPS-UIO (nacional) y BOG-UIO (internacional), se obtuvo una tasa de dosis creciente conforme la altitud aumenta, de tal forma que la dosis efectiva que se recibe en cada una de ellas es similar, siendo un poco mayor para la ruta GPS-UIO al llegar a la altitud crucero de 37000 pies (11.27 km) (Figura 13). No obstante, ambos vuelos alcanzan una tasa de dosis máxima de 3.5 $\mu\text{Sv/h}$.

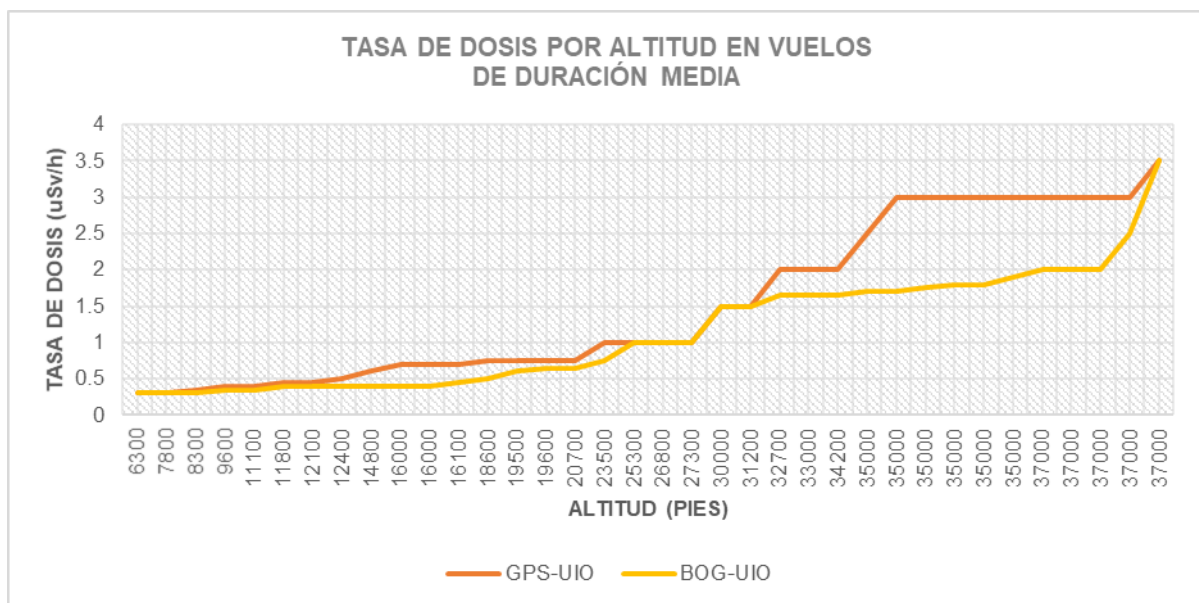


Figura 13. Tasa de dosis a diferentes altitudes para las rutas de vuelos GPS-UIO (nacional) y BOG-UIO (internacional).

Adicionalmente, se realizó la comparación entre la tasa de dosis medida con el contador Geiger y la calculada mediante el software EPCARD (Lindborg et al.,

2004) en la zona ecuatorial (Latitud 0°) durante el mínimo solar. Se obtuvo que, en su mayoría, la tasa de dosis medida fue superior a la calculada, especialmente al aumentar la altitud, ya que, al igual que el programa CARI-6, se limita al componente del rayo cósmico galáctico, que es isotrópico y de espectro constante fuera de la heliosfera (Sihver et al., 2015) (Figura 14).

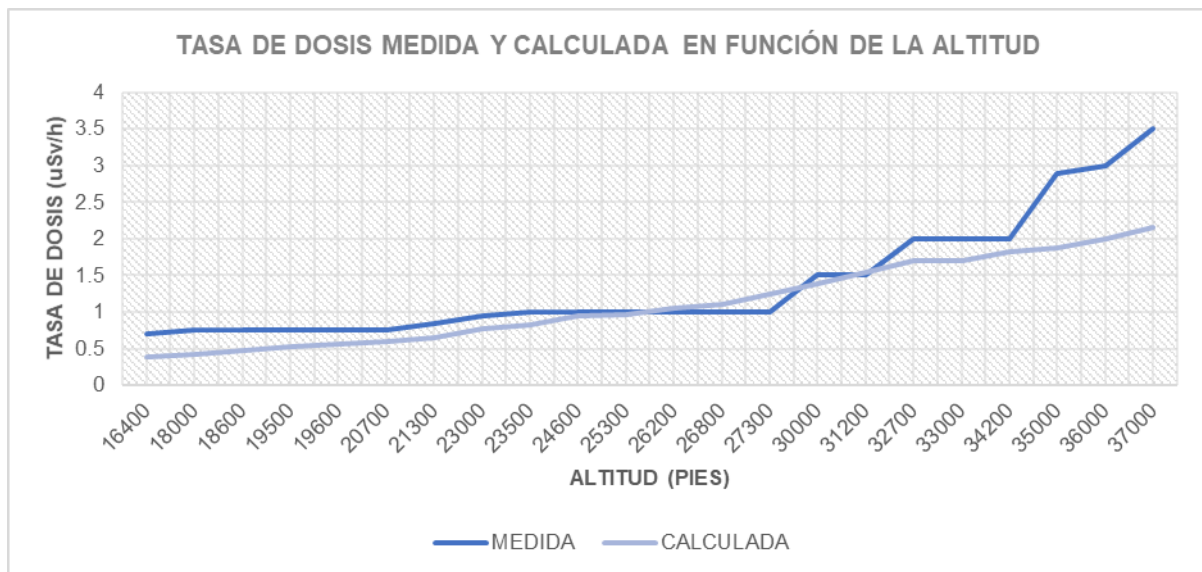


Figura 14. Tasa de dosis medida y calculada a diferentes altitudes en la región ecuatorial durante el mínimo solar.

Adaptado de: Lindborg et al., 2004.

Por otra parte, se calculó la tasa de dosis en la ruta UIO-GYE, debido a que es el vuelo nacional que más veces se opera en el año; y se determinó que también es directamente proporcional a la altitud (Figura 15). Sin embargo, debido a que es una ruta corta, menor a 90 min, la altitud crucero máxima es de 22000 pies (6.70 km), y por ello, alcanza una tasa de dosis máxima de 1.2 µSv/h, menos de la mitad de la recibida en los vuelos nacionales previamente analizados.

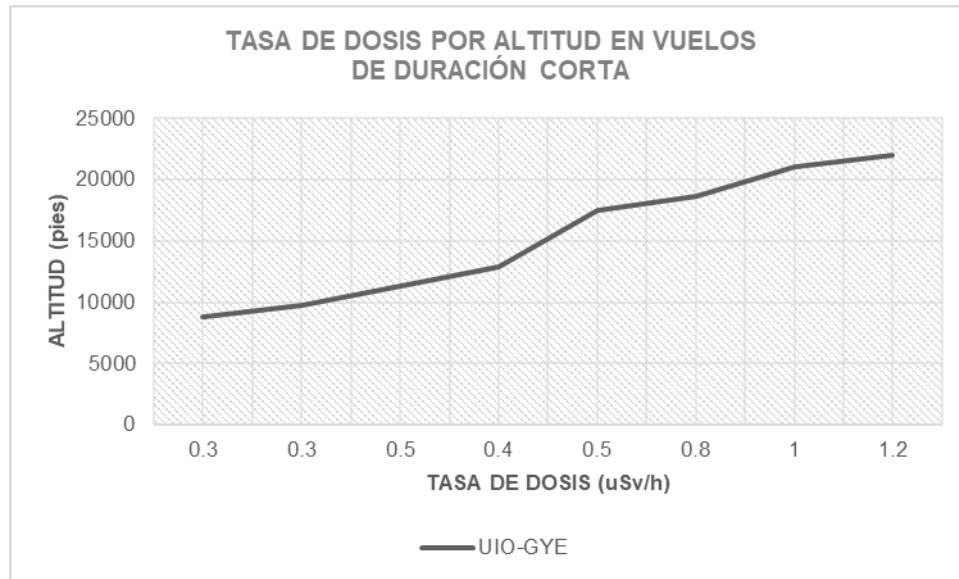


Figura 15. Tasa de dosis a diferentes altitudes para la ruta de vuelo nacional UIO-GYE.

4.2 Resultados de Dosis Efectiva con Simulación

Los datos obtenidos por el programa CARI-6 reflejan que, de todas las rutas que operan los pilotos de la empresa sujeta de estudio, las que mostraron mayor dosis efectiva fueron Bogotá (BOG) - Santa Cruz (VVI) y Santa Cruz (VVI) – Bogotá (BOG), con medias de $9.9 \mu\text{Sv}$ y $9.925 \mu\text{Sv}$, respectivamente (Figura 16).

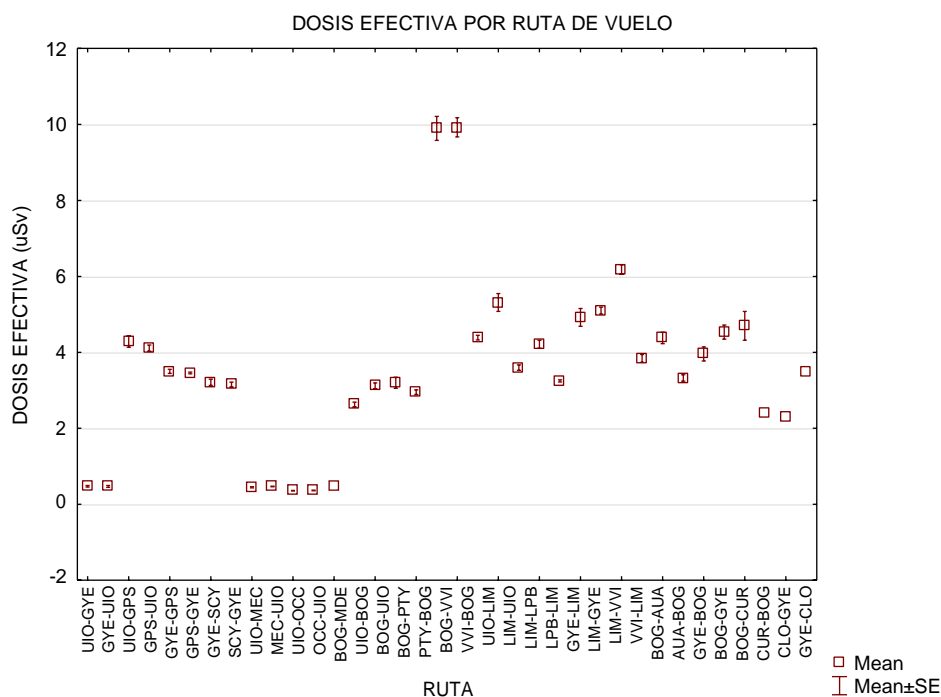


Figura 16. Dosis efectiva para cada ruta de vuelo. Las barras verticales denotan +/- errores estándar, y los cuadrados equivalen a las medias calculadas.

Al realizar una comparación entre la dosis efectiva y la altitud crucero de las rutas previamente mencionadas, se obtuvo que ambos parámetros son directamente proporcionales; es decir, a mayor altitud, aumenta la dosis de radiación (Bottolier et al., 2003; Alvarez, Eastham & Barrett, 2016), alcanzando una dosis efectiva promedio de hasta 4.22 $\mu\text{Sv}/\text{mes}$ a una altitud de 37000 pies (11.27 km), y de 0.44 $\mu\text{Sv}/\text{mes}$ a 22000 pies (6.70 km) (Figura 17). Esto se debe a que a altitudes crucero superiores a 32000 pies (9.75 km), la intensidad de las partículas ionizantes es representativa (Zhou, O'Sullivan & Flood, 2005).

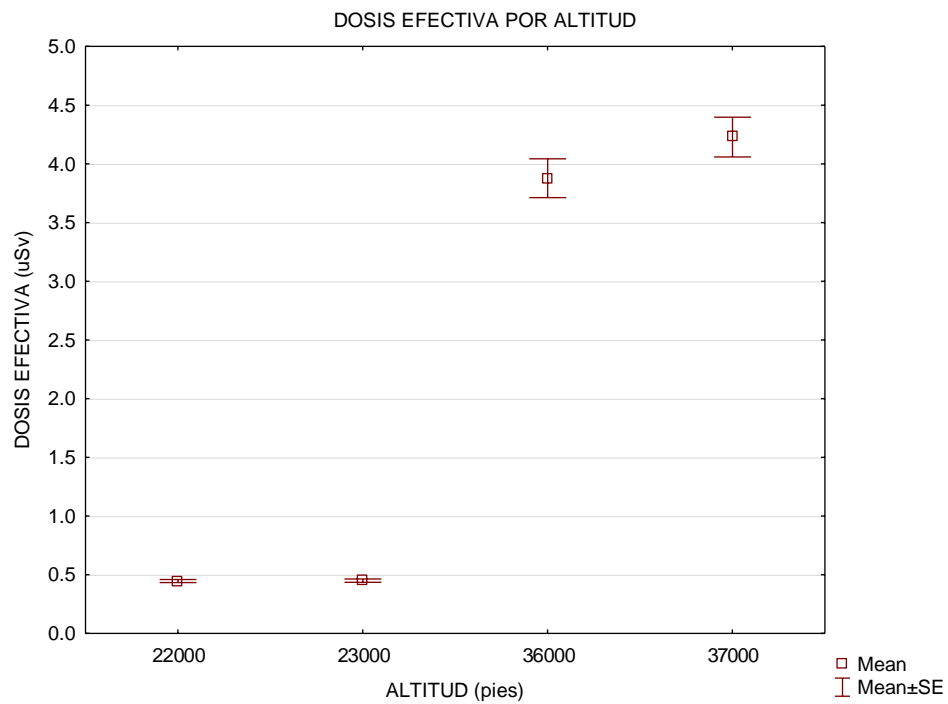


Figura 17. Dosis efectiva para cada altitud crucero. Las barras verticales denotan +/- errores estándar, y los cuadrados equivalen a las medias calculadas.

El tiempo es una variable importante que también influye directamente en la dosis efectiva. A medida que crece el período transcurrido en altitud crucero, donde el campo de radiación es mayor, aumenta la dosis (Kendall, 2005), lo cual se verificó mediante la línea de tendencia ($r^2 = 0.9892$) (Figura 18).

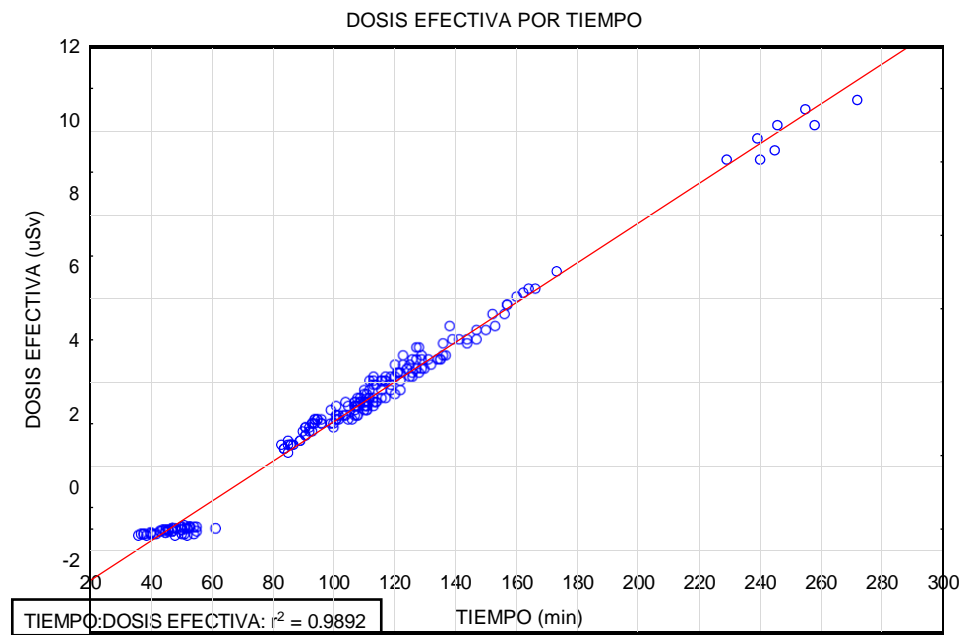


Figura 18. Dosis efectiva en base al tiempo de duración del vuelo. r^2 corresponde al coeficiente de terminación.

Los vuelos internacionales que evidenciaron mayor exposición a la radiación fueron Bogotá (BOG) - Santa Cruz (VVI) y Santa Cruz (VVI) – Bogotá (BOG), ya que, son las rutas de mayor duración (4.5 h), alcanzan una altitud crucero de 36000 y 37000 pies (10.97 y 11.27 km), y dosis efectivas de 9.9 μSv y 9.925 μSv , respectivamente. Los vuelos internacionales que mostraron menor dosis efectiva fueron Guayaquil (GYE) – Cali (CLO) (2.3 μSv) y Cali (CLO) – Guayaquil (GYE) (2.4 μSv), debido a que la duración de éstas oscila entre 1.5 a 2 horas y sólo alcanzan una altitud de 22000 y 23000 pies (6.70 y 7.01 km) (Figura 19).

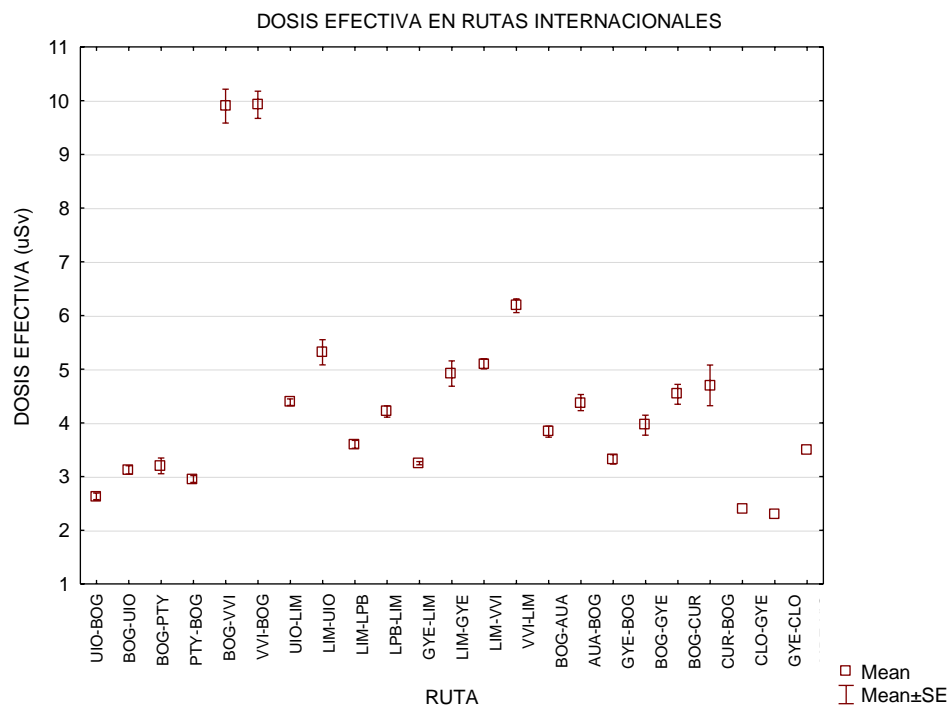


Figura 19. Dosis efectiva en rutas internacionales. Las barras verticales denotan +/- errores estándar, y los cuadrados equivalen a las medias calculadas.

Debido a que las rutas con mayor representatividad de dosis efectiva fueron BOG-VVI y VVI-BOG, se realizó una comparación adicional de las mismas por mes, donde se observa que, independientemente de la ruta, en invierno (diciembre a mayo) se registró mayor radiación, de hasta $10.7 \mu\text{Sv}$ (Figura 20). Esto se debe a que, en Bolivia, las estaciones son opuestas al Ecuador, es decir, el verano se desarrolla entre diciembre y febrero, mientras que el invierno ocurre de junio a agosto (Montenegro & Luján, 2018); por lo tanto, hay mayor incidencia de radiación solar.

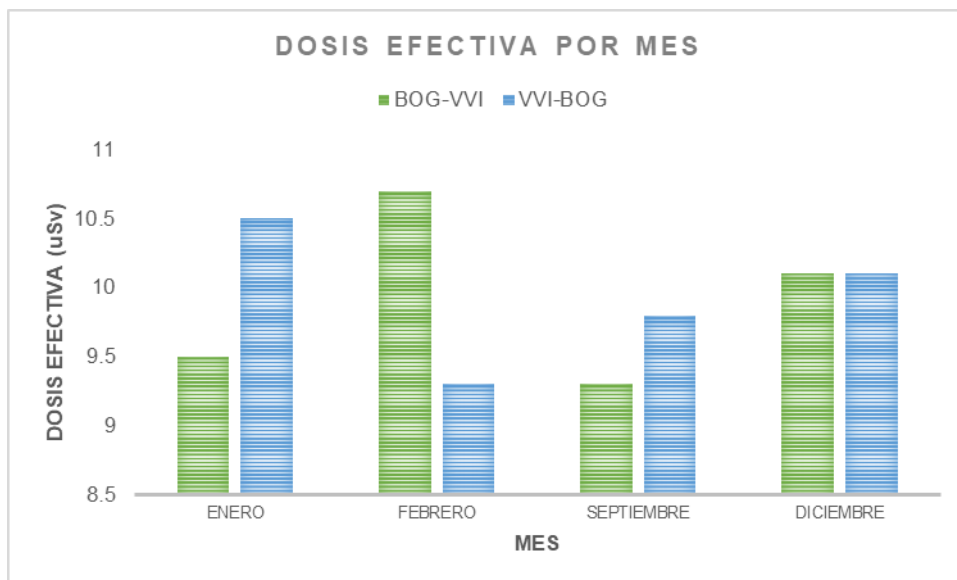


Figura 20. Dosis efectiva mensual de las rutas internacionales BOG-VVI y VVI-BOG.

En cuanto a los vuelos nacionales, los que mostraron mayor exposición fueron Quito - Baltra ($4.25 \mu\text{Sv}$) y Baltra - Quito ($4.1 \mu\text{Sv}$), ya que, tienen una duración de 1.5 a 2.5 horas y, pese a ser rutas locales, alcanzan una altitud de hasta 37000 pies (11.27 km); mientras que los de menor exposición fueron Quito (UIO) – El Coca (OCC) ($0.34 \mu\text{Sv}$) y El Coca (OCC) – Quito (UIO) ($0.362 \mu\text{Sv}$), cuya altitud crucero es de 23000 pies (7.01 km), y tiempo de vuelo inferior a 1 hora. Cabe mencionar que las rutas nacionales obtuvieron una dosis efectiva inferior a $1 \mu\text{Sv}$, a excepción de los vuelos con destino a Galápagos, a los aeropuertos de Baltra (GPS) y San Cristóbal (SCY) (Figura 21).

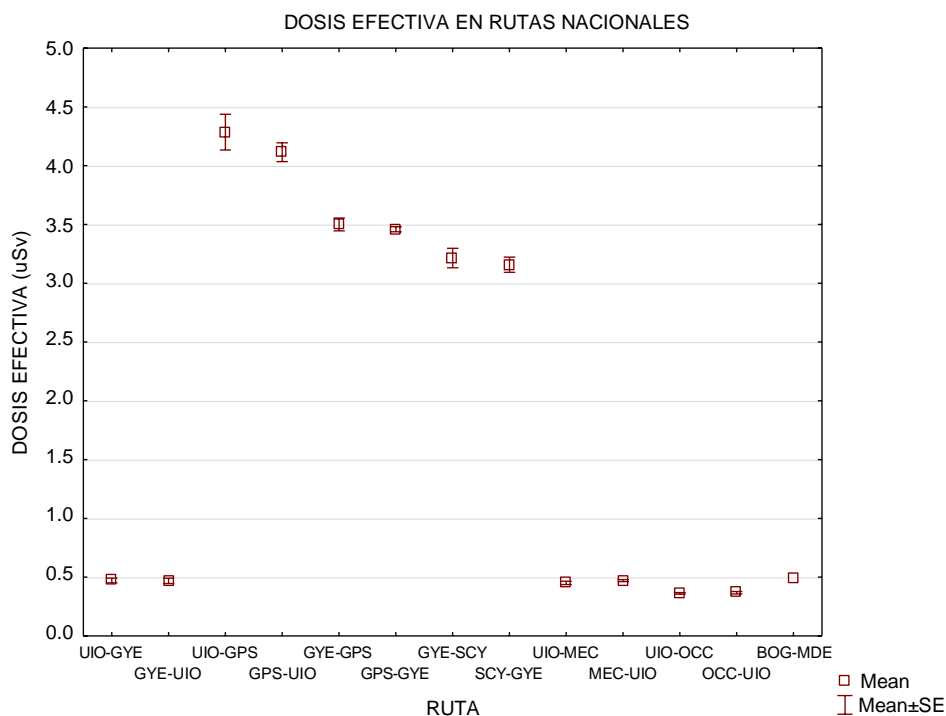


Figura 21. Dosis efectiva en rutas nacionales. Las barras verticales denotan +/- errores estándar, y los cuadrados equivalen a las medias calculadas.

Debido a que las rutas con mayor representatividad de dosis efectiva fueron UIO-GPS y GPS-UIO, se realizó una comparación adicional de las mismas por mes, donde se observa que, independientemente de la ruta y la estación, se registra una dosis efectiva de 4 a 5 μSv , a lo largo del año (Figura 22). Esto se debe a que, en el Ecuador, al encontrarse en latitud 0° , la dosis de radiación recibida se mantiene constante con el pasar del tiempo porque sólo atraviesan la atmósfera las partículas más resistentes (Figura 23) (Álvarez, 2016; Tomić-Petrović, 2012).

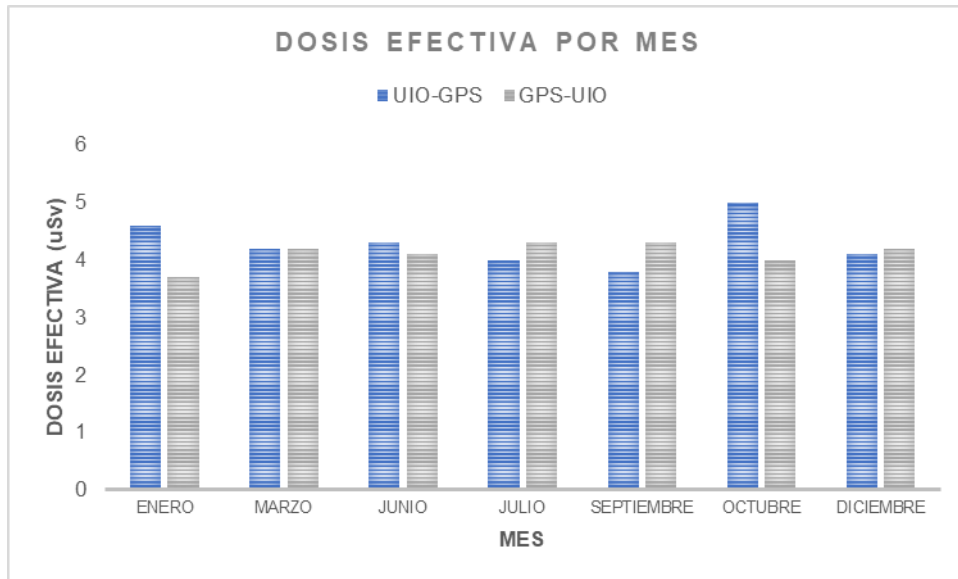


Figura 22. Dosis efectiva mensual de las rutas nacionales UIO-GPS y GPS-UIO.

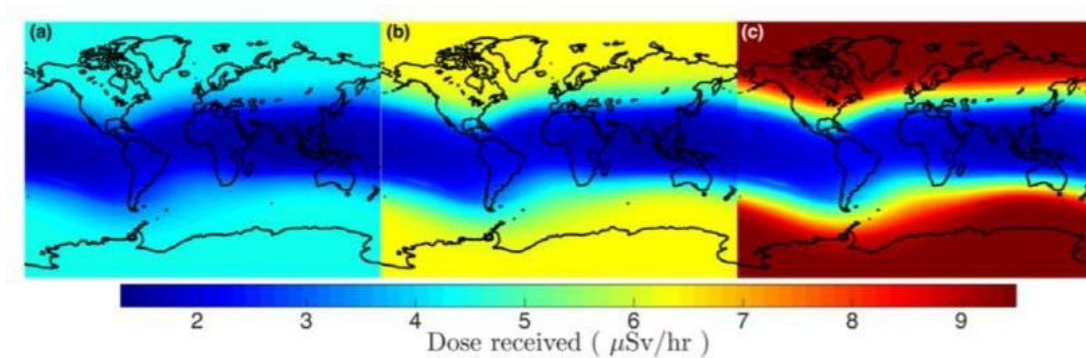


Figura 23. Mapa de tasa de dosis mundial a 35000 pies (10.66 km) de altitud, durante el máximo (a), media (b), y mínimo solar (c).

Tomado de: Álvarez, 2016.

4.3 Estimación Anual

A través del software CARI-6, se estimó que la tripulación aérea recibe una dosis efectiva promedio de 1.4 mSv/año, en base a la suma de las diferentes rutas de

vuelo operadas en el período de un año (enero a diciembre 2019). Este valor es aproximado, dado que cada tripulante vuela rutas diferentes a lo largo del año.

Adicionalmente, en base a la Figura 24, mensualmente los pilotos reciben una dosis aproximada entre 110 y 140 μSv , a excepción de mayo y agosto, debido a que deben cumplir con 30 días anuales de descanso (DGAC, 1991), lo que se ve reflejado en una disminución de radiación en dichos meses. De igual forma, se puede evidenciar que la dosis efectiva se relaciona directamente con el tiempo de vuelo, ya que, ambos tienen la misma tendencia a lo largo del año.

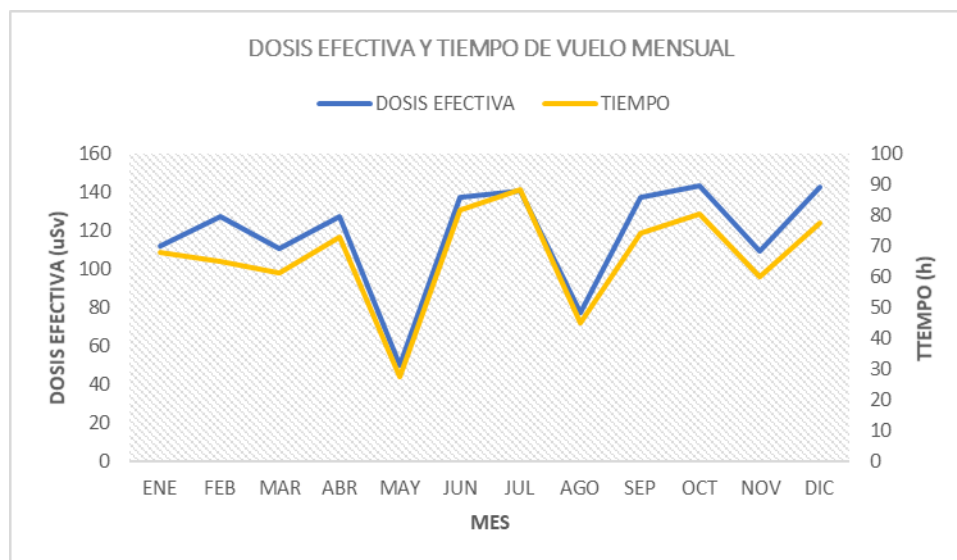


Figura 24. Dosis efectiva y tiempo de vuelo por mes, durante un año.

3.5 Riesgo Ocupacional

Una vez sumadas las dosis efectivas de cada vuelo y obtenido el resultado anual, se realizó la comparación con los límites máximos permisibles establecidos por la ICRP (Tabla 3), para conocer si la tripulación aérea comercial ecuatoriana

debería ser considerada como parte del POE, e identificar las posibles medidas preventivas y correctivas necesarias.

Tabla 3. *Límites máximos permisibles de dosis efectiva establecidos por la Comisión Internacional de Protección Radiológica.*

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES		
1	Personal Ocupacionalmente	20 mSv/año ¹
	Expuesto	< 50 mSv/año ²
2	Público General	1 mSv/año

Tomado de: Comisión Internacional de Protección Radiológica, 1991.

Nota: ¹ En un período de 5 años. ² En un solo año.

4.4 Riesgo Ocupacional

En base a la estimación realizada mediante el software CARI-6, la dosis efectiva anual obtenida indica que los pilotos de la compañía de estudio a nivel nacional exceden el límite máximo permisible propuesto por la ICRP de 1 mSv/año, pero están muy por debajo del límite ocupacional de 20 mSv/año (Anexo 1), conforme al estudio realizado en una aerolínea canadiense, por Lewis et al., en 1999. Sin embargo, si dentro de la tripulación se encuentra una persona posiblemente embarazada la dosis no debe ser mayor a 1 mSv, y una vez sea comprobado el embarazo, el límite es de 2mSv, durante el período de gestación, y no más de 0.5 mSv en un solo mes (Davids, Johnson, Stepanek & Fogarty, 2008; ICRP, 1991).

Adicionalmente, los pilotos de la aerolínea sujeto de estudio alcanzan un promedio de 500 vuelos y un total de 800 horas de vuelo anuales, lo cual está

dentro del máximo de 1000 horas, permitido por la Dirección General de Aviación Civil del Ecuador (DGAC) (DGAC, 2012).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se evaluó la tasa de dosis en la cabina de pilotos en los vuelos Quito-Baltra y Quito-Bogotá, y con ello se obtuvo rutas similares en cuanto a tiempo, altitudes alcanzadas y tasas de dosis, ya que, al estar cerca de la línea ecuatorial, las latitudes son similares, por lo tanto, la variación es mínima. Sin embargo, al realizar la comparación de la tasa de dosis entre una ruta medida (Geiger Müller) y una calculada (software EPCARD) en condiciones iguales (latitud 0° y mínimo solar), se obtuvo que la tasa de dosis medida fue superior a la calculada, confirmando que el programa se limita al componente del rayo cósmico galáctico.

A través de las simulaciones realizadas mediante el software CARI-6, se estimó 1.4 mSv/año de dosis efectiva recibida por la tripulación, la cual está directamente relacionada con el tiempo de exposición y la altitud. Además, se confirmó que latitud y las estaciones del año también influye en la dosis de radiación, la cual se incrementa hacia los polos y en verano.

En base a la dosis anual calculada, se conoció que las tripulaciones aéreas ecuatorianas superan los límites permisibles para el público general pero no la determinada para el POE, por lo cual el riesgo ocupacional es mínimo.

5.2 Recomendaciones

Tal como lo estipulado por la ICRP en 1994 y el Reglamento UE del 2018, las tripulaciones aéreas en el Ecuador deberían ser consideradas como parte del Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE), de tal forma que tengan conocimiento acerca de los riesgos a la salud relacionados a su entorno de trabajo (Mares, Maczka, Leuthold & Ruhm, 2009), y sean evaluados periódicamente en cuanto a la radiación recibida en cada viaje (Bramlitt & Shonka, 2015; ICRP, 1991; Union Europea, 2018).

Por otra parte, sería recomendable que, conociendo las rutas con mayor dosis de radiación, se roten las mismas entre las diferentes tripulaciones de la empresa sujeta de estudio, para evitar altos niveles de exposición y posibles afectaciones a la salud, de tal forma que se mantenga el principio ALARA (Federico, González, Sordi & Caldas, 2012).

REFERENCIAS

- Agosta, E. (2004). Variaciones del Clima Terrestre y Rayos C3smicos Gal3cticos Durante el Ciclo Solar de 11 A3os: Revisi3n Te3rica. *Meteorol.*, 29(1 y 2), pp. 47-62. Recuperado el 2 de diciembre de 2019 de <https://www.researchgate.net/publication/235347615>
- Aguilera, E., Hern3ndez, E., & Hirsch, J. (2005). *IV Escuela Mexicana de F3sica Nuclear: Notas*. M3xico, D.F., M3xico: Sociedad Mexicana de F3sica. Recuperado el 2 de diciembre de 2019 de http://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:37008320
- Ainsbury, E., Bouffler, S., Dorr, W., Graw, J., Muirhead, C., Edwards, A., & Cooper, J. (2009). *Radiation Cataractogenesis: A Review of Recent Studies*. *Radiation Research*, 172, pp. 1-9. <https://doi.org/10.1667/RR1688.1>
- Alvarez, L., Eastham, S., & Barrett, S. (2016). *Radiation Dose to the Global Flying Population*. *Journal of Radiological Protection*, 36(1), pp. 93-103. <https://doi.org/10.1088/0952-4746/36/1/93>
- Alves, J., & Mairos, J. (2007). *In-Flight Dose Estimates for Aircraft Crew and Pregnant Female Crew Members in Military Transport Missions*. *Radiation Protection Dosimetry*, 125(1-4), pp. 433-437. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncl560>
- Anderson, J., Mertens, C., Grajewski, B., Luo, L., Tseng, C., & Cassinelli, R. (2014). *Flight Attendant Radiation Dose from Solar Particle Events*. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 85(8), pp. 828-832. <https://doi.org/10.3357/ASEM.3989.2014>
- Anderson, J., Waters, M., Hein, M., Schubauer, M., & Pinkerton, L. (2011). *Assessment of Occupational Cosmic Radiation Exposure of Flight Attendants Using Questionnaire Data*. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 82(11), pp. 1049-1054. <https://doi.org/10.3357/ASEM.3091.2011>

- Attix, F. (1986). *Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry*. New York, USA: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9783527617135>
- Bagshaw, M. (2007). *Cosmic Radiation in Commercial Aviation*. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 6, pp. 125-127. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2007.10.003>
- Barish, R. (2008). *Health Physics and Aviation: Solar Cycle 23 (1996-2008)*. *Health Physics*, 96(4), pp. 456-464. <https://doi.org/10.1097/01.HP.0000338338.71484.3c>
- Barish, R. (1990). *Health Physics Concerns in Commercial Aviation*. *Health Physics*, 59(2), pp. 199-204. <https://doi.org/10.1097/00004032-199008000-00006>
- Bartlett, D. (2004). *Radiation Protection Aspects of the Cosmic Radiation Exposure of Aircraft Crew*. *Radiation Protection Dosimetry*, 109(4), pp. 349-355. <https://doi.org/10.1093/rpd/nch311>
- Battistoni, G., Ferrari, A., Pelliccioni, M., & Villari, R. (2004). *Monte Carlo Calculation of the Angular Distribution of Cosmic Rays at Flight Altitudes*. *Radiation Protection Dosimetry*, 112(3), pp. 331-343. <https://doi.org/10.1093/rpd/nch418>
- Beck, P., Dyer, C., Fuller, N., Hands, A., Latocha, M., Rollet, S., & Spurny, F. (2009). *Overview of On-board Measurements During Solar Storm Periods*. *Radiation Protection Dosimetry*, 136(4), pp. 297-303. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncp208>
- Bottollier, J., Trompier, F., Clairand, I., Spurny, F., Bartlett, D., Beck, P., Lewis, B., Lindborg, L., O'Sullivan, D., Roos, H., & Tommasino, L. (2004). *Exposure of Aircraft Crew to Cosmic Radiation: On-Board Intercomparison of Various Dosemeters*. *Radiation Protection Dosimetry*, 110(1-4), pp. 411-415. <https://doi.org/10.1093/rpd/nch217>
- Bottollier, J., Blanchard, P., Clairand, I., Dessarps, P., Fuller, N., Lantos, P., Saint-Lo, D., & Trompier, F. (2007). *An Operational Approach for Aircraft Crew Dosimetry: The Sievert System*. *Radiation Protection Dosimetry*, 125(1-4), pp. 421-424. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncl555>

- Bottollier, J., Chau, Q., Bouisset, P., Kerlau, G., Plawinski, L., & Lebaro, L. (2003). *Assessing Exposure to Cosmic Radiation on Board Aircraft*. *Adv. Space Res.*, 32(1), pp. 59-66. [https://doi.org/10.1016/S0273-1177\(03\)90371-1](https://doi.org/10.1016/S0273-1177(03)90371-1)
- Bottollier, J., Chau, Q., Bouisset, P., Kerlau, G., Plawinski, L., & Lebaron, L. (2000). *Assessing Exposure to Cosmic Radiation During Long-haul Flights*. *Radiation Research*, 153(5), pp. 526-532. [https://doi.org/10.1667/0033-7587\(2000\)153\[0526:AETCRD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1667/0033-7587(2000)153[0526:AETCRD]2.0.CO;2)
- Butler, G., Nicholas, J., Lackland, D., & Friedberg, W. (2000). *Perspectives of Those Impacted: Airline Pilot's Perspective*. *Health Phys*, 79(5), pp. 602-607. <https://doi.org/10.1097/00004032-200011000-00021>
- Cárdenas, P. (2012). *Cáncer de Piel en Tripulación Aérea Colombiana y Factores de Riesgo Asociados*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Recuperado el 11 de abril de 2019 de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20654>
- Cascón, A. (2009). *Riesgos Asociados con las Radiaciones Ionizantes*. *Revista Argentina de Cardiología*, 77(2), pp.123–128. Recuperado el 5 de mayo de 2019 de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305327028010>
- Castro, L. (2013). *Informe preliminar del nivel de exposición a radiación ionizante en pilotos civiles de Colombia durante el año 2005 con el uso de un modelo computacional*. (Tesis de posgrado). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Recuperado el 24 de febrero de 2019 de <http://bdigital.unal.edu.co/12091/>
- Cerrito, L. (2017). *Radiation and Detectors: Introduction to the Physics of Radiation and Detection Devices*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-53181-6>
- Clairand, I., Fuller, N., Bottollier, J., & Trompier, F. (2009). *The Sievert System for Aircrew Dosimetry*. *Radiation Protection Dosimetry*, 136(4), pp. 282-285. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncp123>
- Colgan, P., Synnott, H., & Fenton, D. (2007). *Individual and Collective Doses from Cosmic Radiation in Ireland*. *Radiation Protection Dosimetry*, 123(4), pp. 426-434. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncl527>

- De Angelis, G., Caldora, M., Santaquilani, M., Scipione, R., & Verdecchia, A. (2001). *Health Risks from Radiation Exposure for Civilian Aviation Flight Personnel: A Study of Italian Airline Crew Members*. *Radiation Research*, 156(5), pp. 689-694. [https://doi.org/10.1667/0033-7587\(2001\)156\[0689:HRFREF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1667/0033-7587(2001)156[0689:HRFREF]2.0.CO;2)
- De Luca, J., Picco, S., Macintyre, C., Dulout, F., & López, D. (2009). *The Prevalence of Chromosomal Aberrations in Argentine Air Crew Members*. *Arch Environ Occup Health*, 64(2), pp. 101–106. <https://doi.org/10.3200/AEOH.64.2.101-106>
- Desouky, O., Ding, N., & Zhou, G. (2015). *Targeted and Non-Targeted Effects of Ionizing Radiation*. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 8(2), pp. 247-254. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2015.03.003>
- Durrani, S., & Bull, R. (1987). *Solid State Nuclear Track Detection: Principles, Methods and Applications*. Oxford: Pergamon Press. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-02771-5>
- Federico, C., Gonçalves, O., Caldas, L., Pazianotto, M., Dyer, C., Caresana, M., & Hands, A. (2015). *Radiation Measurements Onboard Aircraft in the South Atlantic Region*. *Radiation Measurements*, 82, pp. 14-20. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2015.07.008>
- Federico, C., González, O., Sordi, G., & Caldas, L. (2012). *Effects of Cosmic Radiation in Aircrafts: A Discussion About Aircrew Over South America*. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 4(2), pp. 219-225. <https://doi.org/10.5028/jatm.2012.04021012>
- Getley, I., Bennett, L., Lewis, B., Bennett, B., Dyer, C., Hands, A., & Duldig, M. (2010). *Evaluation of New Cosmic Radiation Monitors Designed for Aircrew Exposure Assessment*. *Space Weather*, 8, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1029/2009SW000492>
- Gudmundsdottir, E., Hrafnkelsson, J., & Rafnsson, V. (2017). *Incidence of Cancer Among Licenced Commercial Pilots Flying North Atlantic Routes*. *Environmental Health*, 16(86), pp. 1-10. <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0295-4>

- Gundestrup, M., & Storm, H. (1999). *Radiation-induced Acute Myeloid Leukaemia and Other Cancers in Commercial Jet Cockpit Crew: A Population-based Cohort Study*. *The Lancet*, 354, pp. 2029-2031. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(99\)05093-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(99)05093-X)
- Heinrich, W., Roesler, S., & Schraube, H. (1999). *Physics of Cosmic Radiation Fields*. *Radiation Protection Dosimetry*, 86(4). Pp. 253-258. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a032953>
- Horowitz, Y. (Ed.). (1984). *Thermoluminescence and Thermoluminescent Dosimetry*. Boca Ratón, Florida: CRC Press. Recuperado el 2 de diciembre de 2019 de <https://www.crcpress.com/Thermoluminescence-and-Thermoluminescent-Dosimetry/Horowitz/p/book/9780367262617>
- Hoyos, M., & Flores, L. (2013). Tipos de Radiación, Aplicaciones, Beneficios y Riesgos. *Revista de Actualización Clínica*, 37, pp. 1798-1803. Recuperado el 2 de diciembre de 2019 de http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2304-37682013001000003&lng=es&nrm=iso
- Hubert, G., & Aubry, S. (2018). *Analysis of Exposure to Solar and Galactic Cosmic Radiations of Flights Representative of the European International Air Traffic*. *Radiation Research*, 190(3), pp. 271-281. <https://doi.org/10.1667/RR15095.1>
- International Air Transport Association (IATA). 2020. *Airline and Location Code Search*. Recuperado el 14 de enero de 2020 de <https://www.iata.org/en/publications/directories/code-search/>
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2003). *Postgraduate Educational Course in Radiation Protection and the Safety of Radiation Sources Standard Syllabus (IAEA-TCS--18/S)*. Viena, Austria. Recuperado el 2 de diciembre de 2019 de https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:35041850
- International Commission on Radiological Protection (ICRP). (2007). *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. Publication 103 of the International Commission on

- Radiological Protection, *Annals of the ICRP*, 37(2-4).
<https://doi.org/10.4016/13844.01>
- International Commission on Radiological Protection (ICRP). (1998). *General Principles for the Radiation Protection of Workers. Publication 75 of the International Commission on Radiological Protection, Annals of the ICRP*, 27(1). [https://doi.org/10.1016/S0146-6453\(97\)88275-9](https://doi.org/10.1016/S0146-6453(97)88275-9)
- International Commission on Radiological Protection (ICRP). (1991). *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 60 of the International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP*, 21(1-3).
<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a079982>
- International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU). (1992). *Measurements of Dose Equivalents from External Photon and Electron Radiations. Report 47*. Bethesda, Maryland, USA. Recuperado el 15 de diciembre de 2019 de <https://icru.org/reports/reports/measurement-of-dose-equivalents-from-external-photon-and-electron-radiations-report-47>
- Jaramillo, C., & Zapata, N. (2014). *Exposición Ocupacional de Pilotos y Radiólogos-Técnicos de Imágenes a Radiaciones Ionizantes y su Clasificación en la Legislación Colombiana dentro del Sistema de Riesgos Laborales*. (Tesis de posgrado). Universidad CES. Medellín, Colombia. Recuperado el 11 de enero de 2019 de <http://repository.ces.edu.co/handle/10946/2116>
- Kudo, H. (2018). *Radiation Applications*. Singapore: Springer Singapore.
<https://doi.org/10.1007/978-981-10-7350-2>
- Kendall, G. (2005). *Factors Affecting Cosmic Ray Exposures in Civil Aviation. International Congress Series*, 1276, pp. 129-132.
<https://doi.org/10.1016/j.ics.2004.08.102>
- Knipp, D. (2017). *Essential Science for Understanding Risks from Radiation for Airline Passengers and Crews. Space Weather*, 15(4), pp. 549-552.
<https://doi.org/10.1002/2017SW001639>

- Knoll, G. (1985). *Radiation Detection and Measurement*. New York, USA: Jhon Wiley and Sons. Recuperado el 30 de noviembre de 2019 de <https://phyusdb.wordpress.com/>
- Kojo, K., Aspholm, R., & Auvinen, A. (2004). *Occupational Radiation Dose Estimation for Finnish Aircraft Cabin Attendants*. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 30(2), pp. 157-163. <https://doi.org/10.5271/sjweh.773>
- Kyllonen, J., Lindborg, L., & Samuelson, G. (2001). *Cosmic Radiation Measurements On-Board Aircraft with the Variance Method*. *Radiation Protection Dosimetry*, 93(3), pp. 197–205. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a006430>
- Lindborg, L., Bartlett, D., Beck, P., McAulay, I., Schnuer, K., Schraube, H., & Spurný, F. (2004). *Cosmic Radiation Exposure of Aircraft Crew: Compilation of Measured and Calculated Data*. *Radiation Protection Dosimetry*, 110(1-4), pp. 417-422. <https://doi.org/10.1093/rpd/nch232>
- Lochard, J., Bottollier-Depois, J-, Rühm, W., Bartlett, D., Hunter, R., Yasuda, H., & Mundigl, S. (2015). *Radiological Protection from Cosmic Radiation in Aviation*. *ICRP Publication 1XX, 4X*, pp. 1-36. <https://doi.org/10.1177/0146645316645449>
- Malusek, A., Ploc, O., Kovar, I., Brabcova, K., & Spurny, F. (2010). *Routine Individual Monitoring of aircraft Crew Exposure; Czech Experience and Results 1998-2008*. *Radiation Protection Dosimetry*, pp. 1-4. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncq337>
- Manosalva, J. (2010). Radiación Ambiental en el Eje Vial Amazonas Centro (Lima-Tingo María). *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 13(25), pp. 70-74. Recuperado el 28 de noviembre de 2019 de <https://studylib.es/doc/5427239/radiaci%C3%B3n-ambiental-en-el-eje-vial-amazonas-centro--lima>
- Mares, V., & Yasuda, H. (2010). *Aviation Route Doses Calculated with EPCARD.Net and JISCARD EX*. *Radiation Measurements*, 45(10), pp. 1553-1556. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2010.06.015>

- Meier, M., Copeland, K., Matthiä, D., Mertens, C., & Schennetten, K. (2018). *First Steps Toward the Verification of Models for the Assessment of the Radiation Exposure at Aviation Altitudes During Quiet Space Weather Conditions*. *Space Weather*, 16(9), pp. 1269-1276.
<https://doi.org/10.1029/2018SW001984>
- Meier, M., Trompier, F., Ambrozova, I., Kubancak, J., Matthiä, D., Ploc, O., Santen, N., & Wirtz, M. (2016). *CONCORD: Comparison of Cosmic Radiation Detectors in the Radiation Field at Aviation Altitudes*. *Journal of Space Weather and Space Climate*, 6(24), pp. 1-7.
<https://doi.org/10.1051/swsc/2016017>
- Montenegro, E., & Luján, M. (2018). Análisis de la Variación Estacional de la Contaminación Atmosférica y su Relación con Variables Climáticas en el Valle Central de Cochabamba, Bolivia. *Acta Nova*, 8(3), pp. 451-466.
Recuperado el 5 de enero de 2020 de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892018000100011&lng=es&nrm=iso
- Morkunas, G., Pilkyte, L., & Ereminas, D. (2003). *Evaluation of Exposure to Cosmic Radiation of Flight Crews of Lithuanian Airlines*. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 16(2), pp. 161-167. Recuperado el 18 de diciembre de 2019 de https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:36110506
- Organización Internacional de Estados Americanos (OIEA). (2016). *Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación: Normas Básicas Internacionales de Seguridad*. IAEA. Recuperado el 8 de octubre de 2019 de https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1578_S_web.pdf
- Organización Internacional de Estados Americanos (OIEA). (2004). *Colección de Normas de Seguridad del OIEA. Guía de Seguridad*. IAEA. Recuperado el 8 de octubre de 2019 de https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1081s_web.pdf
- Poje, M., Vukovic, B., Varga, M., Radolic, V., Miklavcic, I., Faj, D., & Planinic, J. (2008). *Relation Between Galactic and Solar Cosmic Radiation at*

- Aviation Altitude. Advances in Space Research*, 42, pp. 1913-1916.
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2008.06.001>
- Sáez, J., & Dominguez, R. (2009). *The Implementation of Cosmic Radiation Monitoring in Routine Flight Operation of Iberia Airline of Spain: 1 Y of Experience if In-Flight Permanent Monitoring. Radiation Protection Dosimetry*, 136(4), pp. 291-296. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncp131>
- Sarajlic, O., He, X., Sarajlic, S., & Wei, T. (2018). *Computational Challenges and Opportunities of Simulating Cosmic Ray Showers at Global Scale. https://doi.org/10.1145/3219104.3229281*
- Schraube, H., Mares, V., Roesler, S., & Heinrich, W. (1999). *Experimental Verification and Calculation of Aviation Route Doses. Radiation Protection Dosimetry*, 86(4), pp. 309-315.
<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a032963>
- Scott, B., Walker, D., Tesfaigzi, Y., Schöllnberger, H., & Walker, V. (2003). *Mechanistic Basis for Nonlinear Dose-Response Relationships for Low-Dose Radiation-Induced Stochastic Effects. Nonlinearity in Biology, Toxicology, Medicine*, 1(1). <https://doi.org/10.1080/15401420390844492>
- Sharma, K. (2015). *Ionizing Radiation at Aviation Altitude. (Tesis). Amity University. Dubai, UAE. DOI: 10.13140/RG.2.1.1824.5601*
- Silverman, D., & Gendreau, M. (2009). *Medical Issues Associated with Commercial Flights. Lancet*, 373, pp. 2067–77.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60209-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60209-9)
- Spurný, F., Davidkova, M., Turek, K., & Vlcek, B. (2005). *Aircrew Dosimetry by Means of Experimental Measurements and Calculations: Results Obtained During the Year 2003. Radiation Protection Dosimetry*, 116(1-4 Pt 2), pp. 316-319. <https://doi.org/10.1093/rpd/nci058>
- Spurný, F., Ploc, O., & Kovar, I. (2007). *Routine Individual Monitoring of Aircraft Crew Exposure: Czech Experience and Results since 1998. Radiation Protection Dosimetry*, 125(1-4), pp. 1-6.
<https://doi.org/10.1093/rpd/ncl559>
- Straume, T., Amundson, S., Blakely, W., Burns, F., Chen, A., Dainiak, N., Franklin, S., Leary, J., Loftus, D., Morgan, W., Pellmar, T., Stolc, V.,

- Turteltaub, K., Vaughan, A., Vijayakumar, S., & Wyrobek, A. (2008). *NASA Radiation Biomarker Workshop September 27–28, 2007. Radiation Research*, 170(3), pp. 393-405. <https://doi.org/10.1667/RR1382.1>
- Sihver, L., Ploc, O., Puchalska, M., Ambrozová, I., Kubancák, J., Kyselova, D., & Shurshakov, V. (2015). *Radiation Environment at Aviation Altitudes and in Space. Radiation Protection Dosimetry*, 164(4), pp. 477-483. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncv330>
- Tobiska, W., Atwell, W., Beck, P., Benton, E., Copeland, K., Dyer, C., Gersey, B., Getley, I., Hands, A., Holland, M., Hong, S., Hwang, J., Jones, B., Malone, K., Meier, M., Mertens, C., Phillips, T., Ryden, K., Schwadron, N., Wender, S., Wilkins, R., & Xapsos, M. (2015). *Advances in Atmospheric Radiation Measurements and Modeling Needed to Improve Air Safety. Space Weather*, 13(4), pp. 202-210. <https://doi.org/10.1002/2015SW001169>
- Tobiska, W., Meier, M., Matthiae, D., & Copeland, K. (2018). *Extreme Events in Geospace: Origins, Predictability, and Consequences*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03769-5>
- Tomić-Petrović, N. (2012). *Cosmic Radiation – A Legal and Medical Issue in Aviation. International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 27(1), pp. 1-10. Recuperado el 12 de enero de 2020 de <http://ijtte.com/uploads/2012-03-20/d4c8811d-9f16-dfa7p1>
- Union Europea (UE). (2018). Reglamento (UE) 2018/1139 del Parlamento Europeo y del Consejo. *Diario Oficial de la Unión Europea*. pp. 1-122. Recuperado el 20 de enero de 2020 de <https://eur-lex.europa.eu/>
- Vaughan, A., Vijayakumar, S., & Wyrobek, A. (2008). *NASA Radiation Biomarker Workshop September 27–28, 2007. Radiation Research*, 170(3), pp. 393-405. <https://doi.org/10.1667/RR1382.1>
- Vergara, J., & Román, R. (2009). *The Implementation of Cosmic Radiation Monitoring on Routine Flight Operation of Iberia Airline of Spain: 1 Y of Experience of In-flight Permanent Monitoring. Radiation Protection Dosimetry*, 136(4). pp. 291-296. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncp131>

- Vukovic, B., Radolic, V., Lisjak, I., Vekic, B., Poje, M., & Planinic, J. (2008). *Some Cosmic Radiation Dose Measurements Aboard Flights Connecting Zagreb Airport. Applied Radiation and Isotopes*, 66, pp. 247-251. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2007.09.001>
- White, S., & Mallya, S. (2012). *Update on the Biological Effects of Ionizing Radiation, Relative Dose Factors and Radiation Hygiene. Australian Dental Journal*, 57(1). <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2011.01665.x>
- Wollschlager, D., Hammer, G., Schafft, T., Dreger, S., Blettner, M., & Zeeb, H. (2017). *Estimated Radiation Exposure of German Commercial Airline Cabin Crew in the Years 1960-2003 Modeled Using Dose Registry Data for 2004-2015. Journal of Exposure and Environmental Epidemiology*, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1038/jes.2017.21>
- Woodside, J. (2000). *Lista mundial de códigos OACI*. Recuperado el 8 de enero de 2020 de <http://www.aviadores.net/icao.htm>
- Yasuda, H., Lee, J., Yajima, K., Hwang, J., & Sakai, K. (2011). *Measurement of Cosmic-Ray Neutron Dose Onboard a Polar Route Flight from New York to Seoul. Radiation Protection Dosimetry*, 146(1-3), pp. 213-216. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncr152>
- Yasuda, H., Yajima, K., Sato, T., Takada, M., & Nakamura, T. (2009). *Responses of Selected Neutron Monitors to Cosmic Radiation at Aviation Altitudes. Health Physics*, 96(6), pp. 655-660. <https://doi.org/10.1097/01.HP.0000345025.85844.97>
- Zadunaisky, D. (2004). *Curso de Posgrado en Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación*. Programa Analítico. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 7 de noviembre de 2019 de <http://www.fi.uba.ar/es/node/977>
- Zhou, D., O'Sullivan, d., & Flood, E. (2006). *Radiation Field of Cosmic Rays Measured at Aviation Altitudes by CR-39 Detectors. Advances in Space Research*, 37, pp.1218-1222. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2005.08.034>

ANEXOS

REPORTE DE HORAS MENSUAL / LANDINGS - ENE 19

IBM	RANK	DEPARTURE	ARRIVAL	ACT FLIGHT NO	ACT AC SUBTYPE	AC REGISTRATION	DAY OF ORIGIN	BH
53705	CAP	UIO	GYE	1632	320	HCCJV	1-1-2019 12:00:00 AM	0:51:00
53705	CAP	GYE	GPS	1632	320	HCCJV	1-1-2019 12:00:00 AM	1:59:00
53705	CAP	GPS	GYE	1633	320	HCCJV	1-1-2019 12:00:00 AM	1:46:00
53705	CAP	GYE	UIO	1633	320	HCCJV	1-1-2019 12:00:00 AM	0:52:00
53705	CAP	UIO	GYE	1630	319	HCCLF	1-3-2019 12:00:00 AM	0:57:00
53705	CAP	GYE	SCY	1630	319	HCCLF	1-3-2019 12:00:00 AM	1:45:00
53705	CAP	SCY	GYE	1631	319	HCCLF	1-3-2019 12:00:00 AM	1:40:00
53705	CAP	GYE	UIO	1631	319	HCCSB	1-3-2019 12:00:00 AM	0:50:00
53705	CAP	UIO	BOG	8372	320	HCCTR	1-4-2019 12:00:00 AM	1:25:00
53705	CAP	BOG	PTY	8372	320	HCCTX	1-4-2019 12:00:00 AM	1:32:00
53705	CAP	PTY	BOG	8371	320	HCCTR	1-5-2019 12:00:00 AM	1:36:00
53705	CAP	BOG	PTY	8376	320	HCCTR	1-5-2019 12:00:00 AM	1:40:00
53705	CAP	PTY	BOG	8375	320	HCCJV	1-6-2019 12:00:00 AM	1:32:00
53705	CAP	BOG	UIO	8375	320	HCCJW	1-6-2019 12:00:00 AM	1:27:00
53705	CAP	UIO	BOG	8376	320	HCCSF	1-8-2019 12:00:00 AM	1:40:00
53705	CAP	BOG	VVI	5102	320	HCCSF	1-8-2019 12:00:00 AM	4:05:00
53705	CAP	VVI	BOG	8385	320	HCCSF	1-10-2019 12:00:00 AM	4:15:00
53705	CAP	BOG	UIO	8377	320	HCCSF	1-10-2019 12:00:00 AM	1:34:00
53705	CAP	BOG	MDE	9890	320	HCCJV	1-13-2019 12:00:00 AM	1:01:00
53705	CAP	UIO	GYE	1630	320	HCCRU	1-15-2019 12:00:00 AM	0:57:00
53705	CAP	GYE	SCY	1630	320	HCCRU	1-15-2019 12:00:00 AM	1:55:00
53705	CAP	SCY	GYE	1631	320	HCCRU	1-15-2019 12:00:00 AM	1:40:00
53705	CAP	GYE	UIO	1631	320	HCCRU	1-15-2019 12:00:00 AM	0:51:00
53705	CAP	UIO	GPS	1688	320	HCCJW	1-16-2019 12:00:00 AM	2:16:00
53705	CAP	GPS	UIO	1689	320	HCCJW	1-16-2019 12:00:00 AM	1:51:00
53705	CAP	UIO	MEC	1690	319	HCCSB	1-17-2019 12:00:00 AM	0:57:00
53705	CAP	MEC	UIO	1691	319	HCCSB	1-17-2019 12:00:00 AM	0:48:00
53705	CAP	UIO	GYE	1630	320	HCCRU	1-21-2019 12:00:00 AM	0:54:00
53705	CAP	GYE	SCY	1630	320	HCCRU	1-21-2019 12:00:00 AM	1:54:00
53705	CAP	SCY	GYE	1631	320	HCCRU	1-21-2019 12:00:00 AM	1:45:00
53705	CAP	GYE	UIO	1631	320	HCCRU	1-21-2019 12:00:00 AM	0:51:00
53705	CAP	UIO	MEC	1690	320	HCCJW	1-25-2019 12:00:00 AM	0:53:00
53705	CAP	MEC	UIO	1691	320	HCCJW	1-25-2019 12:00:00 AM	0:46:00
53705	CAP	GYE	GPS	1634	320	HCCSF	1-26-2019 12:00:00 AM	2:01:00
53705	CAP	GPS	GYE	1635	320	HCCSF	1-26-2019 12:00:00 AM	1:53:00
53705	CAP	GYE	UIO	1635	320	HCCSF	1-26-2019 12:00:00 AM	0:52:00
53705	CAP	UIO	GYE	1636	320	HCCRU	1-27-2019 12:00:00 AM	0:53:00
53705	CAP	GYE	SCY	1636	320	HCCRU	1-27-2019 12:00:00 AM	1:50:00
53705	CAP	SCY	GYE	1637	320	HCCRU	1-27-2019 12:00:00 AM	1:40:00
53705	CAP	GYE	UIO	1637	320	HCCRU	1-27-2019 12:00:00 AM	0:51:00
53705	CAP	UIO	BOG	8378	320	HCCTR	1-29-2019 12:00:00 AM	1:21:00
53705	CAP	BOG	UIO	8371	320	HCCSF	1-29-2019 12:00:00 AM	1:43:00
53705	CAP	UIO	LIM	7388	320	HCCRU	1-30-2019 12:00:00 AM	2:15:00
53705	CAP	LIM	LPB	7390	319	HCCSB	1-30-2019 12:00:00 AM	1:52:00
								67:56:00

Anexo 1. Reporte de horas de vuelo del miembro de la tripulación aérea sujeto a estudio, enero 2019.

REPORTE DE HORAS MENSUAL / LANDINGS - FEB 19								
IBM	RANK	DEPARTURE	ARRIVAL	ACT FLIGHT NO	ACT AC SUBTYPE	AC REGISTRATION	DAY OF ORIGIN	BH
53705	CAP	LPB	LIM	7391	319	HCCSB	2-1-2019 12:00:00 AM	1:55:00
53705	CAP	LIM	UIO	7389	320	HCCJW	2-1-2019 12:00:00 AM	2:45:00
53705	CAP	UIO	MEC	1692	319	HCKKN	2-2-2019 12:00:00 AM	0:47:00
53705	CAP	MEC	UIO	1693	319	HCKKN	2-2-2019 12:00:00 AM	0:46:00
53705	CAP	UIO	BOG	8376	320	HCCTX	2-3-2019 12:00:00 AM	1:37:00
53705	CAP	BOG	VVI	8382	320	HCCSF	2-3-2019 12:00:00 AM	4:32:00
53705	CAP	VVI	BOG	8385	320	HCCSF	2-5-2019 12:00:00 AM	3:49:00
53705	CAP	BOG	UIO	8377	320	HCCTX	2-5-2019 12:00:00 AM	1:35:00
53705	CAP	UIO	LIM	7388	320	HCCSF	2-6-2019 12:00:00 AM	2:19:00
53705	CAP	LIM	LPB	7390	319	HCCSB	2-6-2019 12:00:00 AM	1:58:00
53705	CAP	LPB	LIM	7391	319	HCCSB	2-8-2019 12:00:00 AM	1:54:00
53705	CAP	LIM	UIO	7389	320	HCCJV	2-8-2019 12:00:00 AM	2:28:00
53705	CAP	UIO	GYE	1630	319	HCCSA	2-11-2019 12:00:00 AM	0:52:00
53705	CAP	GYE	SCY	1630	319	HCCSA	2-11-2019 12:00:00 AM	1:56:00
53705	CAP	SCY	GYE	1631	319	HCCSA	2-11-2019 12:00:00 AM	1:39:00
53705	CAP	GYE	UIO	1631	319	HCCSA	2-11-2019 12:00:00 AM	0:55:00
53705	CAP	GYE	LIM	7390	319	HCCLF	2-13-2019 12:00:00 AM	1:51:00
53705	CAP	LIM	LPB	7390	319	HCCLF	2-13-2019 12:00:00 AM	1:53:00
53705	CAP	LPB	LIM	7391	319	HCCSB	2-15-2019 12:00:00 AM	2:00:00
53705	CAP	LIM	GYE	7391	319	HCCLF	2-15-2019 12:00:00 AM	2:27:00
53705	CAP	MDE	UIO	9891	320	HCCJW	2-19-2019 12:00:00 AM	1:44:00
53705	CAP	UIO	BOG	8372	319	HCKKN	2-21-2019 12:00:00 AM	1:33:00
53705	CAP	BOG	PTY	8372	319	HCKKN	2-21-2019 12:00:00 AM	1:52:00
53705	CAP	PTY	BOG	8371	320	HCCRU	2-22-2019 12:00:00 AM	1:52:00
53705	CAP	BOG	PTY	8380	319	HCCSB	2-23-2019 12:00:00 AM	1:39:00
53705	CAP	PTY	BOG	8383	319	HCCSB	2-23-2019 12:00:00 AM	1:25:00
53705	CAP	BOG	UIO	1803	319	HCCSB	2-23-2019 12:00:00 AM	1:39:00
53705	CAP	UIO	BOG	8372	320	HCCTX	2-24-2019 12:00:00 AM	1:22:00
53705	CAP	BOG	PTY	8372	320	HCCJV	2-24-2019 12:00:00 AM	1:55:00
53705	CAP	PTY	BOG	8371	319	HCCLF	2-25-2019 12:00:00 AM	1:25:00
53705	CAP	BOG	PTY	8376	320	HCCJW	2-25-2019 12:00:00 AM	1:43:00
53705	CAP	PTY	BOG	8375	320	HCCJV	2-26-2019 12:00:00 AM	1:29:00
53705	CAP	BOG	UIO	8375	320	HCCRU	2-26-2019 12:00:00 AM	1:31:00
53705	CAP	UIO	LIM	7388	320	HCCSF	2-28-2019 12:00:00 AM	2:14:00
53705	CAP	LIM	LPB	7390	319	HCCLF	2-28-2019 12:00:00 AM	1:47:00
								65:08:00

Anexo 2. Reporte de horas de vuelo del miembro de la tripulación aérea sujeto a estudio, febrero 2019.

REPORTE DE HORAS MENSUAL / LANDINGS - FEB 19

IBM	RANK	DEPARTURE	ARRIVAL	ACT FLIGHT NO	ACT AC SUBTYPE	AC REGISTRATION	DAY OF ORIGIN	BH
53705	CAP	LPB	LIM	7391	319	HCCSB	2-1-2019 12:00:00 AM	1:55:00
53705	CAP	LIM	UIO	7389	320	HCCJW	2-1-2019 12:00:00 AM	2:45:00
53705	CAP	UIO	MEC	1692	319	HCKKN	2-2-2019 12:00:00 AM	0:47:00
53705	CAP	MEC	UIO	1693	319	HCKKN	2-2-2019 12:00:00 AM	0:46:00
53705	CAP	UIO	BOG	8376	320	HCCTX	2-3-2019 12:00:00 AM	1:37:00
53705	CAP	BOG	VVI	8382	320	HCCSF	2-3-2019 12:00:00 AM	4:32:00
53705	CAP	VVI	BOG	8385	320	HCCSF	2-5-2019 12:00:00 AM	3:49:00
53705	CAP	BOG	UIO	8377	320	HCCTX	2-5-2019 12:00:00 AM	1:35:00
53705	CAP	UIO	LIM	7388	320	HCCSF	2-6-2019 12:00:00 AM	2:19:00
53705	CAP	LIM	LPB	7390	319	HCCSB	2-6-2019 12:00:00 AM	1:58:00
53705	CAP	LPB	LIM	7391	319	HCCSB	2-8-2019 12:00:00 AM	1:54:00
53705	CAP	LIM	UIO	7389	320	HCCJV	2-8-2019 12:00:00 AM	2:28:00
53705	CAP	UIO	GYE	1630	319	HCCSA	2-11-2019 12:00:00 AM	0:52:00
53705	CAP	GYE	SCY	1630	319	HCCSA	2-11-2019 12:00:00 AM	1:56:00
53705	CAP	SCY	GYE	1631	319	HCCSA	2-11-2019 12:00:00 AM	1:39:00
53705	CAP	GYE	UIO	1631	319	HCCSA	2-11-2019 12:00:00 AM	0:55:00
53705	CAP	GYE	LIM	7390	319	HCCLF	2-13-2019 12:00:00 AM	1:51:00
53705	CAP	LIM	LPB	7390	319	HCCLF	2-13-2019 12:00:00 AM	1:53:00
53705	CAP	LPB	LIM	7391	319	HCCSB	2-15-2019 12:00:00 AM	2:00:00
53705	CAP	LIM	GYE	7391	319	HCCLF	2-15-2019 12:00:00 AM	2:27:00
53705	CAP	MDE	UIO	9891	320	HCCJW	2-19-2019 12:00:00 AM	1:44:00
53705	CAP	UIO	BOG	8372	319	HCKKN	2-21-2019 12:00:00 AM	1:33:00
53705	CAP	BOG	PTY	8372	319	HCKKN	2-21-2019 12:00:00 AM	1:52:00
53705	CAP	PTY	BOG	8371	320	HCCRU	2-22-2019 12:00:00 AM	1:52:00
53705	CAP	BOG	PTY	8380	319	HCCSB	2-23-2019 12:00:00 AM	1:39:00
53705	CAP	PTY	BOG	8383	319	HCCSB	2-23-2019 12:00:00 AM	1:25:00
53705	CAP	BOG	UIO	1803	319	HCCSB	2-23-2019 12:00:00 AM	1:39:00
53705	CAP	UIO	BOG	8372	320	HCCTX	2-24-2019 12:00:00 AM	1:22:00
53705	CAP	BOG	PTY	8372	320	HCCJV	2-24-2019 12:00:00 AM	1:55:00
53705	CAP	PTY	BOG	8371	319	HCCLF	2-25-2019 12:00:00 AM	1:25:00
53705	CAP	BOG	PTY	8376	320	HCCJW	2-25-2019 12:00:00 AM	1:43:00
53705	CAP	PTY	BOG	8375	320	HCCJV	2-26-2019 12:00:00 AM	1:29:00
53705	CAP	BOG	UIO	8375	320	HCCRU	2-26-2019 12:00:00 AM	1:31:00
53705	CAP	UIO	LIM	7388	320	HCCSF	2-28-2019 12:00:00 AM	2:14:00
53705	CAP	LIM	LPB	7390	319	HCCLF	2-28-2019 12:00:00 AM	1:47:00
								65:08:00

Anexo 3. Reporte de horas de vuelo del miembro de la tripulación aérea sujeto a estudio, marzo 2019.

REPORTE DE HORAS MENSUAL / LANDINGS - ABRIL 19

IBM	RANK	DEPARTURE	ARRIVAL	ACT FLIGHT NO	ACT AC SUBTYPE	AC REGISTRATION	DAY OF ORIGIN	BH
53705	CAP	GYE	UIO	1621	320	HCCSF	4-1-2019 12:00:00 AM	0:54:00
53705	CAP	UIO	OCC	1656	320	HCCSF	4-1-2019 12:00:00 AM	0:40:00
53705	CAP	OCC	UIO	1657	320	HCCSF	4-1-2019 12:00:00 AM	0:38:00
53705	CAP	UIO	GYE	1632	320	HCCTX	4-2-2019 12:00:00 AM	0:56:00
53705	CAP	GYE	GPS	1632	320	HCCTX	4-2-2019 12:00:00 AM	1:50:00
53705	CAP	GPS	GYE	1633	320	HCCTX	4-2-2019 12:00:00 AM	1:48:00
53705	CAP	GYE	UIO	1633	320	HCCTX	4-2-2019 12:00:00 AM	0:54:00
53705	CAP	UIO	GYE	1632	320	HCCSF	4-3-2019 12:00:00 AM	0:49:00
53705	CAP	GYE	GPS	1632	320	HCCSF	4-3-2019 12:00:00 AM	1:50:00
53705	CAP	GPS	GYE	1633	320	HCCSF	4-3-2019 12:00:00 AM	1:48:00
53705	CAP	GYE	UIO	1633	319	HCCKN	4-3-2019 12:00:00 AM	0:49:00
53705	CAP	UIO	GYE	1662	320	HCCTX	4-5-2019 12:00:00 AM	0:57:00
53705	CAP	GYE	UIO	1663	320	HCCTX	4-6-2019 12:00:00 AM	0:45:00
53705	CAP	BOG	AUA	8378	320	HCCSF	4-7-2019 12:00:00 AM	1:55:00
53705	CAP	AUA	BOG	8373	320	HCCSF	4-7-2019 12:00:00 AM	2:07:00
53705	CAP	BOG	GYE	8383	320	HCCTX	4-7-2019 12:00:00 AM	2:06:00
53705	CAP	GYE	UIO	1621	320	HCCTX	4-8-2019 12:00:00 AM	0:49:00
53705	CAP	UIO	LIM	7388	320	HCCJV	4-10-2019 12:00:00 AM	2:08:00
53705	CAP	LIM	VVI	7388	320	HCCJV	4-10-2019 12:00:00 AM	2:26:00
53705	CAP	VVI	LIM	7389	320	HCCRU	4-12-2019 12:00:00 AM	2:34:00
53705	CAP	LIM	UIO	7389	320	HCCRU	4-12-2019 12:00:00 AM	2:17:00
53705	CAP	PTY	BOG	8371	319	HCCKN	4-17-2019 12:00:00 AM	1:25:00

Anexo 4. Reporte de horas de vuelo del miembro de la tripulación aérea sujeto a estudio, abril 2019.

REPORTE DE HORAS MENSUAL / LANDINGS - MAYO 19								
IBM	RANK	DEPARTURE	ARRIVAL	ACT FLIGHT NO	ACT AC SUBTYPE	AC REGISTRATION	DAY OF ORIGIN	BH
53705	CAP	VVI	LIM	7389	319	HCCSB	5-2-2019 12:00:00 AM	2:46:00
53705	CAP	LIM	UIO	7389	319	HCCKN	5-2-2019 12:00:00 AM	2:40:00
53705	CAP	UIO	MEC	1690	319	HCCSA	5-3-2019 12:00:00 AM	0:45:00
53705	CAP	MEC	UIO	1691	319	HCCSA	5-3-2019 12:00:00 AM	0:46:00
53705	CAP	UIO	BOG	8374	319	HCCLF	5-3-2019 12:00:00 AM	1:24:00
53705	CAP	BOG	UIO	8373	319	HCCLF	5-3-2019 12:00:00 AM	1:44:00
53705	CAP	UIO	GYE	1634	320	HCCSF	5-11-2019 12:00:00 AM	0:53:00
53705	CAP	GYE	GPS	1634	320	HCCSF	5-11-2019 12:00:00 AM	1:48:00
53705	CAP	GPS	GYE	1635	320	HCCSF	5-11-2019 12:00:00 AM	1:52:00
53705	CAP	GYE	UIO	1635	320	HCCSF	5-11-2019 12:00:00 AM	0:50:00
53705	CAP	UIO	BOG	8372	320	HCCJW	5-27-2019 12:00:00 AM	1:25:00
53705	CAP	BOG	PTY	8372	320	HCCJW	5-27-2019 12:00:00 AM	1:45:00
53705	CAP	PTY	BOG	8375	320	HCCJW	5-27-2019 12:00:00 AM	1:33:00
53705	CAP	BOG	AUA	8384	320	HCCSF	5-28-2019 12:00:00 AM	1:52:00
53705	CAP	AUA	BOG	8381	320	HCCSF	5-28-2019 12:00:00 AM	1:52:00
53705	CAP	UIO	BOG	8378	320	HCCTX	5-30-2019 12:00:00 AM	1:27:00
53705	CAP	BOG	UIO	8371	320	HCCTX	5-30-2019 12:00:00 AM	1:56:00
								27:18:00

Anexo 5. Reporte de horas de vuelo del miembro de la tripulación aérea sujeto a estudio, mayo 2019.

REPORTE DE HORAS MENSUAL / LANDINGS - JUNIO 19								
IBM	RANK	DEPARTURE	ARRIVAL	ACT FLIGHT NO	ACT AC SUBTYPE	AC REGISTRATION	DAY OF ORIGIN	BH
53705	CAP	UIO	BOG	8378	320	HCCJW	6-1-2019 12:00:00 AM	2:05:00
53705	CAP	BOG	UIO	8371	320	HCCJW	6-1-2019 12:00:00 AM	1:29:00
53705	CAP	UIO	GYE	1630	319	HCCKN	6-3-2019 12:00:00 AM	0:51:00
53705	CAP	GYE	SCY	1630	319	HCCKN	6-3-2019 12:00:00 AM	1:45:00
53705	CAP	SCY	GYE	1631	319	HCCKN	6-3-2019 12:00:00 AM	1:42:00
53705	CAP	GYE	UIO	1631	319	HCCKN	6-3-2019 12:00:00 AM	0:46:00
53705	CAP	GYE	LIM	7390	319	HCCSB	6-4-2019 12:00:00 AM	1:45:00
53705	CAP	LIM	LPB	7390	319	HCCSB	6-4-2019 12:00:00 AM	1:49:00
53705	CAP	LPB	LIM	7391	319	HCCSB	6-6-2019 12:00:00 AM	1:57:00
53705	CAP	LIM	GYE	7391	319	HCCSB	6-6-2019 12:00:00 AM	2:20:00
53705	CAP	UIO	GYE	1636	319	HCCKN	6-8-2019 12:00:00 AM	0:50:00
53705	CAP	GYE	SCY	1636	319	HCCKN	6-8-2019 12:00:00 AM	1:49:00
53705	CAP	SCY	GYE	1637	319	HCCKN	6-8-2019 12:00:00 AM	1:41:00
53705	CAP	GYE	UIO	1637	319	HCCSB	6-8-2019 12:00:00 AM	0:51:00
53705	CAP	UIO	BOG	8378	320	HCCJW	6-10-2019 12:00:00 AM	1:27:00
53705	CAP	BOG	UIO	8371	320	HCCRU	6-10-2019 12:00:00 AM	2:03:00
53705	CAP	GYE	LIM	7390	319	HCCLF	6-11-2019 12:00:00 AM	1:53:00
53705	CAP	LIM	LPB	7390	319	HCCLF	6-11-2019 12:00:00 AM	1:58:00
53705	CAP	LPB	LIM	7391	319	HCCLF	6-13-2019 12:00:00 AM	1:53:00
53705	CAP	LIM	GYE	7391	319	HCCLF	6-13-2019 12:00:00 AM	2:19:00
53705	CAP	UIO	GYE	1620	319	HCCSB	6-14-2019 12:00:00 AM	0:50:00
53705	CAP	GYE	UIO	1625	319	HCCSB	6-14-2019 12:00:00 AM	0:47:00
53705	CAP	UIO	GYE	1684	319	HCCKN	6-14-2019 12:00:00 AM	0:48:00
53705	CAP	GYE	GPS	1684	319	HCCKN	6-14-2019 12:00:00 AM	1:52:00
53705	CAP	GPS	UIO	1685	319	HCCKN	6-14-2019 12:00:00 AM	2:00:00
53705	CAP	UIO	GYE	1630	319	HCCSB	6-17-2019 12:00:00 AM	0:51:00
53705	CAP	GYE	SCY	1630	319	HCCSB	6-17-2019 12:00:00 AM	1:47:00
53705	CAP	SCY	GYE	1631	319	HCCSB	6-17-2019 12:00:00 AM	1:41:00
53705	CAP	GYE	UIO	1631	319	HCCSA	6-17-2019 12:00:00 AM	0:57:00
53705	CAP	GYE	LIM	7390	320	HCCJW	6-18-2019 12:00:00 AM	1:54:00
53705	CAP	LIM	LPB	7390	320	HCCJW	6-18-2019 12:00:00 AM	1:39:00
53705	CAP	LPB	LIM	7391	319	HCCKN	6-20-2019 12:00:00 AM	1:58:00
53705	CAP	LIM	GYE	7391	319	HCCKN	6-20-2019 12:00:00 AM	2:24:00
53705	CAP	UIO	GPS	1688	320	HCCJW	6-21-2019 12:00:00 AM	2:10:00
53705	CAP	GPS	UIO	1689	320	HCCJW	6-21-2019 12:00:00 AM	1:59:00
53705	CAP	UIO	GYE	1674	320	HCCJW	6-21-2019 12:00:00 AM	0:49:00
53705	CAP	GYE	UIO	1675	320	HCCJW	6-21-2019 12:00:00 AM	0:50:00
53705	CAP	UIO	BOG	8372	319	HCCLF	6-23-2019 12:00:00 AM	1:34:00
53705	CAP	BOG	PTY	8372	320	HCCSF	6-23-2019 12:00:00 AM	1:59:00
53705	CAP	PTY	BOG	8371	320	HCCTX	6-24-2019 12:00:00 AM	1:32:00
53705	CAP	BOG	UIO	8377	320	HCCTX	6-24-2019 12:00:00 AM	1:31:00
53705	CAP	UIO	GYE	1632	320	HCCSF	6-26-2019 12:00:00 AM	0:51:00
53705	CAP	GYE	GPS	1632	320	HCCSF	6-26-2019 12:00:00 AM	1:55:00
53705	CAP	GPS	GYE	1633	320	HCCSF	6-26-2019 12:00:00 AM	1:50:00
53705	CAP	GYE	UIO	1633	320	HCCSF	6-26-2019 12:00:00 AM	0:47:00
53705	CAP	UIO	DCC	1656	319	HCCLF	6-28-2019 12:00:00 AM	0:42:00
53705	CAP	OCC	UIO	1657	319	HCCLF	6-28-2019 12:00:00 AM	0:36:00
53705	CAP	UIO	GYE	1636	320	HCCRU	6-29-2019 12:00:00 AM	0:50:00
53705	CAP	GYE	SCY	1636	320	HCCRU	6-29-2019 12:00:00 AM	1:46:00
53705	CAP	SCY	GYE	1637	320	HCCRU	6-29-2019 12:00:00 AM	1:41:00
53705	CAP	GYE	UIO	1637	320	HCCRU	6-29-2019 12:00:00 AM	0:46:00
53705	CAP	UIO	GYE	1682	319	HCCLF	6-30-2019 12:00:00 AM	0:50:00
53705	CAP	GYE	SCY	1682	319	HCCLF	6-30-2019 12:00:00 AM	1:44:00
53705	CAP	SCY	GYE	1683	319	HCCLF	6-30-2019 12:00:00 AM	1:42:00
53705	CAP	GYE	UIO	1683	319	HCCSA	6-30-2019 12:00:00 AM	0:50:00
								81:59:00

Anexo 6. Reporte de horas de vuelo del miembro de la tripulación aérea sujeto a estudio, junio 2019.

REPORTE DE HORAS MENSUAL / LANDINGS - JULIO 19								
IBM	RANK	DEPARTURE	ARRIVAL	ACT FLIGHT NO.	ACT AC SUBTYPE	AC REGISTRATION	DAY OF ORIGIN	BH
53705	CAP	UIO	MEC	1696	319	HCCSA	7-1-2019 12:00:00 AM	0:47:00
53705	CAP	MEC	UIO	1697	319	HCCSA	7-1-2019 12:00:00 AM	0:47:00
53705	CAP	UIO	GYE	1670	319	HCCKN	7-2-2019 12:00:00 AM	0:53:00
53705	CAP	GYE	UIO	1671	319	HCCKN	7-2-2019 12:00:00 AM	0:47:00
53705	CAP	UIO	OCC	1656	319	HCCSB	7-4-2019 12:00:00 AM	0:41:00
53705	CAP	OCC	UIO	1657	319	HCCSB	7-4-2019 12:00:00 AM	0:36:00
53705	CAP	UIO	BOG	8378	319	HCCSA	7-5-2019 12:00:00 AM	1:23:00
53705	CAP	BOG	UIO	8371	320	HCCTR	7-5-2019 12:00:00 AM	1:52:00
53705	CAP	GYE	LIM	7390	319	HCCLF	7-6-2019 12:00:00 AM	1:48:00
53705	CAP	LIM	LPB	7390	319	HCCLF	7-6-2019 12:00:00 AM	1:43:00
53705	CAP	LPB	LIM	7391	320	HCCJW	7-8-2019 12:00:00 AM	2:10:00
53705	CAP	LIM	GYE	7391	319	HCCSA	7-8-2019 12:00:00 AM	2:17:00
53705	CAP	UIO	GYE	1630	319	HCCLF	7-10-2019 12:00:00 AM	0:48:00
53705	CAP	GYE	SCY	1630	319	HCCLF	7-10-2019 12:00:00 AM	1:44:00
53705	CAP	SCY	GYE	1631	319	HCCLF	7-10-2019 12:00:00 AM	1:45:00
53705	CAP	GYE	UIO	1631	319	HCCLF	7-10-2019 12:00:00 AM	1:06:00
53705	CAP	GYE	LIM	7390	319	HCCSB	7-11-2019 12:00:00 AM	1:46:00
53705	CAP	LIM	LPB	7390	319	HCCSB	7-11-2019 12:00:00 AM	2:01:00
53705	CAP	LPB	LIM	7391	320	HCCRU	7-13-2019 12:00:00 AM	2:09:00
53705	CAP	LIM	GYE	7391	319	HCCSB	7-13-2019 12:00:00 AM	2:05:00
53705	CAP	UIO	GYE	1638	320	HCCTR	7-14-2019 12:00:00 AM	0:55:00
53705	CAP	GYE	GPS	1638	320	HCCTR	7-14-2019 12:00:00 AM	1:53:00
53705	CAP	GPS	GYE	1639	320	HCCTR	7-14-2019 12:00:00 AM	1:51:00
53705	CAP	GYE	UIO	1639	320	HCCTR	7-14-2019 12:00:00 AM	1:01:00
53705	CAP	UIO	GYE	1632	320	HCCSF	7-15-2019 12:00:00 AM	0:53:00
53705	CAP	GYE	GPS	1632	320	HCCSF	7-15-2019 12:00:00 AM	1:54:00
53705	CAP	GPS	GYE	1633	320	HCCSF	7-15-2019 12:00:00 AM	1:50:00
53705	CAP	GYE	UIO	1633	320	HCCSF	7-15-2019 12:00:00 AM	0:51:00
53705	CAP	UIO	LIM	7388	320	HCCSF	7-17-2019 12:00:00 AM	2:12:00
53705	CAP	LIM	LPB	7390	319	HCCKN	7-18-2019 12:00:00 AM	2:05:00
53705	CAP	LPB	LIM	7391	319	HCCKN	7-19-2019 12:00:00 AM	2:01:00
53705	CAP	LIM	GYE	7389	320	HCCSF	7-19-2019 12:00:00 AM	3:27:00
53705	CAP	GYE	UIO	7389	320	HCCSF	7-19-2019 12:00:00 AM	0:59:00
53705	CAP	UIO	GYE	1638	320	HCCRU	7-20-2019 12:00:00 AM	0:56:00
53705	CAP	GYE	GPS	1638	320	HCCRU	7-20-2019 12:00:00 AM	1:50:00
53705	CAP	GPS	GYE	1639	320	HCCRU	7-20-2019 12:00:00 AM	1:46:00
53705	CAP	GYE	UIO	1639	320	HCCRU	7-20-2019 12:00:00 AM	0:50:00
53705	CAP	UIO	GYE	1632	320	HCCTR	7-21-2019 12:00:00 AM	0:50:00
53705	CAP	GYE	GPS	1632	320	HCCTR	7-21-2019 12:00:00 AM	1:55:00
53705	CAP	GPS	GYE	1633	320	HCCTR	7-21-2019 12:00:00 AM	1:47:00
53705	CAP	GYE	UIO	1633	320	HCCTR	7-21-2019 12:00:00 AM	0:48:00
53705	CAP	UIO	GYE	1620	319	HCCKN	7-25-2019 12:00:00 AM	0:55:00
53705	CAP	GYE	UIO	1625	319	HCCKN	7-25-2019 12:00:00 AM	0:46:00
53705	CAP	UIO	GYE	1684	319	HCCKN	7-25-2019 12:00:00 AM	0:52:00
53705	CAP	GYE	GPS	1684	319	HCCKN	7-25-2019 12:00:00 AM	1:56:00
53705	CAP	GPS	UIO	1685	319	HCCKN	7-25-2019 12:00:00 AM	2:02:00
53705	CAP	UIO	GPS	1688	320	HCCTX	7-26-2019 12:00:00 AM	2:02:00
53705	CAP	GPS	UIO	1689	320	HCCTX	7-26-2019 12:00:00 AM	2:05:00
53705	CAP	UIO	GYE	1674	320	HCCTX	7-26-2019 12:00:00 AM	0:51:00
53705	CAP	GYE	UIO	1675	320	HCCTX	7-26-2019 12:00:00 AM	0:44:00
53705	CAP	UIO	GYE	1636	320	HCCTR	7-28-2019 12:00:00 AM	0:51:00
53705	CAP	GYE	SCY	1636	320	HCCTR	7-28-2019 12:00:00 AM	1:45:00
53705	CAP	SCY	GYE	1637	320	HCCTR	7-28-2019 12:00:00 AM	1:43:00
53705	CAP	GYE	UIO	1637	320	HCCTR	7-28-2019 12:00:00 AM	0:45:00
53705	CAP	UIO	GYE	1632	320	HCCJV	7-29-2019 12:00:00 AM	0:48:00
53705	CAP	GYE	GPS	1632	320	HCCJV	7-29-2019 12:00:00 AM	1:51:00
53705	CAP	GPS	GYE	1633	320	HCCJV	7-29-2019 12:00:00 AM	1:45:00
53705	CAP	GYE	UIO	1633	320	HCCJV	7-29-2019 12:00:00 AM	0:47:00
53705	CAP	UIO	OCC	1656	320	HCCTX	7-30-2019 12:00:00 AM	0:40:00
53705	CAP	OCC	UIO	1657	320	HCCTX	7-30-2019 12:00:00 AM	0:39:00
53705	CAP	UIO	BOG	8378	320	HCCJV	7-31-2019 12:00:00 AM	1:28:00
53705	CAP	BOG	UIO	8377	320	HCCTX	7-31-2019 12:00:00 AM	1:25:00
								BH:22:00

Anexo 7. Reporte de horas de vuelo del miembro de la tripulación aérea sujeto a estudio, julio 2019.

REPORTE DE HORAS MENSUAL / LANDINGS - AGOSTO 19								
IBM	RANK	DEPARTURE	ARRIVAL	ACT FLIGHT NO	ACT AC SUBTYPE	AC REGISTRATION	DAY OF ORIGIN	BH
53705	CAP	UIO	GYE	1632	320	HCCJV	8-16-2019 12:00:00 AM	0:51:00
53705	CAP	GYE	GPS	1632	320	HCCJV	8-16-2019 12:00:00 AM	1:55:00
53705	CAP	GPS	GYE	1633	320	HCCJV	8-16-2019 12:00:00 AM	1:53:00
53705	CAP	GYE	UIO	1633	320	HCCJV	8-16-2019 12:00:00 AM	0:47:00
53705	CAP	UIO	GYE	1636	319	HCCSB	8-17-2019 12:00:00 AM	0:57:00
53705	CAP	GYE	SCY	1636	319	HCCSB	8-17-2019 12:00:00 AM	1:40:00
53705	CAP	SCY	GYE	1637	319	HCCSB	8-17-2019 12:00:00 AM	1:50:00
53705	CAP	GYE	UIO	1637	319	HCCSB	8-17-2019 12:00:00 AM	0:50:00
53705	CAP	BOG	GYE	8383	320	HCCTX	8-19-2019 12:00:00 AM	1:52:00
53705	CAP	GYE	BOG	8382	320	HCCTX	8-19-2019 12:00:00 AM	1:53:00
53705	CAP	BOG	UIO	8377	320	HCCJW	8-20-2019 12:00:00 AM	1:27:00
53705	CAP	BOG	UIO	8375	320	HCCTX	8-21-2019 12:00:00 AM	1:28:00
53705	CAP	BOG	AUA	8384	320	HCCTX	8-23-2019 12:00:00 AM	1:50:00
53705	CAP	AUA	BOG	8381	320	HCCTX	8-23-2019 12:00:00 AM	2:00:00
53705	CAP	BOG	GYE	8383	320	HCCTR	8-24-2019 12:00:00 AM	1:44:00
53705	CAP	GYE	BOG	8382	320	HCCTR	8-24-2019 12:00:00 AM	1:47:00
53705	CAP	BOG	GYE	8383	320	HCCJV	8-25-2019 12:00:00 AM	1:45:00
53705	CAP	GYE	BOG	8382	320	HCCJV	8-25-2019 12:00:00 AM	1:37:00
53705	CAP	BOG	UIO	5105	320	HCCTR	8-25-2019 12:00:00 AM	1:34:00
53705	CAP	UIO	GYE	1620	319	HCCSA	8-27-2019 12:00:00 AM	0:53:00
53705	CAP	GYE	UIO	1625	319	HCCSA	8-27-2019 12:00:00 AM	0:49:00
53705	CAP	UIO	BOG	8374	319	HCCKN	8-27-2019 12:00:00 AM	1:27:00
53705	CAP	BOG	PTY	8380	320	HCCJW	8-28-2019 12:00:00 AM	1:41:00
53705	CAP	PTY	BOG	8383	320	HCCJW	8-28-2019 12:00:00 AM	1:35:00
53705	CAP	BOG	GYE	8385	320	HCCJW	8-29-2019 12:00:00 AM	1:56:00
53705	CAP	GYE	BOG	8384	320	HCCJW	8-29-2019 12:00:00 AM	1:51:00
53705	CAP	UIO	GYE	1632	320	HCCSF	8-30-2019 12:00:00 AM	0:49:00
53705	CAP	GYE	GPS	1632	320	HCCSF	8-30-2019 12:00:00 AM	1:53:00
53705	CAP	GPS	GYE	1633	320	HCCSF	8-30-2019 12:00:00 AM	1:45:00
53705	CAP	GYE	UIO	1633	320	HCCSF	8-30-2019 12:00:00 AM	0:47:00
								45:06:00

Anexo 8. Reporte de horas de vuelo del miembro de la tripulación aérea sujeto a estudio, agosto 2019.

REPORTE DE HORAS MENSUAL / LANDINGS - SEPTIEMBRE 19								
IBM	RANK	DEPARTURE	ARRIVAL	ACT FLIGHT NO	ACT AC SUBTYPE	AC REGISTRATION	DAY OF ORIGIN	BH
53705	CAP	BOG	GYE	8385	320	HCCSF	9-2-2019 12:00:00 AM	1:59:00
53705	CAP	GYE	BOG	8384	320	HCCSF	9-2-2019 12:00:00 AM	1:53:00
53705	CAP	BOG	GYE	8383	320	HCCJW	9-3-2019 12:00:00 AM	1:52:00
53705	CAP	GYE	BOG	8382	320	HCCJW	9-3-2019 12:00:00 AM	1:47:00
53705	CAP	BOG	UIO	8375	320	HCCJW	9-3-2019 12:00:00 AM	1:29:00
53705	CAP	UIO	BOG	8374	320	HCCJV	9-5-2019 12:00:00 AM	1:28:00
53705	CAP	BOG	GYE	8383	320	HCCJV	9-5-2019 12:00:00 AM	2:05:00
53705	CAP	GYE	BOG	8382	320	HCCJV	9-5-2019 12:00:00 AM	1:49:00
53705	CAP	BOG	PTY	8376	320	HCCTR	9-6-2019 12:00:00 AM	1:39:00
53705	CAP	PTY	BOG	8375	320	HCCRU	9-7-2019 12:00:00 AM	1:34:00
53705	CAP	BOG	UIO	8375	320	HCCTR	9-7-2019 12:00:00 AM	1:29:00
53705	CAP	UIO	BOG	8376	320	HCCRU	9-8-2019 12:00:00 AM	1:34:00
53705	CAP	BOG	VVI	8382	320	HCCTR	9-8-2019 12:00:00 AM	3:55:00
53705	CAP	VVI	BOG	8385	320	HCCTX	9-10-2019 12:00:00 AM	3:57:00
53705	CAP	BOG	UIO	8377	320	HCCTR	9-10-2019 12:00:00 AM	1:29:00
53705	CAP	UIO	MEC	1690	319	HCCSA	9-12-2019 12:00:00 AM	0:43:00
53705	CAP	MEC	UIO	1691	319	HCCSA	9-12-2019 12:00:00 AM	0:42:00
53705	CAP	UIO	BOG	8372	320	HCCRU	9-12-2019 12:00:00 AM	1:35:00
53705	CAP	BOG	PTY	8376	320	HCCJW	9-13-2019 12:00:00 AM	1:35:00
53705	CAP	PTY	BOG	8375	320	HCCJW	9-14-2019 12:00:00 AM	1:29:00
53705	CAP	BOG	UIO	8375	320	HCCJW	9-14-2019 12:00:00 AM	1:32:00
53705	CAP	UIO	OCC	1656	319	HCCSB	9-16-2019 12:00:00 AM	0:39:00
53705	CAP	OCC	UIO	1657	319	HCCSB	9-16-2019 12:00:00 AM	0:37:00
53705	CAP	UIO	BOG	8376	320	HCCRU	9-19-2019 12:00:00 AM	1:36:00
53705	CAP	BOG	VVI	8382	320	HCCRU	9-19-2019 12:00:00 AM	4:04:00
53705	CAP	VVI	BOG	8385	320	HCCSF	9-21-2019 12:00:00 AM	4:01:00
53705	CAP	BOG	UIO	8377	320	HCCRU	9-21-2019 12:00:00 AM	1:37:00
53705	CAP	UIO	GYE	1620	320	HCCJW	9-23-2019 12:00:00 AM	0:52:00
53705	CAP	GYE	UIO	1625	320	HCCJW	9-23-2019 12:00:00 AM	0:47:00
53705	CAP	BOG	GYE	5105	320	HCCJV	9-24-2019 12:00:00 AM	2:01:00
53705	CAP	BOG	PTY	8380	319	HCCKN	9-25-2019 12:00:00 AM	1:34:00
53705	CAP	PTY	BOG	8383	319	HCCKN	9-25-2019 12:00:00 AM	1:31:00
53705	CAP	UIO	MEC	1696	319	HCCSB	9-26-2019 12:00:00 AM	0:47:00
53705	CAP	MEC	UIO	1697	319	HCCSB	9-26-2019 12:00:00 AM	0:41:00
53705	CAP	UIO	GYE	1680	320	HCCTX	9-28-2019 12:00:00 AM	0:52:00
53705	CAP	GYE	GPS	1680	320	HCCTX	9-28-2019 12:00:00 AM	1:51:00
53705	CAP	GPS	GYE	1681	320	HCCTX	9-28-2019 12:00:00 AM	1:47:00
53705	CAP	GYE	UIO	1681	320	HCCTX	9-28-2019 12:00:00 AM	0:49:00
53705	CAP	UIO	GPS	1686	319	HCCLF	9-29-2019 12:00:00 AM	1:59:00
53705	CAP	GPS	UIO	1687	319	HCCLF	9-29-2019 12:00:00 AM	2:04:00
53705	CAP	UIO	MEC	1698	319	HCCLF	9-29-2019 12:00:00 AM	0:45:00
53705	CAP	MEC	UIO	1699	319	HCCLF	9-29-2019 12:00:00 AM	0:45:00
53705	CAP	UIO	BOG	8374	320	HCCJW	9-30-2019 12:00:00 AM	1:21:00
53705	CAP	BOG	GYE	8383	320	HCCJV	9-30-2019 12:00:00 AM	1:49:00
53705	CAP	GYE	BOG	8382	320	HCCJV	9-30-2019 12:00:00 AM	1:42:00
								74:06:00

Anexo 9. Reporte de horas de vuelo del miembro de la tripulación aérea sujeto a estudio, septiembre 2019.

REPORTE DE HORAS MENSUAL / LANDINGS - OCTUBRE 19								
IBH	RANK	DEPARTURE	ARRIVAL	ACT FLIGHT NO	ACT AC SUBTYPE	AC REGISTRATION	DAY OF ORIGIN	BH
53705	CAP	BOG	PTY	8372	319	HOCKN	10-1-2019 12:00:00 AM	1:48:00
53705	CAP	PTY	BOG	8375	319	HOCKN	10-2-2019 12:00:00 AM	1:41:00
53705	CAP	BOG	UIO	8375	320	HCCJV	10-2-2019 12:00:00 AM	1:24:00
53705	CAP	UIO	MEC	1690	319	HCCLF	10-4-2019 12:00:00 AM	0:45:00
53705	CAP	MEC	UIO	1691	319	HCCLF	10-4-2019 12:00:00 AM	0:43:00
53705	CAP	UIO	BOG	8374	319	HCCSB	10-4-2019 12:00:00 AM	1:34:00
53705	CAP	BOG	PTY	8380	320	HCCSF	10-5-2019 12:00:00 AM	1:49:00
53705	CAP	PTY	BOG	8383	320	HCCSF	10-5-2019 12:00:00 AM	1:30:00
53705	CAP	BOG	PTY	8372	320	HCCSF	10-5-2019 12:00:00 AM	1:33:00
53705	CAP	PTY	BOG	8375	320	HCCJW	10-6-2019 12:00:00 AM	1:38:00
53705	CAP	BOG	UIO	8375	319	HCCSA	10-6-2019 12:00:00 AM	1:32:00
53705	CAP	UIO	GYE	1620	319	HCCSB	10-8-2019 12:00:00 AM	0:54:00
53705	CAP	GYE	UIO	1625	319	HCCSB	10-8-2019 12:00:00 AM	0:46:00
53705	CAP	UIO	BOG	8374	319	HOCKN	10-8-2019 12:00:00 AM	1:27:00
53705	CAP	BOG	PTY	8380	320	HCCJV	10-9-2019 12:00:00 AM	1:39:00
53705	CAP	PTY	BOG	8383	320	HCCJV	10-9-2019 12:00:00 AM	1:42:00
53705	CAP	BOG	PTY	8372	320	HCCSF	10-9-2019 12:00:00 AM	1:37:00
53705	CAP	PTY	BOG	8375	319	HOCKN	10-10-2019 12:00:00 AM	1:24:00
53705	CAP	BOG	UIO	8375	320	HCCTX	10-10-2019 12:00:00 AM	1:57:00
53705	CAP	UIO	GYE	1662	319	HOCKN	10-14-2019 12:00:00 AM	0:57:00
53705	CAP	GYE	CLO	8386	319	HOCKN	10-14-2019 12:00:00 AM	1:25:00
53705	CAP	CLO	GYE	8387	319	HOCKN	10-14-2019 12:00:00 AM	1:24:00
53705	CAP	UIO	LIM	7388	320	HCCJV	10-15-2019 12:00:00 AM	2:14:00
53705	CAP	LIM	LPB	7390	319	HCCSA	10-15-2019 12:00:00 AM	1:47:00
53705	CAP	LPB	LIM	7391	319	HCCSA	10-17-2019 12:00:00 AM	2:03:00
53705	CAP	LIM	UIO	7389	320	HCCJW	10-17-2019 12:00:00 AM	2:09:00
53705	CAP	UIO	GYE	1632	320	HCCRU	10-20-2019 12:00:00 AM	0:48:00
53705	CAP	GYE	GPS	1632	320	HCCRU	10-20-2019 12:00:00 AM	1:52:00
53705	CAP	GPS	GYE	1633	320	HCCRU	10-20-2019 12:00:00 AM	1:52:00
53705	CAP	GYE	UIO	1633	320	HCCRU	10-20-2019 12:00:00 AM	0:46:00
53705	CAP	UIO	GYE	1632	320	N599AV	10-21-2019 12:00:00 AM	0:50:00
53705	CAP	GYE	GPS	1632	320	N599AV	10-21-2019 12:00:00 AM	1:54:00
53705	CAP	GPS	GYE	1633	320	N599AV	10-21-2019 12:00:00 AM	1:46:00
53705	CAP	GYE	UIO	1633	320	N599AV	10-21-2019 12:00:00 AM	0:48:00
53705	CAP	UIO	BOG	8374	319	HCCLF	10-22-2019 12:00:00 AM	1:39:00
53705	CAP	BOG	AUA	8384	320	HCCTX	10-23-2019 12:00:00 AM	2:02:00
53705	CAP	AUA	BOG	8381	320	HCCTX	10-23-2019 12:00:00 AM	1:53:00
53705	CAP	BOG	PTY	8376	320	HCCRU	10-23-2019 12:00:00 AM	1:33:00
53705	CAP	PTY	BOG	8375	320	HCCJV	10-24-2019 12:00:00 AM	1:29:00
53705	CAP	BOG	UIO	8375	320	HCCJV	10-24-2019 12:00:00 AM	1:30:00
53705	CAP	UIO	MEC	1692	320	N599AV	10-26-2019 12:00:00 AM	0:48:00
53705	CAP	MEC	UIO	1693	320	N599AV	10-26-2019 12:00:00 AM	0:45:00
53705	CAP	UIO	GPS	1626	320	HCCSF	10-26-2019 12:00:00 AM	2:24:00
53705	CAP	GPS	UIO	1627	320	HCCSF	10-26-2019 12:00:00 AM	1:57:00
53705	CAP	UIO	LIM	7388	320	HCCJW	10-27-2019 12:00:00 AM	2:01:00
53705	CAP	LIM	VVI	7388	320	HCCJW	10-27-2019 12:00:00 AM	2:30:00
53705	CAP	VVI	LIM	7389	320	HCCJW	10-28-2019 12:00:00 AM	2:42:00
53705	CAP	LIM	GYE	7391	319	HCCLF	10-29-2019 12:00:00 AM	2:11:00
53705	CAP	UIO	GYE	1670	320	N599AV	10-29-2019 12:00:00 AM	0:55:00
53705	CAP	GYE	UIO	1671	320	N599AV	10-29-2019 12:00:00 AM	0:51:00
53705	CAP	UIO	BOG	8372	320	HCCRU	10-31-2019 12:00:00 AM	1:28:00
53705	CAP	BOG	PTY	8372	320	HCCRU	10-31-2019 12:00:00 AM	1:47:00
								80:23:00

Anexo 10. Reporte de horas de vuelo del miembro de la tripulación aérea sujeto a estudio, octubre 2019.

REPORTE DE HORAS MENSUAL / LANDINGS - NOVIEMBRE 19								
IBM	RANK	DEPARTURE	ARRIVAL	ACT FLIGHT NO	ACT AC SUBTYPE	AC REGISTRATION	DAY OF ORIGIN	BH
53705	CAP	PTY	BOG	8371	320	HCCSF	11-1-2019 12:00:00 AM	1:21:00
53705	CAP	PTY	BOG	8383	320	HCCSF	11-1-2019 12:00:00 AM	1:30:00
53705	CAP	UIO	BOG	8390	319	HCCLF	11-2-2019 12:00:00 AM	1:20:00
53705	CAP	BOG	GYE	8383	320	HCCJV	11-3-2019 12:00:00 AM	1:47:00
53705	CAP	GYE	BOG	8382	320	HCCJV	11-3-2019 12:00:00 AM	1:43:00
53705	CAP	PTY	BOG	8375	320	HCCJW	11-4-2019 12:00:00 AM	1:18:00
53705	CAP	BOG	UIO	8377	320	HCCJW	11-4-2019 12:00:00 AM	1:34:00
53705	CAP	UIO	GYE	1632	320	N599AV	11-7-2019 12:00:00 AM	0:50:00
53705	CAP	GYE	GPS	1632	320	HCCSF	11-7-2019 12:00:00 AM	2:06:00
53705	CAP	GPS	GYE	1633	320	HCCSF	11-7-2019 12:00:00 AM	1:51:00
53705	CAP	GYE	UIO	1633	320	HCCSF	11-7-2019 12:00:00 AM	0:49:00
53705	CAP	UIO	GYE	1634	320	N599AV	11-9-2019 12:00:00 AM	0:54:00
53705	CAP	GYE	GPS	1634	320	N599AV	11-9-2019 12:00:00 AM	1:58:00
53705	CAP	GPS	GYE	1635	320	N599AV	11-9-2019 12:00:00 AM	1:43:00
53705	CAP	GYE	UIO	1635	320	N599AV	11-9-2019 12:00:00 AM	0:44:00
53705	CAP	UIO	LIM	7388	320	HCCRU	11-10-2019 12:00:00 AM	2:09:00
53705	CAP	LIM	VVI	7388	320	HCCRU	11-10-2019 12:00:00 AM	2:33:00
53705	CAP	VVI	LIM	7389	320	HCCRU	11-11-2019 12:00:00 AM	2:44:00
53705	CAP	LIM	GYE	7391	319	HCCLF	11-12-2019 12:00:00 AM	2:02:00
53705	CAP	UIO	GYE	1662	319	HCCSB	11-14-2019 12:00:00 AM	0:57:00
53705	CAP	GYE	LIM	7390	319	HCCSB	11-14-2019 12:00:00 AM	1:47:00
53705	CAP	LIM	LPB	7390	319	HCCSB	11-14-2019 12:00:00 AM	1:48:00
53705	CAP	LPB	LIM	7391	319	HCCSB	11-15-2019 12:00:00 AM	1:53:00
53705	CAP	LIM	GYE	7391	319	HCCLF	11-16-2019 12:00:00 AM	2:11:00
53705	CAP	GYE	UIO	1637	319	HCCSA	11-16-2019 12:00:00 AM	0:45:00
53705	CAP	UIO	BOG	8372	320	HCCSF	11-20-2019 12:00:00 AM	1:20:00
53705	CAP	BOG	GYE	8383	320	HCCSF	11-20-2019 12:00:00 AM	2:15:00
53705	CAP	GYE	BOG	8382	320	HCCSF	11-20-2019 12:00:00 AM	2:05:00
53705	CAP	BOG	CUR	8374	320	HCCJV	11-21-2019 12:00:00 AM	2:04:00
53705	CAP	CUR	BOG	8377	320	HCCJV	11-21-2019 12:00:00 AM	2:18:00
53705	CAP	BOG	UIO	8375	320	HCCJV	11-21-2019 12:00:00 AM	1:37:00
53705	CAP	UIO	MEC	1690	320	HCCSF	11-28-2019 12:00:00 AM	0:50:00
53705	CAP	MEC	UIO	1691	320	HCCSF	11-28-2019 12:00:00 AM	0:43:00
53705	CAP	UIO	BOG	8374	319	HCCSB	11-28-2019 12:00:00 AM	1:31:00
53705	CAP	BOG	GYE	8385	320	HCCRU	11-29-2019 12:00:00 AM	2:01:00
53705	CAP	GYE	BOG	8384	320	HCCRU	11-29-2019 12:00:00 AM	1:45:00
53705	CAP	BOG	UIO	8397	320	HCCJW	11-30-2019 12:00:00 AM	1:27:00
								60:13:00

Anexo 11. Reporte de horas de vuelo del miembro de la tripulación aérea sujeto a estudio, noviembre 2019.

REPORTE DE HORAS MENSUAL / LANDINGS - DIC 19								
IBM	RANK	DEPARTURE	ARRIVAL	ACT FLIGHT NO	ACT AC SUBTYPE	AC REGISTRATION	DAY OF ORIGIN	BH
53705	CAP	BOG	GYE	8385	320	HCCSF	12-1-2018 12:00:00 AM	1:45:00
53705	CAP	GYE	BOG	8382	320	HCCJV	12-2-2018 12:00:00 AM	1:42:00
53705	CAP	BOG	GYE	8391	319	HCCSA	12-2-2018 12:00:00 AM	1:48:00
53705	CAP	UIO	MEC	1690	320	HCCTX	12-6-2018 12:00:00 AM	0:46:00
53705	CAP	MEC	UIO	1691	320	HCCTX	12-6-2018 12:00:00 AM	0:48:00
53705	CAP	UIO	BOG	8374	319	HCCSA	12-6-2018 12:00:00 AM	1:26:00
53705	CAP	BOG	UIO	8373	319	HCCKN	12-6-2018 12:00:00 AM	1:36:00
53705	CAP	UIO	GYE	1684	320	HCCJV	12-7-2018 12:00:00 AM	0:52:00
53705	CAP	GYE	GPS	1684	320	HCCJV	12-7-2018 12:00:00 AM	1:57:00
53705	CAP	GPS	UIO	1685	320	HCCJV	12-7-2018 12:00:00 AM	2:02:00
53705	CAP	UIO	GYE	1680	320	HCCTR	12-8-2018 12:00:00 AM	0:50:00
53705	CAP	GYE	GPS	1680	320	HCCTR	12-8-2018 12:00:00 AM	1:56:00
53705	CAP	GPS	GYE	1681	320	HCCTR	12-8-2018 12:00:00 AM	1:50:00
53705	CAP	GYE	UIO	1663	320	HCCJV	12-9-2018 12:00:00 AM	0:49:00
53705	CAP	UIO	GYE	1636	320	HCCJV	12-9-2018 12:00:00 AM	0:49:00
53705	CAP	GYE	SCY	1636	320	HCCJV	12-9-2018 12:00:00 AM	1:49:00
53705	CAP	SCY	GYE	1637	320	HCCJV	12-9-2018 12:00:00 AM	1:43:00
53705	CAP	GYE	UIO	1637	320	HCCJV	12-9-2018 12:00:00 AM	0:50:00
53705	CAP	UIO	BOG	8372	320	HCCRU	12-11-2018 12:00:00 AM	1:25:00
53705	CAP	BOG	AUA	8384	320	HCCTX	12-11-2018 12:00:00 AM	1:48:00
53705	CAP	AUA	BOG	8381	320	HCCTX	12-11-2018 12:00:00 AM	2:08:00
53705	CAP	BOG	CUR	8374	320	HCCTX	12-12-2018 12:00:00 AM	2:05:00
53705	CAP	CUR	BOG	8377	320	HCCTX	12-12-2018 12:00:00 AM	1:53:00
53705	CAP	BOG	UIO	8375	319	HCCSB	12-12-2018 12:00:00 AM	1:37:00
53705	CAP	UIO	GPS	1688	320	HCCJV	12-14-2018 12:00:00 AM	2:05:00
53705	CAP	GPS	UIO	1689	320	HCCJV	12-14-2018 12:00:00 AM	1:59:00
53705	CAP	UIO	GYE	1674	320	HCCJV	12-14-2018 12:00:00 AM	0:51:00
53705	CAP	GYE	UIO	1675	320	HCCJV	12-14-2018 12:00:00 AM	0:49:00
53705	CAP	UIO	BOG	8376	320	HCCTX	12-16-2018 12:00:00 AM	1:26:00
53705	CAP	BOG	VVI	8382	319	HCCLF	12-16-2018 12:00:00 AM	4:18:00
53705	CAP	VVI	BOG	8385	320	HCCJV	12-18-2018 12:00:00 AM	4:06:00
53705	CAP	BOG	UIO	8377	320	HCCJV	12-18-2018 12:00:00 AM	1:27:00
53705	CAP	UIO	LIM	7388	319	HCCKN	12-21-2018 12:00:00 AM	2:13:00
53705	CAP	LIM	LPB	7390	319	HCCKN	12-21-2018 12:00:00 AM	1:56:00
53705	CAP	LPB	LIM	7391	319	HCCSB	12-23-2018 12:00:00 AM	2:03:00
53705	CAP	LIM	UIO	7389	319	HCCSB	12-23-2018 12:00:00 AM	2:27:00
53705	CAP	UIO	MEC	1690	319		12-27-2018 12:00:00 AM	0:45:00
53705	CAP	MEC	UIO	1691	319		12-27-2018 12:00:00 AM	0:42:00
53705	CAP	UIO	GYE	1630	319	HCCLF	12-28-2018 12:00:00 AM	0:52:00
53705	CAP	GYE	SCY	1630	319	HCCLF	12-28-2018 12:00:00 AM	1:51:00
53705	CAP	SCY	GYE	1631	319	HCCLF	12-28-2018 12:00:00 AM	1:37:00
53705	CAP	GYE	UIO	1631	319	HCCLF	12-28-2018 12:00:00 AM	0:41:00
53705	CAP	UIO	LIM	7388	319		12-29-2018 12:00:00 AM	2:16:00
53705	CAP	LIM	LPB	7390	319		12-29-2018 12:00:00 AM	2:01:00
53705	CAP	LPB	LIM	7391	319		12-31-2018 12:00:00 AM	2:15:00
53705	CAP	LIM	UIO	7389	320		12-31-2018 12:00:00 AM	2:36:00
								77:30:00

Anexo 12. Reporte de horas de vuelo del miembro de la tripulación aérea sujeto a estudio, diciembre 2019.



Anexo 13. Mediciones *in situ*, julio 2019.

