

# Aeropuerto Internacional Juan Santamaría

**Diego Garro-Molina, BSc.<sup>1\*</sup> | Karla Cristina Chaves**

**Hidalgo<sup>1\*\*</sup> | Eladio Solano León, MSc.<sup>2\*\*\*</sup> | José Pablo**

**Valverde M., MSc.<sup>1\*\*\*</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Meteorología Sinóptica y Aeronáutica, Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica

<sup>2</sup>Jefe, Departamento de Meteorología Sinóptica y Aeronáutica, Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica

#### Correspondencia

\* Departamento de Meteorología Sinóptica y Aeronáutica, Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica  
Email: dgarro@imn.ac.cr

#### Información de la Institución

Instituto Meteorológico Nacional, Barrio Aranjuez, Avenida 9 y Calle 17, frente a costado Noroeste del Hospital Calderón Guardia.  
Tel: (+506) 2222-5616  
Fax: (+506) 2223-1837.  
Oficina de Meteorología, Mezzanine, Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, Río Segundo, Alajuela.  
Tel: (+506) 2441-2398  
Fax: (+506) 2442-7036

El Instituto Meteorológico Nacional pone a disposición del público en general el análisis de la climatología del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría (cuyo código ICAO es MROC) durante el periodo 2005-2022 con los siguientes datos:

- Precipitación mensual y horaria
- Temperaturas absoluta y de rocío
- Temperaturas máximas y mínimas diarias
- Velocidad y dirección del viento horarias
- Actividad eléctrica horaria
- Visibilidad horizontal y vertical horarias

Se procesaron los datos incluidos en los reportes meteorológicos de aeródromo (METAR), los cuales cumplen con las normas internacionales del RAC-03 y ANEXO-III de la Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO por sus siglas en inglés).

#### PALABRAS CLAVE

RAC-03, ANEXO-III, ICAO, METAR, Climatología

**Abreviaciones:** METAR, MÉTéorologique Aviation Régulière; ICAO, International Civil Aviation Organization; MROC, Aeropuerto Internacional Juan Santamaría

\* Autor principal.

\*\* Colaboración.

\*\*\* Revisores.

Para información online por favor visite [www.imn.ac.cr](http://www.imn.ac.cr). Para mayor información, contacte:

Instituto Meteorológico Nacional

San José, Costa Rica

Barrio Aranjuez, Avenida 9 y Calle 17.

Frente a costado Noroeste del Hospital Calderón Guardia.

T: 2222-5616 F: 2223-1837

Climatología Aeronáutica: Aeropuerto Internacional Juan Santamaría

Versión: 2023.0

Marzo, 2023

Copyright © 2023 IMN

Todos los derechos reservados

## 1 | RESUMEN

Con el objetivo de facilitar la toma de decisiones operativas y económicas a cargo de las autoridades aeroportuarias, el Instituto Meteorológico Nacional presenta la: *Climatología Aeronáutica del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría*. Ésta comprende la evaluación del comportamiento de las variables meteorológicas registradas durante el período 2005-2022, mediante las estaciones meteorológicas y aeronáuticas instaladas en el aeródromo, junto a las observaciones realizadas por el personal de observación y pronóstico.

En las siguientes páginas, se analizan en detalle los resultados de la evaluación de cada una de las variables meteorológicas de interés aeronáutico. En el Cuadro 1 se muestra un resumen de las variables meteorológicas en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría por mes.

**CUADRO 1** Resumen de variables meteorológicas, MROC 2010-2022.

Mes	Temperatura máxima extrema (°C)	Temperatura mínima extrema (°C)	Temperatura máxima media (°C)	Temperatura mínima media (°C)	Precipitación total media (mm)	Media de días con precipitación
Enero	31.5	13.3	30.7	15.8	3.9	2
Febrero	33.9	14.3	31.8	15.6	6.8	2
Marzo	33.4	14.7	32.4	16.4	9.8	3
Abril	36.1	15.2	33.2	16.7	131.7	11
Mayo	32.8	14.4	31.6	17.0	251.1	21
Junio	31.8	16.7	30.9	17.3	271.6	22
Julio	31.6	15.7	30.9	17.0	178.1	19
Agosto	31.9	16.5	30.8	16.9	233.4	22
Setiembre	31.6	16.0	30.6	16.8	352.2	26
Octubre	31.5	15.6	30.5	16.6	325.8	26
Noviembre	30.9	14.9	29.8	16.3	152.8	20
Diciembre	32.4	14.8	30.3	16.2	32.1	8
<b>Anual</b>	<b>36.1</b>	<b>13.3</b>	<b>31.1</b>	<b>16.6</b>	<b>1949.3</b>	<b>182</b>

**Palabras clave:** Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, cambio de viento, climatología aeronáutica, mínimos operativos, variables meteorológicas.

## Índice

<b>1. Resumen</b>	<b>3</b>
<b>2. Introducción</b>	<b>8</b>
2.1. Descripción del área . . . . .	9
2.2. Características de la pista de aterrizaje . . . . .	12
2.3. Operatividad del aeropuerto . . . . .	13
<b>3. Metodología</b>	<b>15</b>
<b>4. Variables meteorológicas</b>	<b>17</b>
4.1. Viento . . . . .	17
4.1.1. Dirección del viento . . . . .	17
4.1.2. Velocidad del viento . . . . .	21
4.1.3. Ráfagas de viento . . . . .	24
4.2. Temperatura . . . . .	26
4.2.1. Temperatura media . . . . .	26
4.2.2. Temperatura del punto de rocío . . . . .	30
4.3. Presión atmosférica . . . . .	33
4.4. Visibilidad . . . . .	36
4.4.1. CAVOK . . . . .	37
4.4.2. Visibilidad horizontal . . . . .	38
4.4.3. Visibilidad vertical . . . . .	40
4.5. Hidrometeoros . . . . .	42
4.5.1. Hidrometeoros de precipitación . . . . .	42
4.5.2. Tormenta eléctrica (TS ó TSRA) . . . . .	43
4.5.3. Chubasco de lluvia (aguaceros o SHRA) . . . . .	45
4.5.4. Lluvia (RA) . . . . .	46
4.5.5. Llovizna (DZ) . . . . .	48
4.6. Hidrometeoros de suspensión . . . . .	50
4.6.1. Niebla (FG) . . . . .	50
4.6.2. Neblina (BR) . . . . .	51

## Índice de cuadros

1.	Resumen de variables meteorológicas, MROC 2010-2022. . . . .	3
2.	Códigos utilizados para el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría. . . . .	9
3.	Características de la pista de MROC. . . . .	12
4.	Mínimos meteorológicos de visibilidad para helicópteros en MROC. . . . .	13
5.	Características de las estaciones meteorológicas. . . . .	16

## Índice de figuras

1.	Ubicación del aeropuerto MROC. Elaborado por: IMN, 2018. . . . .	9
2.	Segmento de carta de visibilidad a un radio de 10 km de MROC. Adaptado de: Carta de visibilidad Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, Departamento de Climatología e Investigaciones Aplicadas, 2016. Escala 1:45000. . . . .	10
3.	Pasos entre montañas en la zona de interés, ruta hacia MROC. Elaborado por: IMN, 2018 . . . . .	11
4.	Climograma del aeropuerto, MROC, 2010-2022. . . . .	12
5.	Plano de aeródromo de MROC. Adaptado de [3]. . . . .	13
6.	Cabecera de la pista 07 en MROC. . . . .	14
7.	Cabecera de la pista 25 en MROC. . . . .	14
8.	Mapa de calor mensual durante las horas de operación del aeropuerto (eje horizontal) para la dirección del viento en MROC, 2005-2022. . . . .	18
9.	Distribución media diaria de la dirección del viento horario en MROC, 2005-2022. . . . .	19
10.	Variación horaria de la dirección del viento por mes para MROC, 2005-2022. . . . .	20
11.	Variación mensual de la velocidad del viento para MROC, 2005-2022. . . . .	21
12.	Distribución media diaria de la velocidad del viento horario en MROC, 2005-2022. . . . .	22
13.	Variación horaria de la velocidad del viento por mes para MROC, 2005-2022. . . . .	23
14.	Variación mensual de la velocidad del viento para MROC, 2005-2022. . . . .	24
15.	Valor medio de ocurrencias de ráfagas de viento por mes: menores a 20 kt (azul), entre 20 y 29 kt (celeste), entre 30 y 39 kt (verde) y más de 40 kt (naranja), para MROC, 2005-2022. . . . .	25
16.	Variación mensual de la temperatura media para MROC, 2005-2022. . . . .	27
17.	Distribución media diaria de la temperatura media horaria en MROC, 2005-2022. . . . .	28
18.	Variación horaria de la temperatura media por mes para MROC, 2005-2022. . . . .	29
19.	Variación mensual de la temperatura del punto de rocío media para MROC, 2005-2022. . . . .	30
20.	Distribución media diaria de la temperatura del punto de rocío horaria en MROC, 2005-2022. . . . .	31
21.	Variación horaria de la temperatura del punto de rocío media por mes para MROC, 2005-2022. . . . .	32
22.	Variación mensual de la presión (QNH) media para MROC, 2005-2022. . . . .	33
23.	Distribución media diaria de la presión (QNH) horaria en MROC, 2005-2022. . . . .	34
24.	Variación horaria de la presión (QNH) media por mes para MROC, 2005-2022. . . . .	35
25.	Umbral de visibilidad en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría: a) 800 m, b) 1500 m, c) 3000 m y d) 5000 m. . . . .	36
26.	Valores mensuales medios de días con al menos seis reportes con CAVOK y sus frecuencias de ocurrencia en MROC, 2005-2022. . . . .	37
27.	Valores mensuales medios de reportes con CAVOK durante el horario de operación en MROC, 2005-2022. . . . .	38
28.	Valores mensuales medios de días con al menos un reporte de visibilidad horizontal menor a 5000 metros y sus frecuencias de ocurrencia en MROC, 2005-2022. . . . .	39
29.	Valores mensuales medios de reportes con visibilidad reducida a menos de 5000 metros durante el horario de operación en MROC, 2005-2022. . . . .	40
30.	Valores mensuales medios de días con al menos un reporte de techo de nubes menor a 1500 pies y sus frecuencias de ocurrencia en MROC, 2005-2022. . . . .	41

31. Valores mensuales medios de reportes con techo de nubes menor a 1500 pies durante el horario de operación en MROC, 2005-2022. . . . .	41
32. Valores mensuales medios de días con los diferentes tipos de precipitación (DZ: llovizna, RA: lluvia, SHRA: chubasco de lluvia, TSRA: tormenta eléctrica con precipitación o sin ella) que se reportan en MROC, 2005-2022. . . . .	43
33. Valores mensuales medios de días con tormenta eléctrica y sus frecuencias de ocurrencia en MROC, 2005-2022. . . . .	44
34. Valores mensuales medios de reportes con tormenta eléctrica durante el horario de operación en MROC, 2005-2022. . . . .	44
35. Valores mensuales medios de días con chubascos de lluvia y sus frecuencias de ocurrencia en MROC, 2005-2022. . . . .	45
36. Valores mensuales medios de reportes con chubascos de lluvia durante el horario de operación en MROC, 2005-2022. . . . .	46
37. Valores mensuales medios de días con lluvia y sus frecuencias de ocurrencia en MROC, 2005-2022. . . . .	47
38. Valores mensuales medios de reportes con lluvia durante el horario de operación en MROC, 2005-2022. . . . .	47
39. Valores mensuales medios de días con llovizna y sus frecuencias de ocurrencia en MROC, 2005-2022. . . . .	48
40. Valores mensuales medios de reportes con llovizna durante el horario de operación en MROC, 2005-2022. . . . .	49
41. Valores mensuales medios de días con niebla y sus frecuencias de ocurrencia en MROC, 2005-2022. . . . .	50
42. Valores mensuales medios de reportes con niebla durante el horario de operación en MROC, 2005-2022. . . . .	51
43. Valores mensuales medios de días con neblina y sus frecuencias de ocurrencia en MROC, 2005-2022. . . . .	52
44. Valores mensuales medios de reportes con neblina durante el horario de operación en MROC, 2005-2022. . . . .	52

## 2 | INTRODUCCIÓN

La principal terminal aeroportuaria de Costa Rica, conocida antiguamente como El Coco, fue inaugurada en 1958. Catorce años después se le asignó el nombre oficial: Aeropuerto Internacional Juan Santamaría -AIJS-. Desde sus inicios, los cambios y remodelaciones han sido continuos en la infraestructura, para atender la creciente demanda tras cumplirse 61 años de operación en el 2019 [1].

Durante el 2019, se contabilizaron 432.126 pasajeros por mes aproximadamente, quienes hicieron uso de las instalaciones del aeropuerto (entrada y salida), puede ver la estadística completa en este enlace. El movimiento de esta cantidad de personas se debe, en parte, al horario de funcionamiento de 24 horas (H-24), los 365 días del año.

Las aeronaves que operan en el aeródromo son del tipo: A319/320/321/330/340, B737/757/767/747-400/777, E190 y SU95, según sus características transportan pasajeros y/o carga. Éstas, tienen acceso a las 33 posiciones de estacionamiento en total (embarque y remotas). Dicha actividad genera 200 operaciones diarias aproximadamente, cuyos horarios de mayor movimiento se presentan entre las 9:00 - 12:00, 15:30 - 17:00 y 20:00 - 22:00 horas [18].

En las instalaciones aeroportuarias, se encuentran los colaboradores bajo la nómina del ente administrador del aeropuerto: Aeris Holding Costa Rica S.A. (Gestor), quienes coordinan sus funciones con el personal de las empresas privadas y las entidades del Estado que operan en el AIJS. Todos ellos, conforman una comunidad que se desenvuelve dentro del sistema: Aeropuerto Internacional Juan Santamaría.

En el manual: Sistema de Gestión de Seguridad Operacional (SMS por sus siglas en inglés), donde se describen diversos aspectos a implementar por Aeris Holding Costa Rica como administrador del AIJS, con el fin de proporcionar un adecuado control de la seguridad, se indican las variaciones meteorológicas como parte de los cambios externos que podrían afectar la estabilidad del Sistema y el entorno operacional.

Aunado a ello, en el Plan de Emergencias del Aeropuerto [17], se especifican los tipos de Alertas de índole aeronáutica y no aeronáutica, que puedan acontecer dentro de los límites del AIJS y hasta 8 kilómetros de su perímetro. Es de especial interés la Alerta 1, que hace referencia a las condiciones meteorológicas desfavorables cuando:

1. La visibilidad sea inferior a los 5 kilómetros.
2. La capa de nubes más baja sea inferior a 300 metros.
3. Se considera que la maniobra de despegue o aterrizaje no puede ser observada por la Torre de Control.
4. La condición meteorológica pueda dificultar las maniobras de despegue o aterrizaje.

La Gerencia de Operaciones y Seguridad de Aeris coordina un Comité de Emergencias en el AIJS. El Instituto Meteorológico Nacional -IMN- mediante su oficina situada en el aeropuerto (atiende el mismo horario del AIJS) forma parte de los participantes externos que integran el Plan de Emergencias del Aeropuerto -PEA- [17].

Es necesario acotar, que la emisión/cancelación de la Alerta 1 corresponde a Control de Tráfico Aéreo (ATC por sus siglas en inglés).

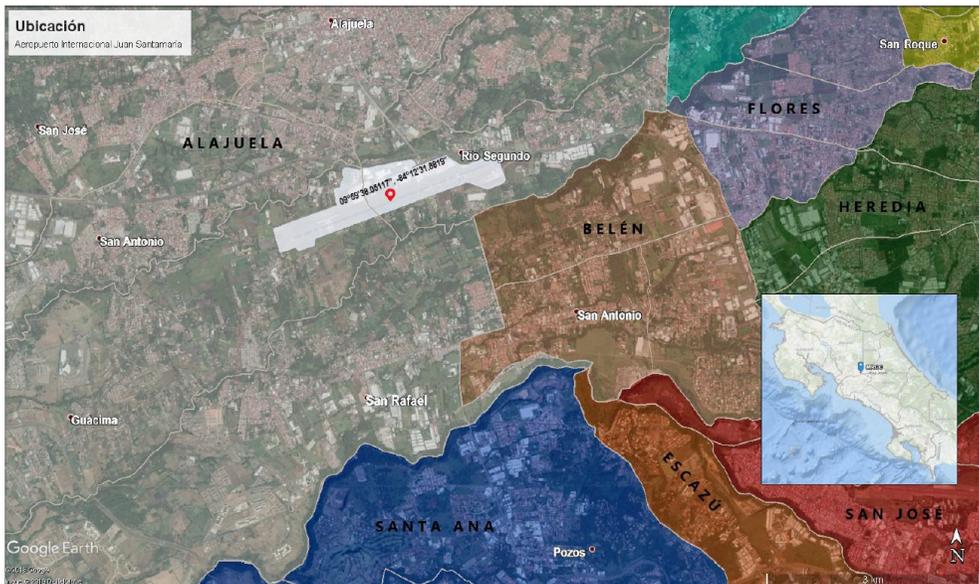
La industria aeronáutica requiere de una conexión vital con los gobiernos para garantizar la seguridad aérea, de ahí la necesidad de establecer un código para reconocer cada aeropuerto y así diferenciarlo entre los demás. A cargo de dicha designación estuvo la Organización de Aviación Civil Internacional -OACI- (ICAO por sus siglas en inglés) que se basó en la ubicación geográfica por regiones (no está demás señalar, que dicho código también se utiliza para localizar estaciones meteorológicas) y la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA por sus siglas en inglés), que utiliza una nomenclatura sin un patrón único: puede recurrir al nombre de la ciudad donde se sitúa el aeropuerto, al nombre de este, entre otras opciones. Los códigos internacionales que indican el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría se detallan en el Cuadro 2.

**CUADRO 2** Códigos utilizados para el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría.

Organización	Códigos del aeropuerto
IATA	ASJO
OACI	MROC

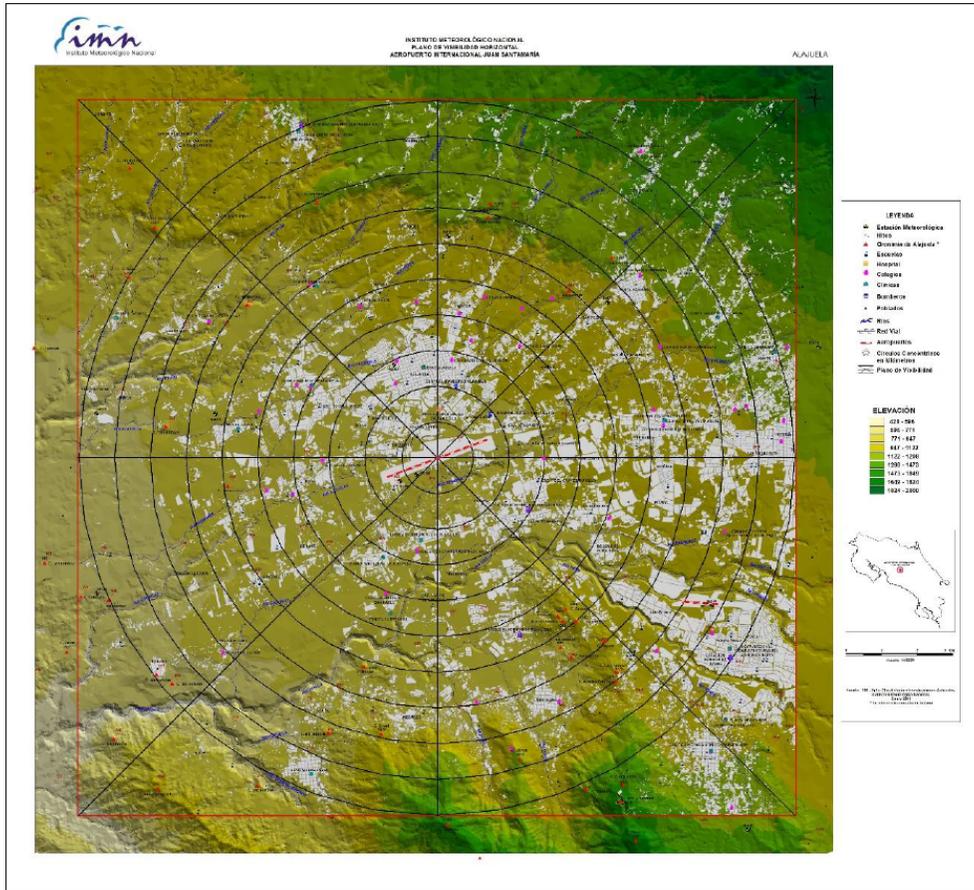
## 2.1 | Descripción del área

El Aeropuerto Internacional Juan Santamaría se emplaza en las coordenadas geográficas: 09°59'38.05117", -84°12'31.8819" (EPSG:4326 WGS 84, centro geométrico de la pista, coordenadas proyectadas: -9374086.98, 1118200.80 EPSG:3827 WSG 84 / Pseudo-Mercator), y se ubica en la República de Costa Rica, provincia: Alajuela, cantón: Alajuela, distritos: Guácima y Río Segundo, a 18 kilómetros al Noroeste de la capital San José y a 2 kilómetros al Sur de la ciudad de Alajuela (ver Figura 1).

**FIGURA 1** Ubicación del aeropuerto MROC. Elaborado por: IMN, 2018.

En la Figura 2 se observan algunos puntos de referencia a 10 km de radio, donde cada circunferencia delimita un radio de 1 km.

Geológicamente, la terminal se sitúa sobre las facies proximales de rocas volcánicas recientes del cuaternario, compuesto de coladas de lava, aglomerados, lahar y ceniza volcánica; a una altura aproximada de 923 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). En los 8 km alrededor del mismo la altitud varía entre los 750 a 1750 m.s.n.m., sin embargo, en los 16 km circundantes, hacia el suroeste, donde se presentan las serranías de laderas de fuerte pendiente, la altitud decrece hasta los 400 m.s.n.m. y aumenta hacia el norte-noreste hasta alcanzar 2250 m.s.n.m., en el pie del monte



**FIGURA 2** Segmento de carta de visibilidad a un radio de 10 km de MROC. Adaptado de: Carta de visibilidad Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, Departamento de Climatología e Investigaciones Aplicadas, 2016. Escala 1:45000.

de la Cordillera Volcánica Central en el sector occidental donde se ubican el Volcán Poás, el Paso del Desengaño y el Volcán Barva y hacia el sur-sureste donde se observan las lomas del Alto de las Palomas, los cerros San Miguel, Pico Blanco, Escazú, Cedral, Alto Campano, entre otros, que componen el macizo de Escazú (Figura 2).

Zona urbana, parques, áreas de recreación y actividad agropecuaria, son parte de los usos del suelo circundantes al Aeropuerto, así como las zonas de protección en los márgenes de los ríos y quebradas más cercanas; hacia el norte de la Terminal, fluye el Río Ciruelas, y al sur los ríos Segundo, Quebrada Seca y el Virilla. En general, en los 8 km alrededor que circundan el aeropuerto, predominan las características de la región climática tropical lluvioso y seco, en la zona de vida del Bosque húmedo premontano, en detalle y más adelante, se analizan las variables climáticas y su respectivo comportamiento local.

Cabe destacar que en la Gran Área Metropolitana se distinguen pasos entre montañas, como el Paso del Desengaño, situado entre el Volcán Poás y el Barva, y el Paso de la Palma, ubicado entre el Volcán Barva y el complejo Irazú-Turrialba; estos pasos permiten una libre circulación de los vientos alisios y favorecen el ingreso de humedad

desde el Mar Caribe, en la Figura 3 se muestran dichos pasos montañosos.



**FIGURA 3** Pasos entre montañas en la zona de interés, ruta hacia MROC. Elaborado por: IMN, 2018

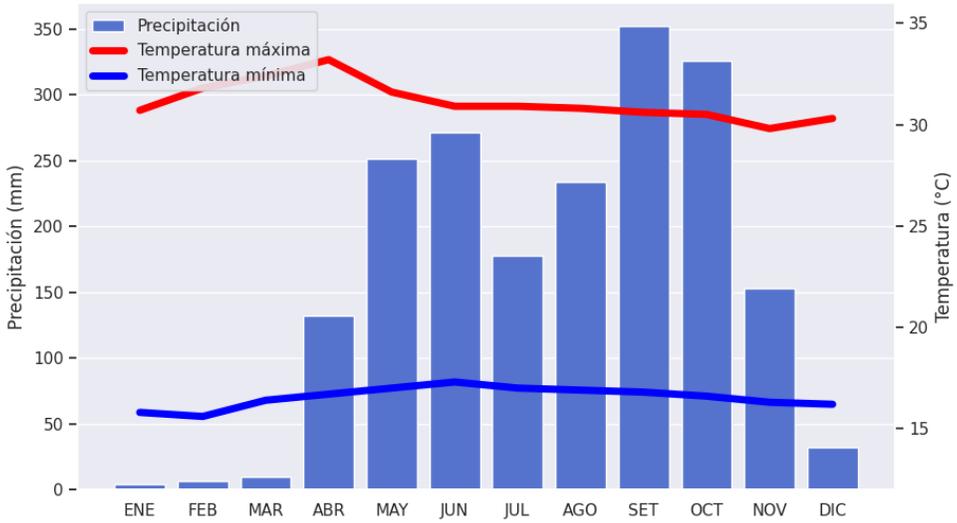
El clima en Costa Rica "es modificado por diferentes factores como el relieve (la disposición de las montañas, llanuras y mesetas), la situación con respecto al continente (condición ístmica), la influencia oceánica (los vientos o las brisas marinas, y la temperatura de las corrientes marinas) y la circulación general de la atmósfera" [15]; debido a estos factores se definen dos grandes regímenes climáticos: Pacífico y Caribe.

El Aeropuerto Internacional Juan Santamaría forma parte del régimen Pacífico, que se caracteriza por tener una estación seca y una lluviosa bien definidas. Se ubica hacia el sector occidental de la Región Central, en la zona del Valle Central que es más baja, cálida y lluviosa en relación con la Región Oriental de ese mismo valle.

La estación seca se extiende desde diciembre hasta marzo, siendo éste el mes más seco y cálido. Abril es un mes de transición hacia la época lluviosa, la cual inicia formalmente para el mes de mayo. El periodo húmedo se extiende hasta octubre y en noviembre se da la transición hacia la época seca. Se presenta una disminución relativa en la cantidad de precipitaciones durante los meses de julio y agosto (veranillo o canícula) cuando se intensifica la velocidad de los vientos alisios. Los meses más lluviosos son setiembre y octubre debido principalmente a los sistemas ciclónicos, los vientos monzónicos provenientes del Océano Pacífico ecuatorial y las brisas marinas, que son responsables de las lluvias intensas cuando se encuentran con las barreras orográficas [12]. La Zona de Convergencia Intertropical -ZCIT- es uno de los factores más influyentes en el régimen de precipitación del Pacífico, sobre todo hacia el sur del país. Puede desplazarse hasta nuestro territorio e inclusive sobrepasar hasta regiones más al norte. Las lluvias ocurren predominantemente durante la tarde y primeras horas de la noche.

En la Figura 4 se observa la relación mensual entre la precipitación acumulada y las temperaturas máxima media y mínima media; los meses menos lluviosos son diciembre, enero, febrero y marzo, mientras que las precipitaciones más abundantes se dan en el mes de octubre. En cuanto a la temperatura máxima se denota un máximo en abril y un mínimo en octubre. La temperatura mínima presenta un máximo en julio y un mínimo en febrero.

Los periodos de menos precipitaciones son consecuencia del alejamiento de la Zona de Convergencia Intertropical, lo cual disminuye el ingreso de humedad hacia Alajuela.



**FIGURA 4** Climograma del aeropuerto, MROC, 2010-2022.

## 2.2 | Características de la pista de aterrizaje

Con base en una sección de la Carta de Aterrizaje MROC AD 1 (ver Figura 5) la pista de aterrizaje mide 3011 metros (3.011 Km) de longitud y 45 metros de ancho. Su orientación es de noreste a suroeste (250°-070°). La cabecera del sector oeste se denomina "07" y la del sector este "25".

En el Cuadro 3 se muestran las principales características de la pista de aterrizaje del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría.

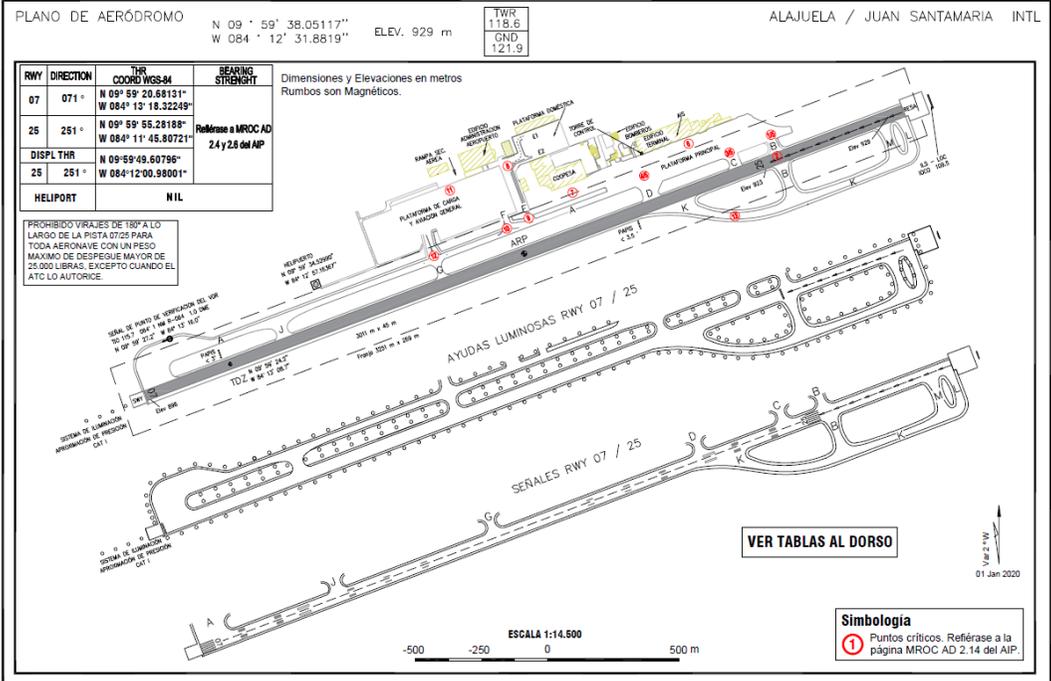
**CUADRO 3** Características de la pista de MROC.

Pista	Coordenadas WGS84	Dimensiones	Material	Elevación máxima
07	N09°59'20,68131" W084°13'18,32249"	largo 3.011 m - ancho 45 m	Asfalto	903 msnm
25	N09°59'49,60796" W084°12'00,98001"			923 msnm

En las Figuras 6 y 7, se observan las cabeceras de las pistas 07 y 25 respectivamente.

AIP  
COSTA RICA

MROC AD 1  
25 MAR 21



AIS / MAP



AIRAC AMDT No. 27

FIGURA 5 Plano de aeródromo de MROC. Adaptado de [3].

### 2.3 | Operatividad del aeropuerto

El área de aterrizaje de helicópteros del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría opera visualmente desde la salida y hasta la puesta del Sol. Desde 1975 el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) brinda el servicio de meteorología aeronáutica requerido para las operaciones y la seguridad de conformidad con lo establecido por Organización de Aviación Civil Internacional. Cabe destacar que los mínimos meteorológicos<sup>1</sup> correspondientes han sido establecidos a partir de los sistemas de ayuda disponibles, así como los obstáculos del terreno y visibilidad. En el Cuadro 4 se observan los valores de los mínimos operativos para helicópteros.

CUADRO 4 Mínimos meteorológicos de visibilidad para helicópteros en MROC.

Aproximación	Pista	Techo de nubes	Visibilidad horizontal
Visual (VFR)	07	500 ft (150 m)	800 m
	25		

<sup>1</sup>Mínimos meteorológicos: son los criterios mínimos para la utilización del aeródromo, convenidos entre las autoridades meteorológicas y los explotadores interesados [4].



**FIGURA 6** Cabecera de la pista 07 en MROC.



**FIGURA 7** Cabecera de la pista 25 en MROC.

### 3 | METODOLOGÍA

Según las recomendaciones de OACI [4], el periodo de datos analizados fue de 18 años, entre el 2005 y el 2020 inclusive, durante los cuales a través de los reportes meteorológicos aeronáuticos METAR<sup>2</sup> se registraron datos horarios, los 365 días del año, de 0000UTC a 2300UTC. Los datos extraídos fueron:

- Dirección y velocidad del viento
- Visibilidad
- Tiempo presente
- Nubosidad
- Temperatura
- Temperatura del punto de rocío
- Presión atmosférica

Dichos datos fueron almacenados siguiendo las normas internacionales, en las hojas climatológicas MET1, donde se incluyó la información recopilada por los observadores aeronáuticos correspondientes a estas variables [11].

Adicionalmente, los datos de precipitación acumulada, temperaturas máximas y mínimas fueron extraídos de las estaciones meteorológicas del IMN. En el Cuadro 5 se observa la ubicación y las características de sus sensores de la estación Campbell P-07 y AWOS P-07.

Una vez obtenidos todos los datos, estos fueron revisados y cuando se detectaron anomalías o variaciones significativas, fueron cotejados con los METAR y los resúmenes meteorológicos generados por el Departamento de Meteorología Sinóptica y Aeronáutica (DMSA) del IMN, para determinar si fueron provocadas accidentalmente o si reflejaban los verdaderos efectos del sistema climático.

Después de tener los datos verificados y corregidos, se aplicaron técnicas estadísticas para el análisis de la información, obteniendo los valores típicos diarios, mensuales y en algunos casos, horarios, lo que permitió generar gráficos que representan la tendencia de las diferentes variables durante el periodo de estudio.

---

<sup>2</sup>METAR corresponde al acrónimo del francés 'Météorologique Aviation Régulière', son los reportes meteorológicos emitidos cada hora.

**CUADRO 5** Características de las estaciones meteorológicas.

Ubicación					
AWOS (P-07)			CAMPBELL (P-07)		
Coordenadas		9°59'21" N 84°13'06" O			
Altura		897 msnm			
Equipo					
Tipo de sensor	Marca		Modelo		Emplazamiento
	AWOS	CAMPBELL	AWOS	CAMPBELL	
Anemómetro Veleta	Vaisala (ultrasónico)	RM Young	WMT700	5106	A 10 m
Temperatura Humedad relativa	Vaisala	Vaisala	HMP155	HMP155	A 2 m
Presión atmosférica	Vaisala	Vaisala	PTB330	CS106	A 1.8 m
Precipitación	Vaisala	Hidrological Services	RG13	TB4MM	A 1.5 m
Tiempo presente	Vaisala	-	PWD22	-	A 2 m
Ciclómetro	Vaisala	-	CL31	-	A 0.5 m
Visibilidad	Vaisala	-	LT31	-	A 2 m

## 4 | VARIABLES METEOROLÓGICAS

Se analizaron diversas variables meteorológicas, lo que permitió establecer su comportamiento a lo largo del periodo de tiempo estudiado. A continuación, se detallan los resultados.

### 4.1 | Viento

El viento es el movimiento del aire con respecto a la superficie terrestre, al ser una magnitud vectorial, debe constar de dirección y velocidad [5]. "Se entiende por dirección la orientación desde donde viene el viento"[19].

#### 4.1.1 | Dirección del viento

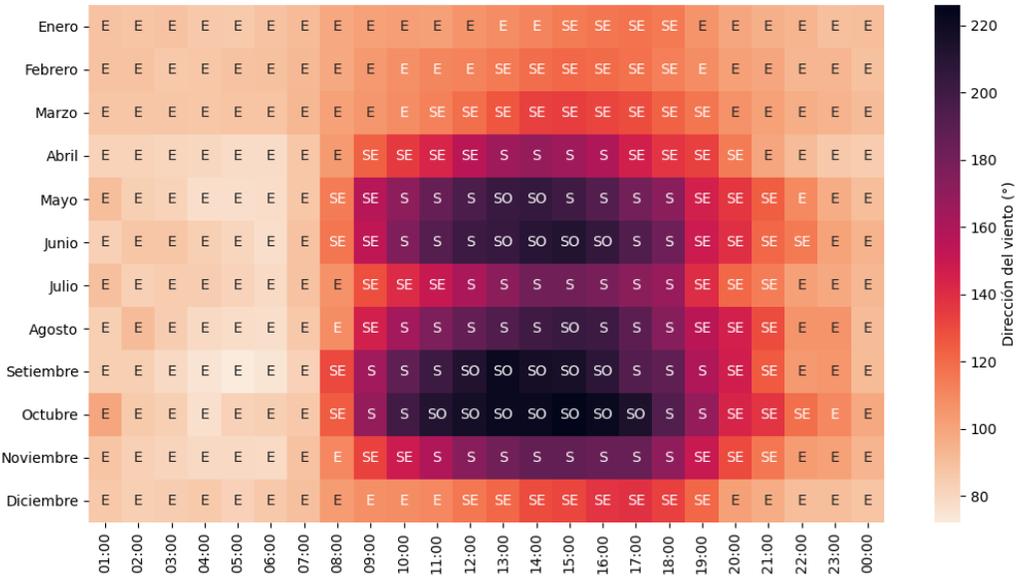
Según la Agencia Estatal de Meteorología [5], la oscilación del viento puede variar en intervalos de 45°, los cuales son definidos a partir de la rosa de los vientos:

- Norte (N): dirección entre 337.5° y 22.5°;
- Noreste (NE): dirección entre 22.5° y 67.5°;
- Este (E): dirección entre 67.5° y 112.5°;
- Sureste (SE): dirección entre 112.5° y 157.5°;
- Sur (S): dirección entre 157.5° y 202.5°;
- Suroeste (SO): dirección entre 202.5° y 247.5°;
- Oeste (O): dirección entre 247.5° y 292.5°;
- Noroeste (NO): dirección entre 292.5° y 337.5°;

Cuando la oscilación del viento vaya a ser de más de 45°, ésta se definirá en intervalos de 90° de la siguiente forma:

- Norte (N): dirección entre 315° y 45°;
- Este (E): dirección entre 45° y 135°;
- Sur (S): dirección entre 135° y 225°;
- Oeste (O): dirección entre 225° y 315°;

La Figura 8 muestra el comportamiento general de la dirección del viento para cada mes del año durante las horas de operación del aeropuerto. Se denota como el viento del Este predomina durante las horas de la madrugada entre las 00:00 y las 07:00 horas. En la época lluviosa, desde mayo hasta noviembre, en horas de la tarde predominan vientos del Sur-Suroeste, lo cual corresponde al ingreso de la brisa marina proveniente desde la región costera del Pacífico de nuestro país.



**FIGURA 8** Mapa de calor mensual durante las horas de operación del aeropuerto (eje horizontal) para la dirección del viento en MROC, 2005-2022.

A continuación se muestra el comportamiento de la dirección del viento de una forma más detallada (Figura 9). Desde diciembre hasta mediados de abril el viento dominante proviene del Este (de colores azul y morado), dirección propia de los vientos alisios que se aceleran durante el invierno boreal producto de la tendencia a la baja en las temperaturas y el arribo de sistemas frontales al Mar Caribe y el Norte de Centroamérica. Desde principios de mayo y hasta la segunda semana de noviembre la brisa marina se hace presente con vientos del Sur y Suroeste durante las horas de la tarde (colores naranja y rojo), contribuyendo al aumento de la humedad atmosférica en estos meses.

La Figura 10 complementa lo comentado hasta ahora, mostrando una dirección del viento del Este dominante desde diciembre hasta abril; y desde mayo hasta noviembre un cambio de la dirección del viento entre las 10:00 y 19:00 horas, exceptuando el mes de julio correspondiente a la canícula cuando los vientos alisios se aceleran, por lo cual el máximo en la dirección del viento se ve menos pronunciado.

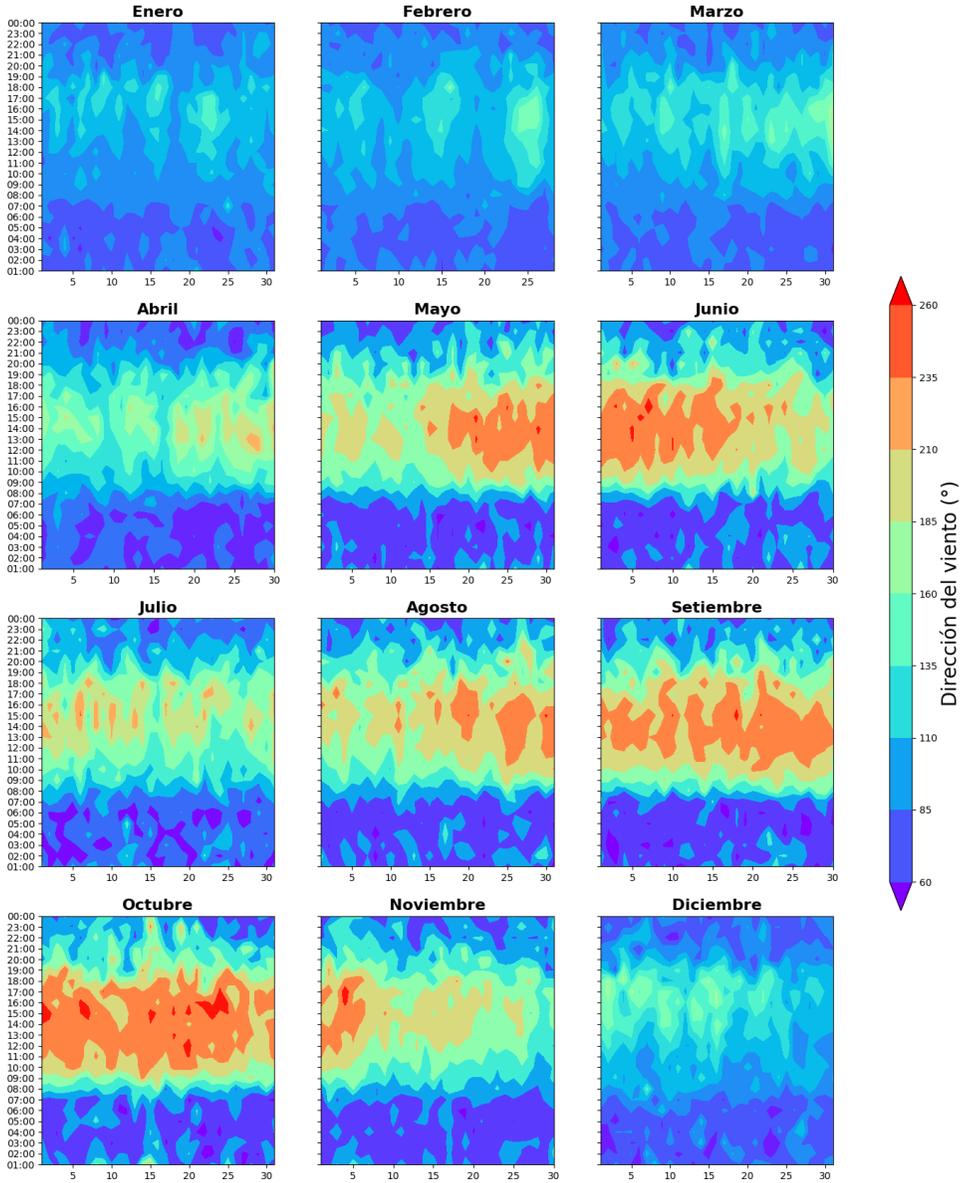
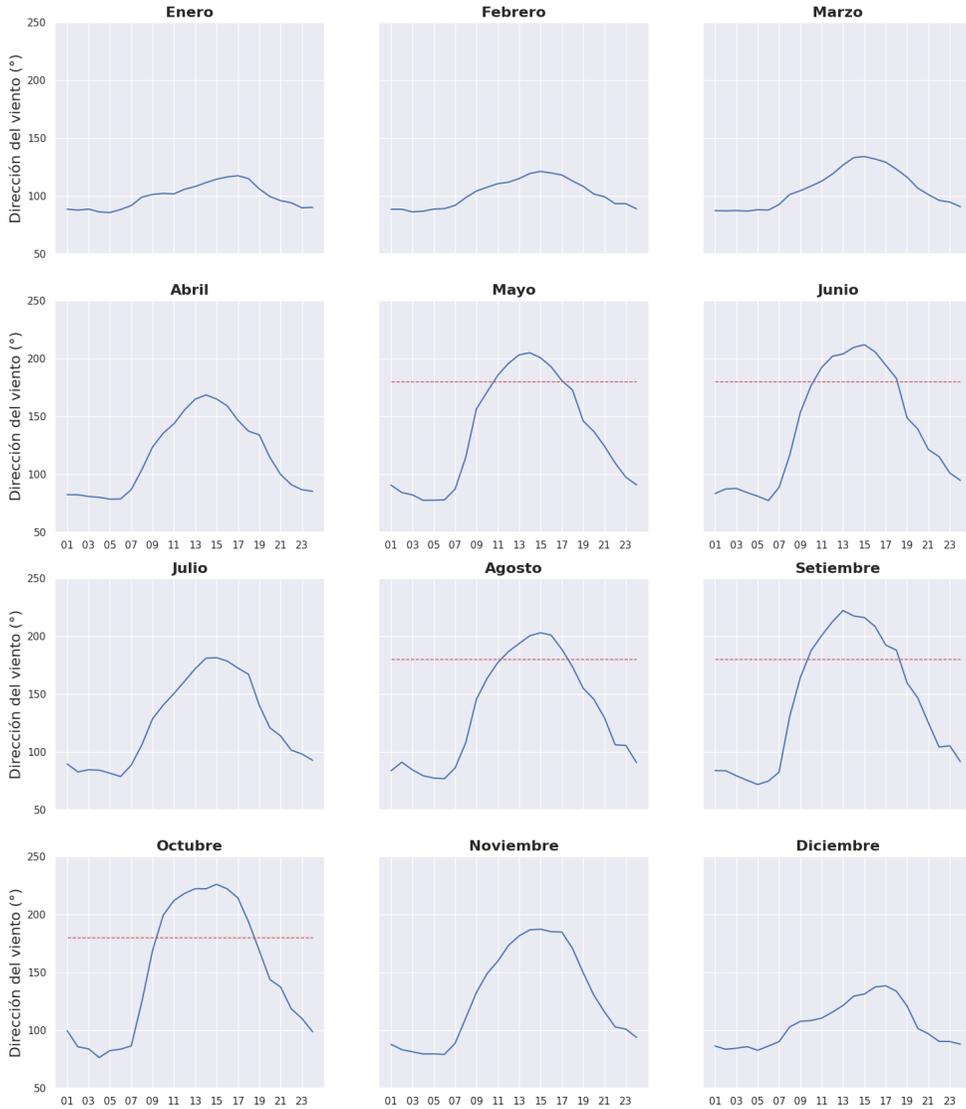


FIGURA 9 Distribución media diaria de la dirección del viento horario en MROC, 2005-2022.



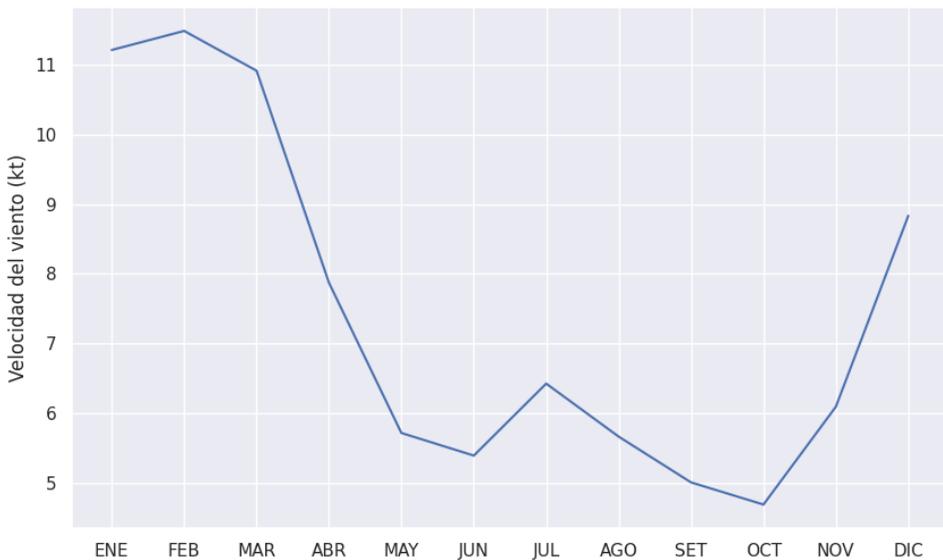
**FIGURA 10** Variación horaria de la dirección del viento por mes para MROC, 2005-2022.

### 4.1.2 | Velocidad del viento

La velocidad del viento se representa en nudos (kt), que constituye la velocidad oficial para expresar la rapidez del viento, donde:

$$1 \text{ kt} = 0,514 \text{ m/s} = 1,853 \text{ km/h}$$

En la Figura 11 se presenta el promedio mensual de la velocidad del viento. Los meses de diciembre a marzo son los más ventosos. A partir de abril se muestra una disminución hasta llegar a junio. En julio durante la canícula, los vientos alisios se aceleran ligeramente por lo que se puede apreciar un aumento en la velocidad del mismo. Se da una segunda disminución a partir de agosto hasta llegar a un mínimo en octubre. Luego en noviembre durante la transición hacia la época seca, los vientos aumentan su velocidad nuevamente.



**FIGURA 11** Variación mensual de la velocidad del viento para MROC, 2005-2022.

Un panorama más detallado se muestra en las Figuras 12 y 13 donde se aprecia que durante los meses de la época lluviosa la velocidad del viento tiende a ser mucho más baja (colores azules y morados), que en los meses de la época seca donde los vientos alisios acelerados alejan la Zona de Convergencia Intertropical de nuestro país.

Además, se puede observar específicamente en la Figura 13, que el máximo de la velocidad del viento durante el día y para cada mes se presenta entre las 11:00 y las 15:00 horas.

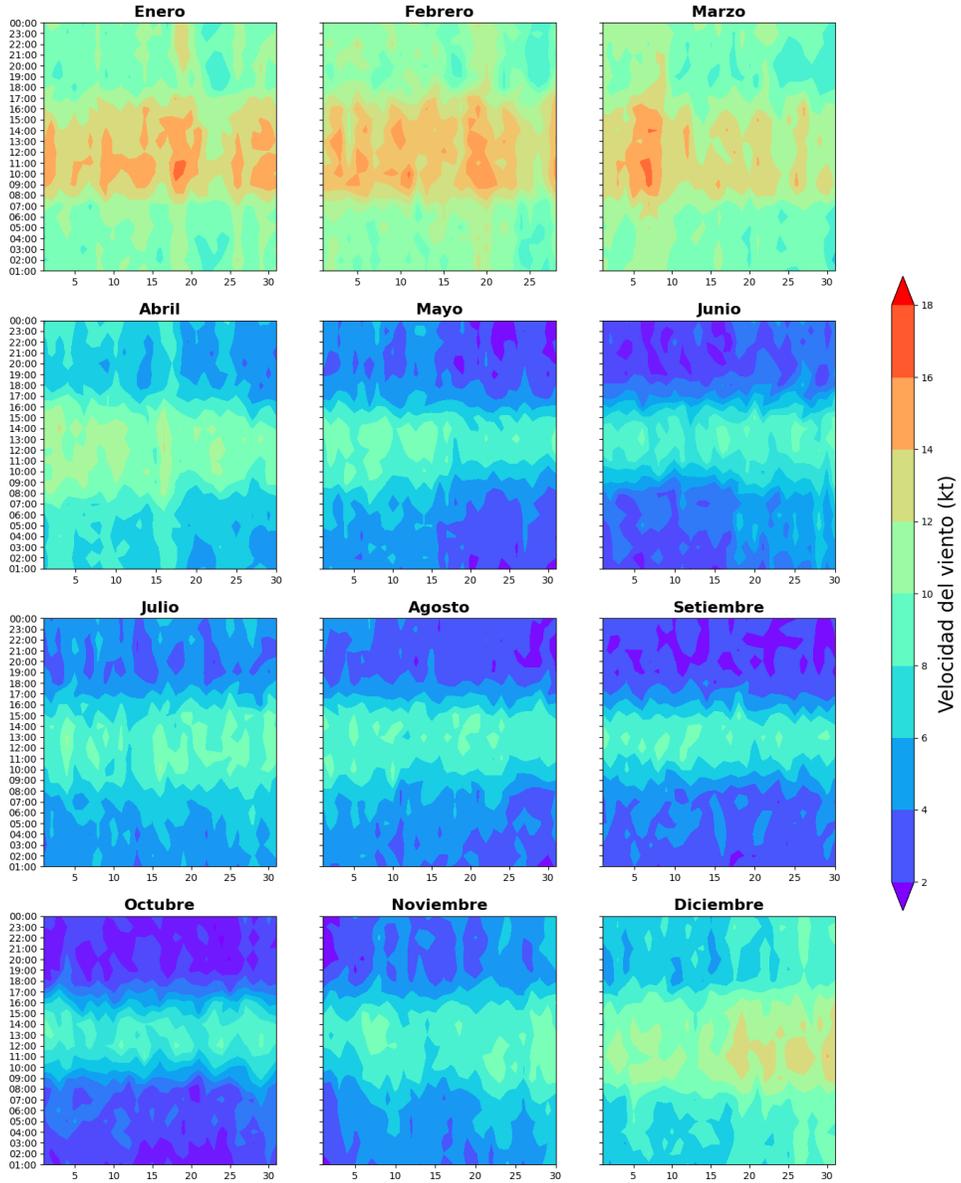
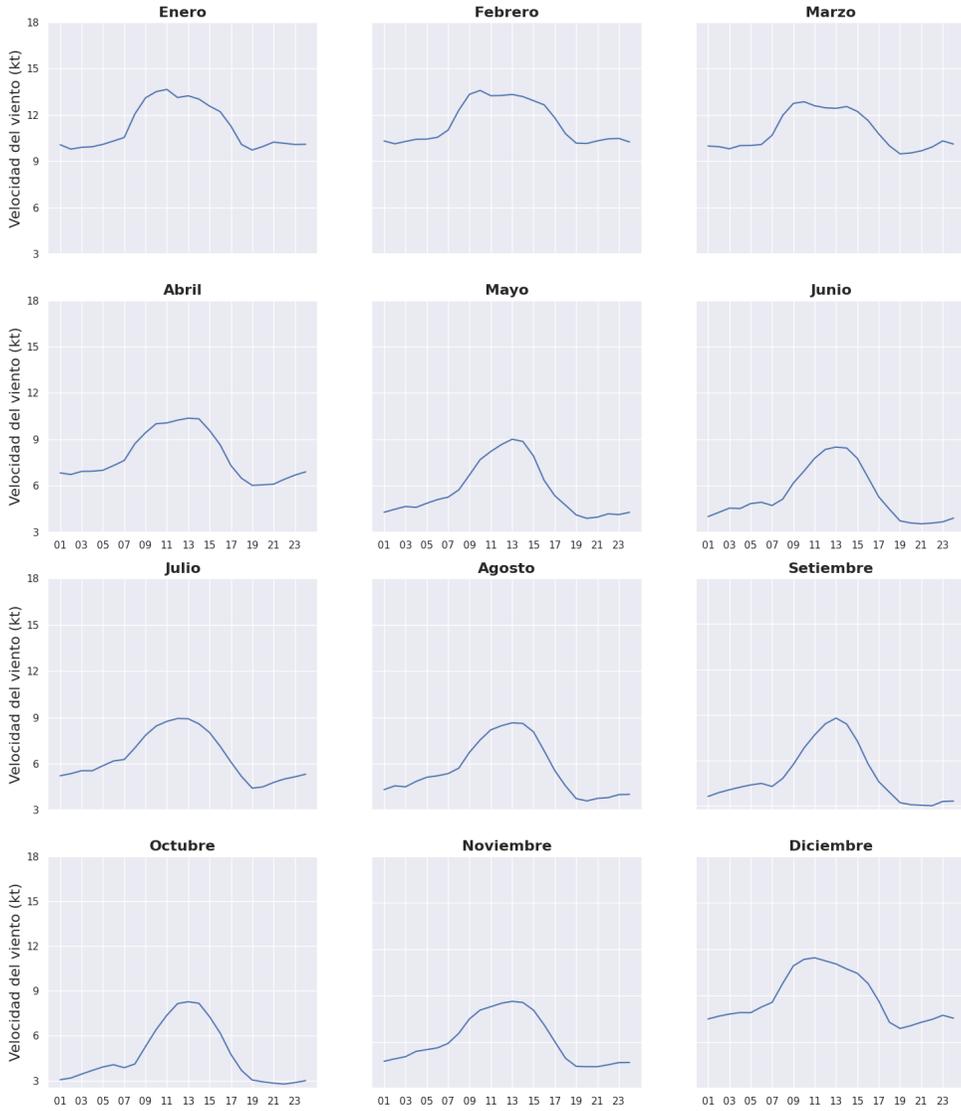


FIGURA 12 Distribución media diaria de la velocidad del viento horario en MROC, 2005-2022.

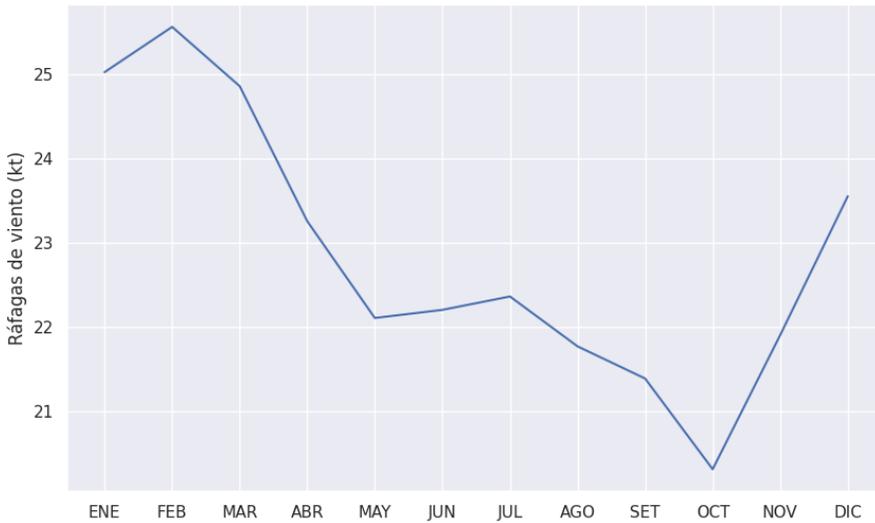


**FIGURA 13** Variación horaria de la velocidad del viento por mes para MROC, 2005-2022.

### 4.1.3 | Ráfagas de viento

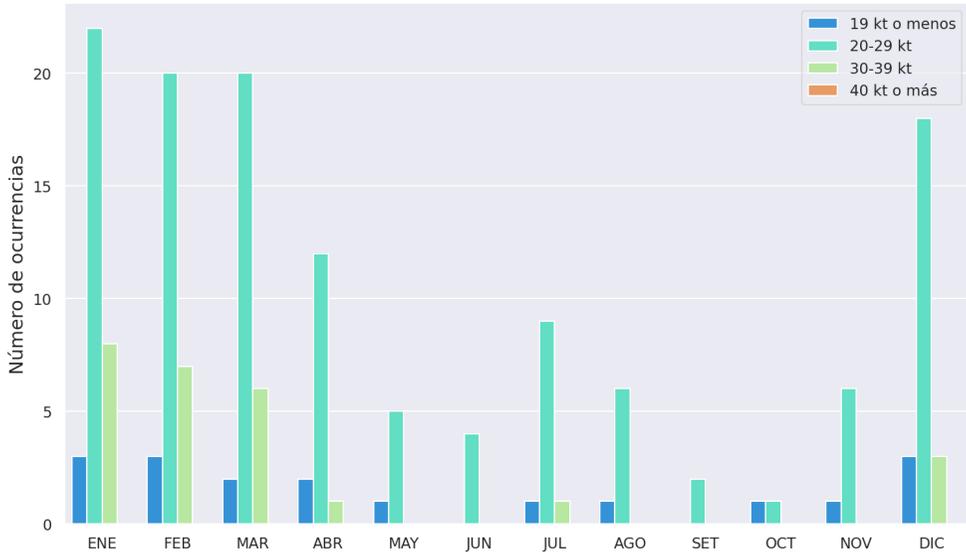
Desde el punto de vista aeronáutico se tiene que las ráfagas son "las variaciones respecto a la velocidad media del viento durante los últimos 10 minutos y se reportan cuando éstas excedan en 10 kt a la velocidad media" [4].

Al igual que con la velocidad del viento, se puede observar en la Figura 14 que las ráfagas máximas suceden durante los meses de la época seca, desde diciembre y hasta abril, siendo el máximo extremo en el mes de febrero. Se puede observar un máximo secundario en el mes de julio referente al periodo canicular. Mientras que el mínimo extremo se da en octubre, cuando predominan los vientos del oeste en MROC que no tienden a presentar ráfagas por lo general.



**FIGURA 14** Variación mensual de la velocidad del viento para MROC, 2005-2022.

Los valores de las ráfagas de mayor ocurrencia durante el año en MROC se encuentran entre 20 kt y 30 kt, primordialmente durante los meses de diciembre a abril y adicionalmente los meses de julio y agosto (barras celestes en la Figura 15). Las ráfagas registradas entre 30 kt y 40 kt se presentan más ocasionalmente para los meses de diciembre a abril, y menos frecuentes en julio (barras verdes en la Figura 15). Muy poco frecuentes o nulas son las ráfagas superiores a 40 kt.



**FIGURA 15** Valor medio de ocurrencias de ráfagas de viento por mes: menores a 20 kt (azul), entre 20 y 29 kt (celeste), entre 30 y 39 kt (verde) y más de 40 kt (naranja), para MROC, 2005-2022.

## 4.2 | Temperatura

La temperatura es "la condición que determina el flujo de calor de un cuerpo a otro, medido en alguna escala de temperatura por medio de cualquiera de los diversos tipos de termómetros" [13]. En el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, la temperatura es registrada de forma continua con un termómetro emplazado a 2 metros del suelo, debidamente protegido de la radiación directa y con adecuada ventilación. En Costa Rica la temperatura es medida en grados Celsius, donde:

$$1\text{ }^{\circ}\text{C} = 33,8\text{ }^{\circ}\text{F} = 274,15\text{ K}$$

"El régimen de temperatura de un lugar, desde el punto de vista físico, está definido como el balance entre la radiación de onda corta y la de onda larga, que en gran parte está condicionada por la nubosidad prevalecte" [19], también está influenciada por la altitud, latitud, distancia a cuerpos de agua, contrastes entre las superficies terrestres y marítimas, y la cobertura del suelo, asimismo, puede verse alterada por la llegada de masas de aire frías o cálidas.

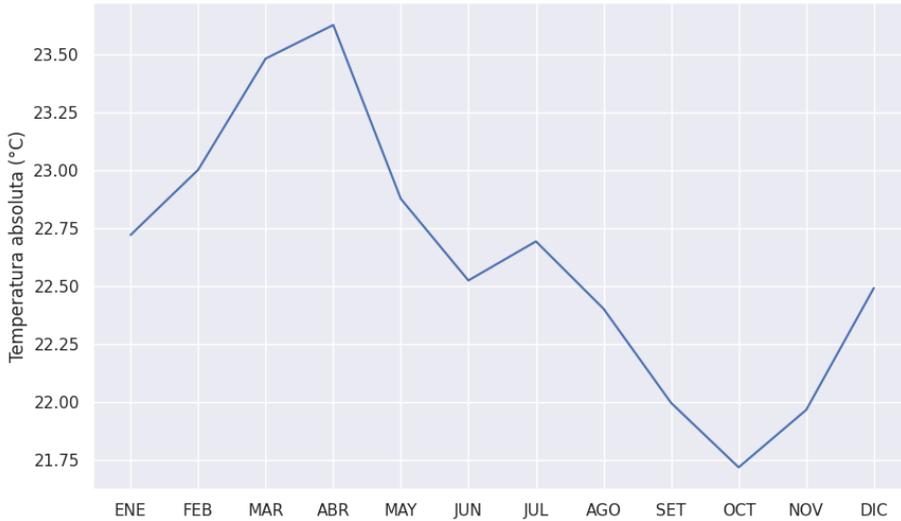
A lo largo del tiempo se produce una variación en la temperatura, lo que permite definir dos ciclos, uno diurno ocasionado por la rotación terrestre, y otro anual a causa de la traslación de la Tierra [16].

En el ciclo diurno, la temperatura superficial varía en función del número de horas de insolación, por lo que se registran contrastes entre la temperatura del día y la noche; las temperaturas más elevadas son registradas durante el día, y las más bajas por la madrugada, generalmente. Del Cuadro 1 sabemos que la variación promedio en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría es de 14.5°C.

El ciclo anual no es tan marcado en las regiones tropicales, donde se presentan pequeñas variaciones a lo largo del año.

### 4.2.1 | Temperatura media

La temperatura media mensual para el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría (Figura 16), presenta un valor máximo en el mes de abril, mes en el cual hay poca humedad en la atmósfera, viento más débil respecto a los tres meses anteriores, pocas nubes y por tanto mucha radiación solar, por lo que las temperaturas durante el día tienden a ser muy elevadas. La temperatura media mensual más baja se da en octubre, mes más lluvioso del año y uno de los meses más húmedos según el Cuadro 1, las temperaturas tienden a disminuir durante los eventos de precipitación intensa y formación nubosa durante el día.



**FIGURA 16** Variación mensual de la temperatura media para MROC, 2005-2022.

En la Figura 17 se muestra la distribución media diaria de la temperatura horaria para cada mes del año. Se denota que de diciembre a abril las temperaturas más cálidas se dan entre las 10:00 y las 17:00 hora local, con un máximo que varía entre las 13:00 y 14:00. Mientras que a partir de mayo y hasta noviembre este rango se reduce en una hora, las temperaturas más cálidas durante estos meses se dan entre las 09:00 y las 15:00 hora local, y un máximo alrededor de las 12:00. A partir de mayo, los días con precipitación aumentan considerablemente (ver Tabla 1), y estas precipitaciones ocurren generalmente en horas vespertinas lo que disminuye las temperaturas considerablemente. Por otra parte, las temperaturas más bajas se dan entre las 00:00 y las 06:00 hora local, con sus valores mínimos alrededor de las 05:00 y 06:00 (ver Figura 17).

En la Figura 18 se presenta el promedio horario de la temperatura por mes. Los meses de la época seca y el mes de transición de abril, son los que presentan valores mayores de temperatura promedio horaria, estas varían entre los 27°C y 29°C para horas en el rango de las 12:00 a las 15:00. Por el contrario, las temperaturas medias por hora más bajas se presentan de enero a marzo y de setiembre a noviembre, variando entre los 18°C a 20°C en horas de la madrugada.

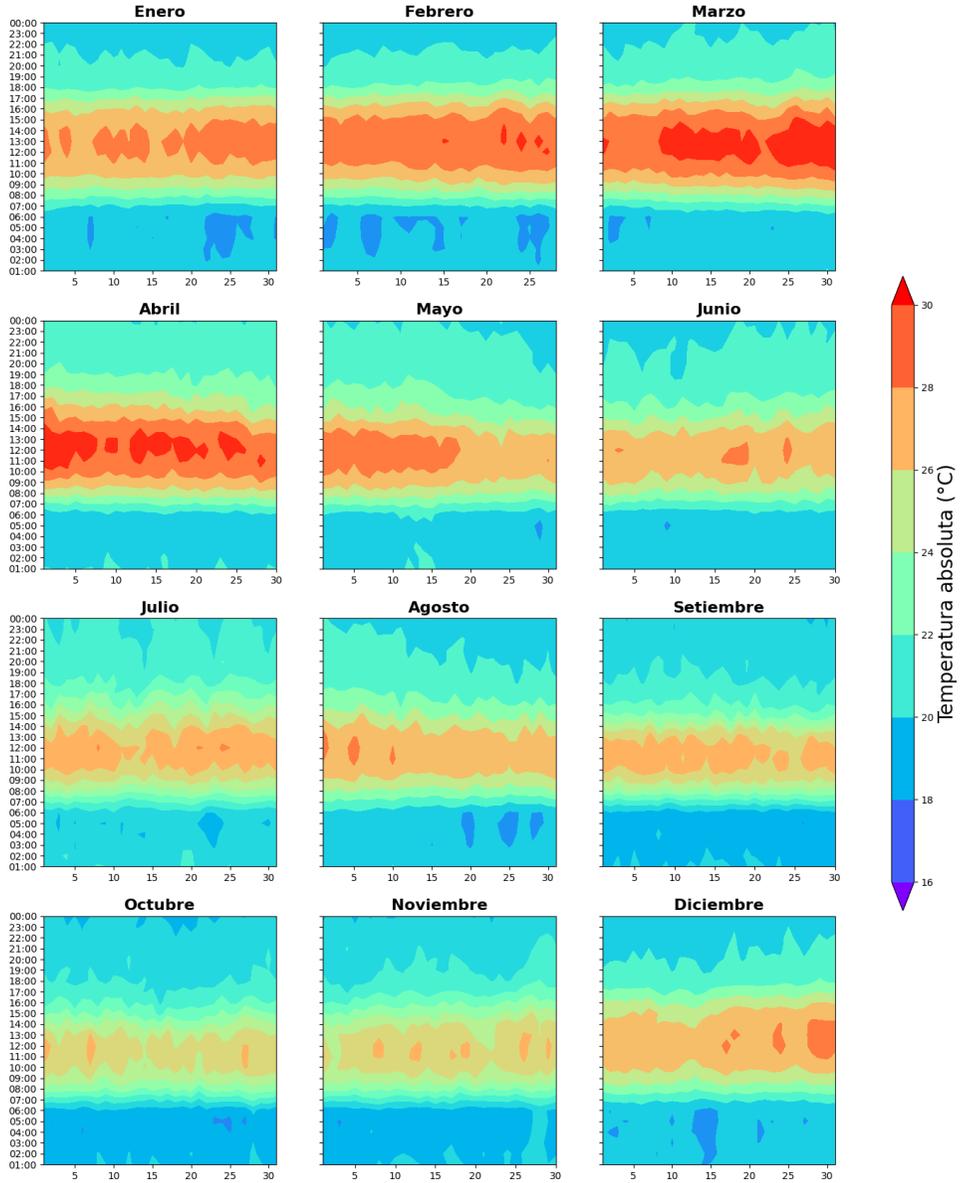
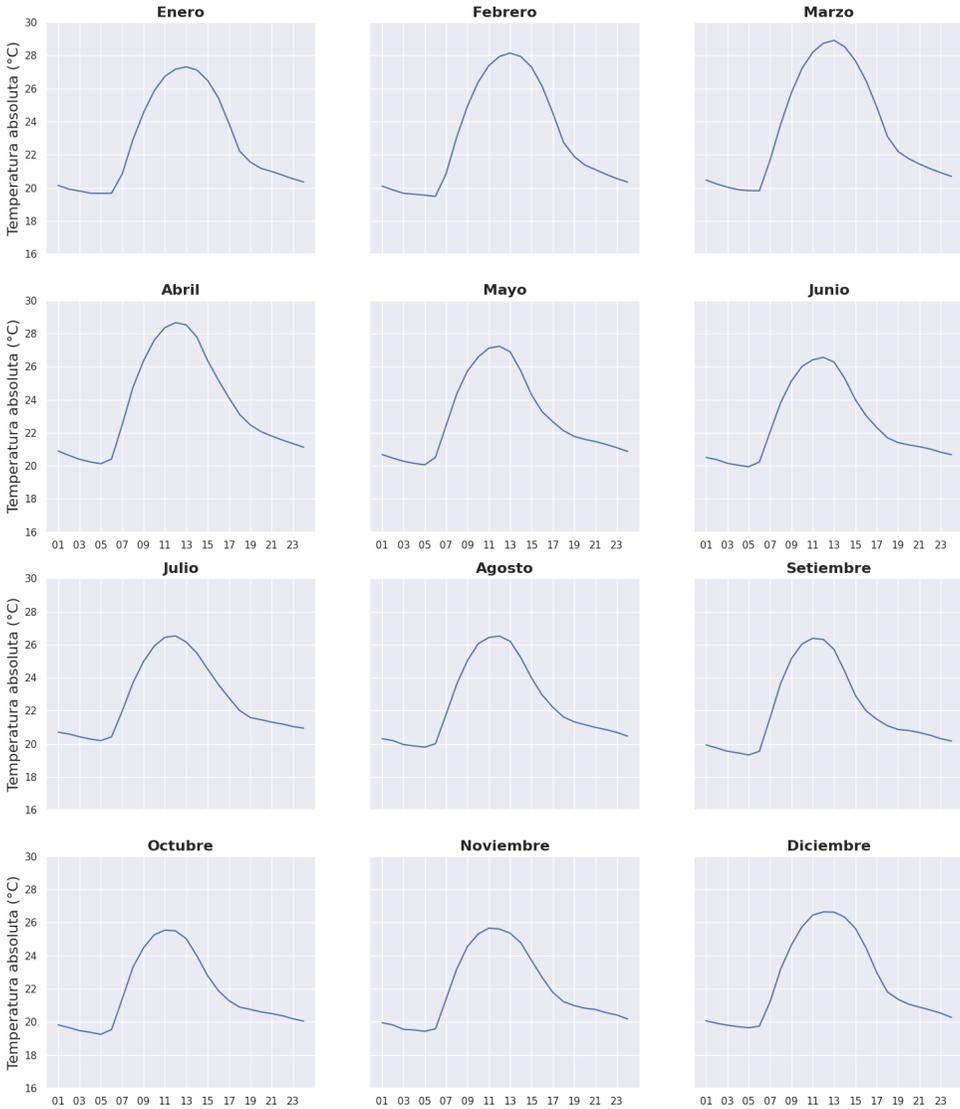


FIGURA 17 Distribución media diaria de la temperatura media horaria en MROC, 2005-2022.

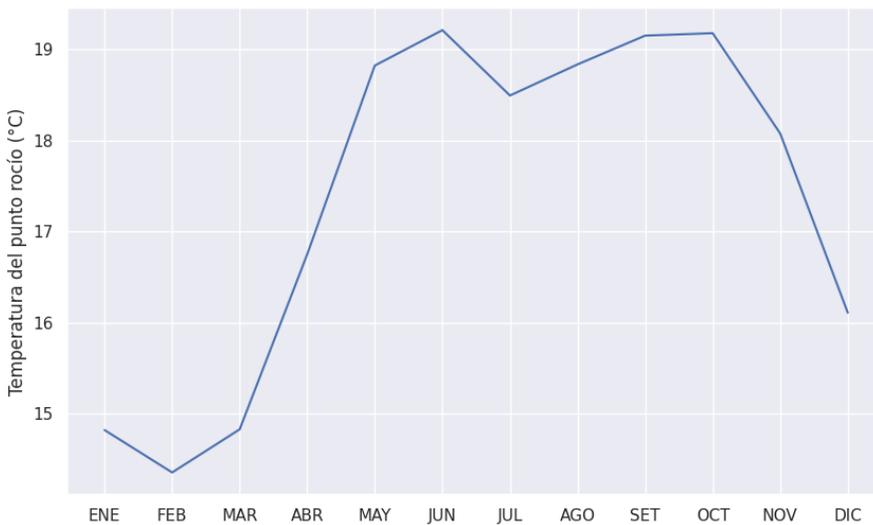


**FIGURA 18** Variación horaria de la temperatura media por mes para MROC, 2005-2022.

## 4.2.2 | Temperatura del punto de rocío

La temperatura del punto de rocío es "el valor de la temperatura en que el aire húmedo saturado con respecto al agua a una presión dada, alcanza una relación de mezcla de saturación igual a la relación de mezcla dada" [9]. Una definición menos técnica sería: es la temperatura a la cual se debe enfriar el aire para que el vapor de agua contenido en él se condense en agua líquida o se forme escarcha.

La temperatura del punto de rocío media mensual en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría (Figura 19) presenta dos máximos durante el año. El primero en el mes de junio cuando recién ha empezado la época lluviosa en la región central del país, y el segundo durante los meses más lluviosos, setiembre y octubre (ver Cuadro 1). Se refleja también en esta tendencia de la temperatura del punto de rocío el periodo canicular durante el mes de julio, cuando las precipitaciones se ven reducidas y hay menos humedad en la atmósfera. Los valores más bajos de la temperatura del punto de rocío se presentan de diciembre a abril, correspondientes a los meses de la época seca en MROC.

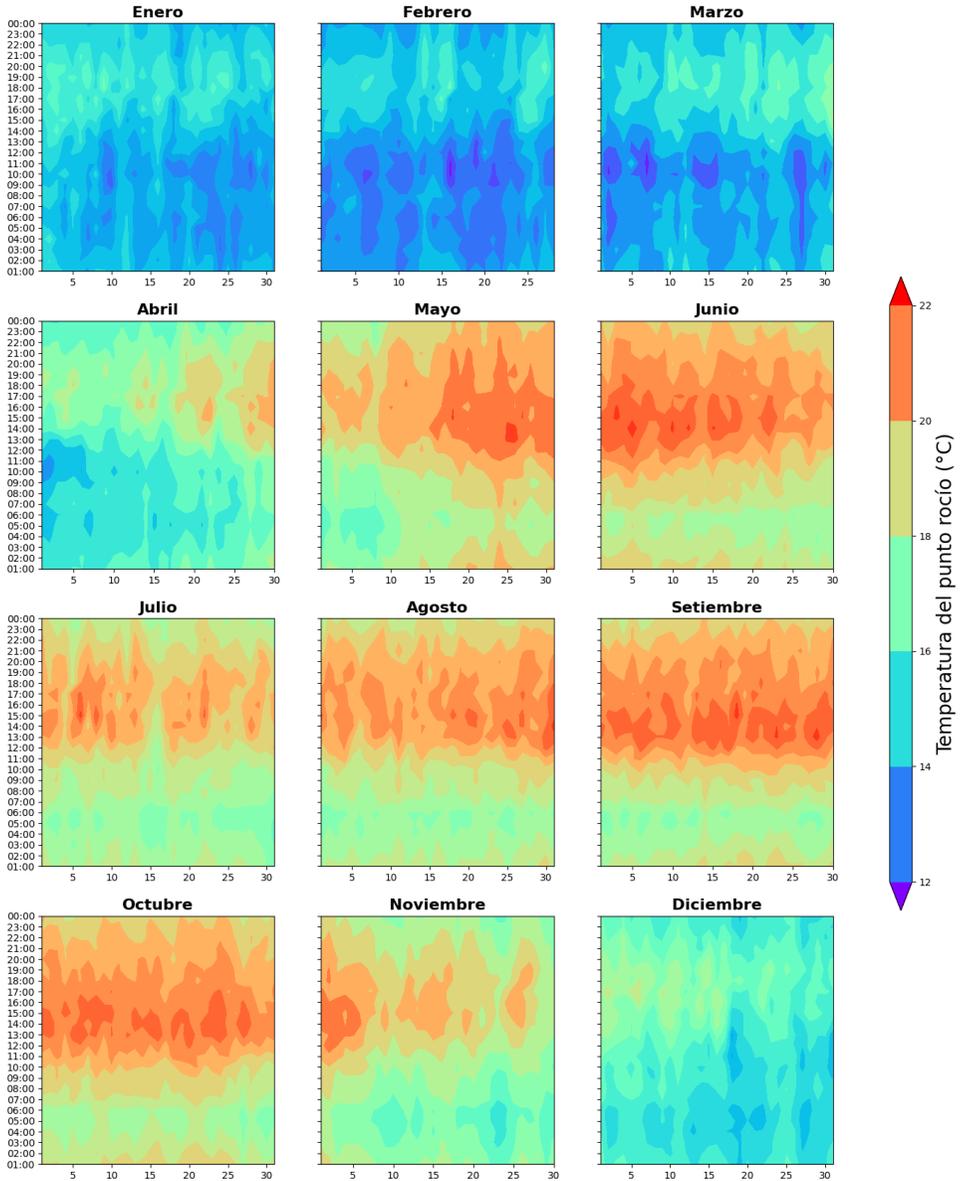


**FIGURA 19** Variación mensual de la temperatura del punto de rocío media para MROC, 2005-2022.

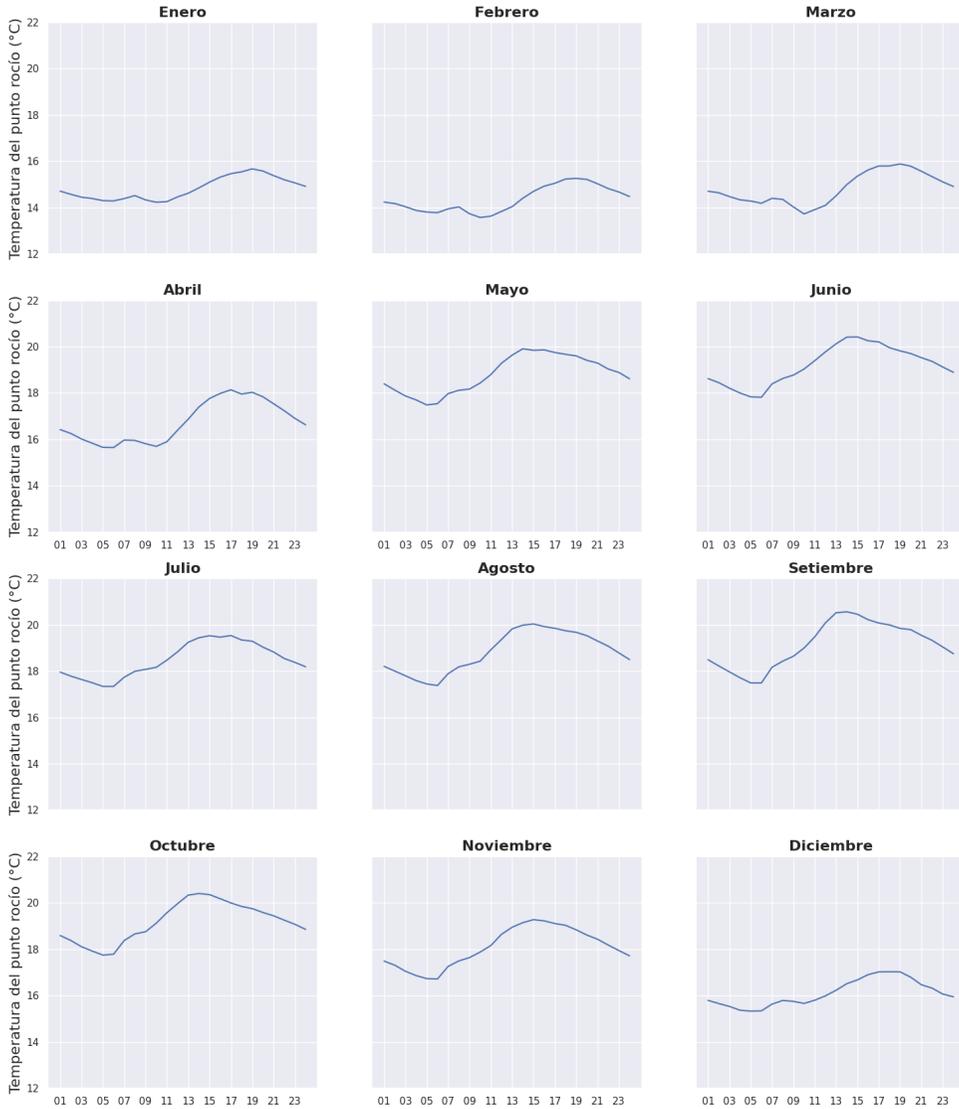
Se analiza también la distribución media diaria de la temperatura del punto de rocío horaria por mes (ver Figura 20). El ciclo diario de la temperatura del punto de rocío es mucho más visible desde finales de abril hasta noviembre cuando hay más humedad debido a la cercanía de la Zona de Convergencia Intertropical. Después de las 12:00 horas es cuando en la mayoría de ocasiones se dan las lluvias en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, y por lo tanto, la temperatura del punto de rocío coincide con los valores más altos.

La Figura 21 muestra el promedio horario de la temperatura del punto de rocío para cada mes. Es evidente el ciclo diario en el cual disminuye la temperatura en horas de la madrugada hasta alcanzar un mínimo alrededor de las 07:00 horas en los meses lluviosos de mayo a noviembre; mientras que para los meses de la época seca el valor mínimo de la temperatura del punto de rocío es alrededor de las 11:00 horas. En general, los valores más altos de esta temperatura

se dan entre las 15:00 y las 20:00 horas durante la época lluviosa.



**FIGURA 20** Distribución media diaria de la temperatura del punto de rocío horaria en MROC, 2005-2022.



**FIGURA 21** Variación horaria de la temperatura del punto de rocío media por mes para MROC, 2005-2022.

### 4.3 | Presión atmosférica

La presión atmosférica es la fuerza "ejercida por la atmósfera en virtud de su peso sobre una superficie dada" [13]. La presión atmosférica puede ser medida en milibares, pascales o pulgadas de mercurio, donde:

$$1 \text{ atmósfera} = 1013,2 \text{ hPa} = 29,92 \text{ inHg}$$

Los aeropuertos internacionales de Costa Rica brindan la presión al nivel del mar (QNH) calculada a partir de la presión atmosférica en la estación en todos los reportes METAR y SPECI. Esta información se facilita en unidades de pulgadas de mercurio (inHg).

La variación de la presión (QNH) a lo largo del año en MROC es irregular e influenciada externamente por factores/sistemas de gran escala (empujes fríos, ciclones tropicales, bajas presiones, etc.) lo que da alcance a sus valores extremos. Por otro lado, es más representativa y homogénea su variación horaria, la cual muestra un ciclo diurno bien marcado. La variación media mensual se puede observar en la Figura 22. El QNH se mantiene alrededor de 29.99 inHg desde enero hasta octubre, pero en noviembre disminuye notablemente hasta alrededor 29.97 inHg.



**FIGURA 22** Variación mensual de la presión (QNH) media para MROC, 2005-2022.

La Figura 23 muestra la distribución media diaria de la presión atmosférica horaria (QNH) reportada en MROC por mes, lo que deja ver el ciclo diurno en la estación. Se denotan dos máximos relativos (09:00-10:00 y 22:00 horas) y dos mínimos relativos (03:00-04:00 y 16:00 hora local). También se aprecia claramente en la figura, cómo los mínimos de noviembre y diciembre son más profundos que el resto de los meses.

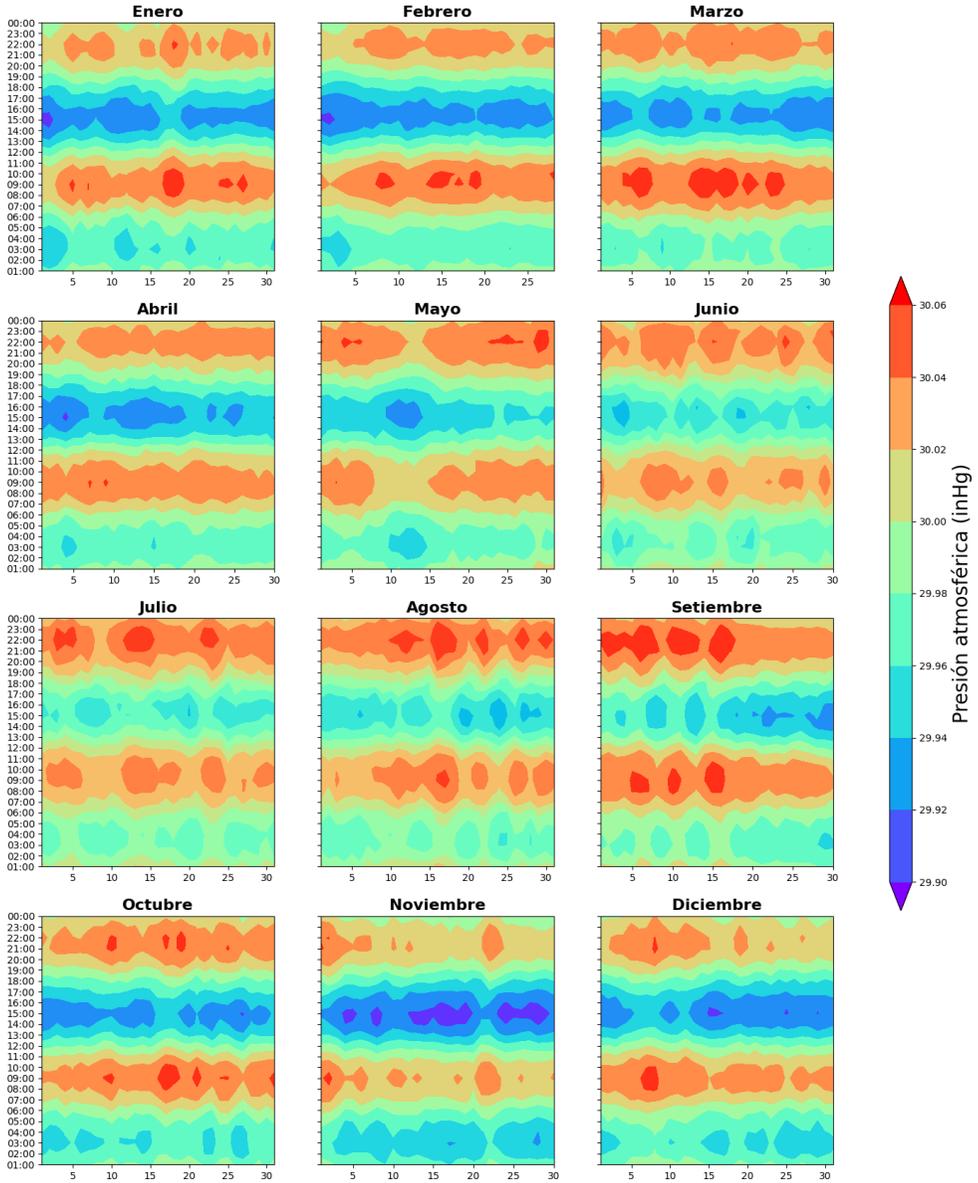
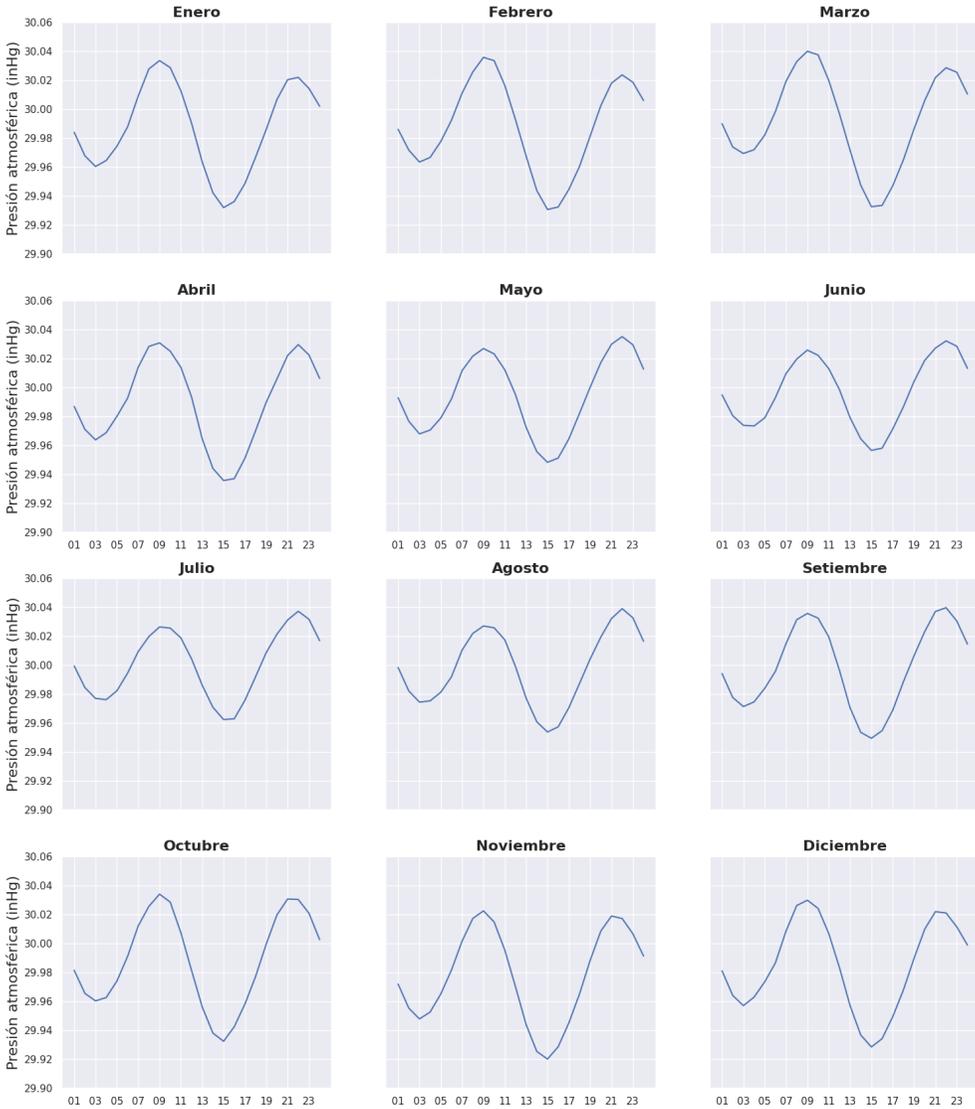


FIGURA 23 Distribución media diaria de la presión (QNH) horaria en MROC, 2005-2022.



**FIGURA 24** Variación horaria de la presión (QNH) media por mes para MROC, 2005-2022.

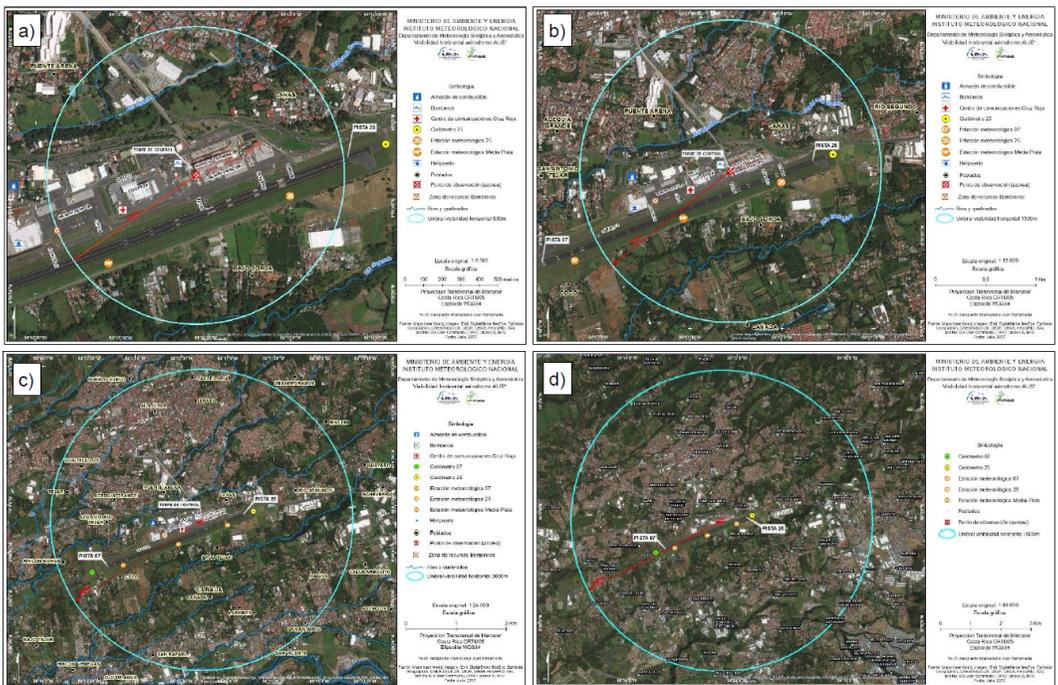
En la Figura 24 se presenta el promedio horario de la presión atmosférica por mes. Se denota como el mínimo de la tarde es más profundo que el de la madrugada, esto se puede atribuir al calentamiento diurno que torna el aire menos denso, por lo que ejerce menor peso sobre la superficie. No se denota una diferencia significativa entre los máximos relativos de QNH debido a las horas en las que ocurren, durante la mañana aún no se dan temperaturas tan altas y por la noche el ambiente ya se ha enfriado lo suficiente.

## 4.4 | Visibilidad

La visibilidad es la máxima distancia a la que puede verse y reconocerse un objeto negro de dimensiones adecuadas, situado cerca del suelo, al ser observado ante un fondo brillante [4].

La visibilidad es uno de los elementos meteorológicos más complejos y subjetivos para estimar, ya que depende de la agudeza visual del observador, de las ayudas disponibles (cartas de visibilidad, imágenes satelitales, sensores), de los obstáculos del campo de observación y por supuesto, de la posición del observador, ya que a mayor altura mayor es el rango de visión. La visibilidad en los aeródromos se clasifica como visibilidad horizontal y vertical.

En la Figura 25 se detallan los principales umbrales de visibilidad, de acuerdo con los criterios generales especificados por OACI [4]. En el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría debe emitirse en los informes ordinarios y especiales (METAR y SPECI respectivamente) siempre que ocurran cambios para los siguientes criterios:



**FIGURA 25** Umbrales de visibilidad en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría: a) 800 m, b) 1500 m, c) 3000 m y d) 5000 m.

- cuando la visibilidad esté mejorando y cambie a, o pase por uno o más de los siguientes valores, o cuando la visibilidad esté empeorando y pase por uno o por más de los siguientes valores:
  1. 800 m
  2. 1500 m
  3. 3000 m
  4. 5000 m, cuando haya una cantidad considerable de vuelos que operen por las reglas de vuelo visual.

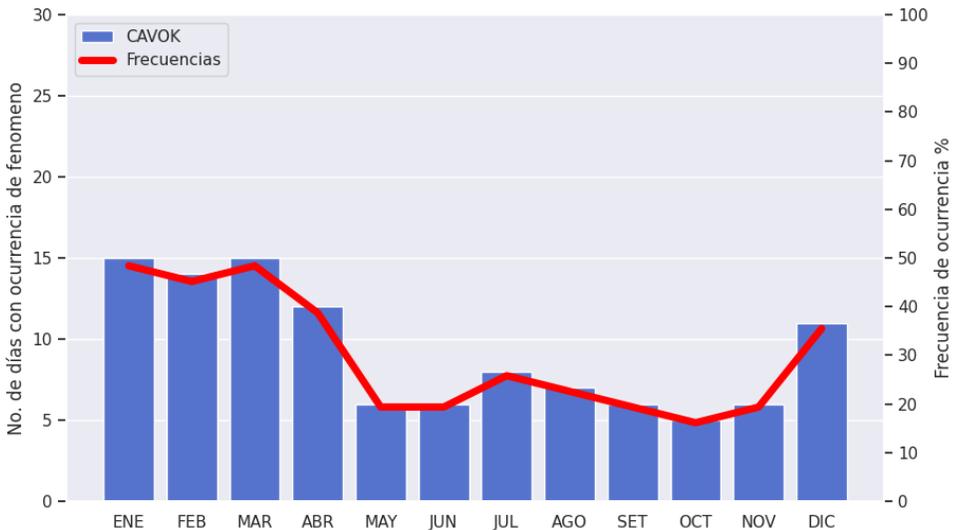
Al momento de indicar el valor de la visibilidad se toma como referencia la "visibilidad reinante", excepto cuando se notifica únicamente la visibilidad mínima sin indicarse la dirección, debido a que la visibilidad reinante fluctúa rápidamente.

#### 4.4.1 | CAVOK

Según la Organización de Aviación Civil Internacional [4], para utilizar el término CAVOK<sup>3</sup> se deben cumplir los siguientes criterios:

- visibilidad reinante de 10 km o más,
- ausencia de nubosidad de importancia para las operaciones, y
- ausencia de condiciones meteorológicas significativas.

En la Figura 26 se muestra la cantidad de días que en promedio se reporta CAVOK<sup>4</sup> en al menos 6 reportes no consecutivos, así como el porcentaje mensual que representa. Se observa que la mayor cantidad de días con este comportamiento ocurren entre diciembre y abril cuando las condiciones de humedad en la atmósfera son bajas en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, reduciendo considerablemente las ocurrencias de precipitaciones y inhibiendo la formación de nubosidad baja.

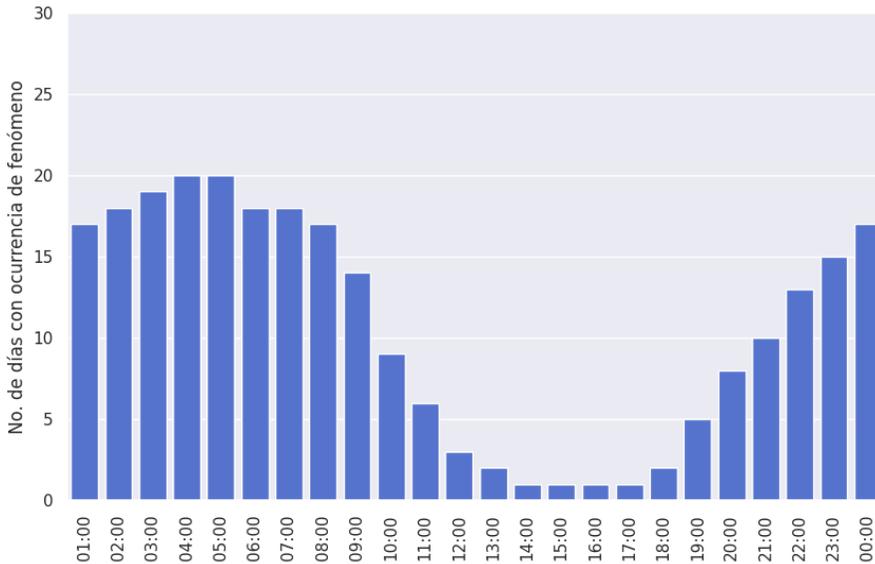


**FIGURA 26** Valores mensuales medios de días con al menos seis reportes con CAVOK y sus frecuencias de ocurrencia en MROC, 2005-2022.

<sup>3</sup>CAVOK hace referencia a la expresión en inglés: "Ceiling And Visibility OK".

<sup>4</sup>No necesariamente de manera continua.

Esto se complementa con los datos representados en la Figura 27, donde se muestra la cantidad media de ocurrencias de CAVOK por hora. La mayor cantidad de reportes con esta condición se registra en la madrugada y horas de la mañana, desde las 00:00 hasta las 08:00 horas, rango en el cual la cantidad de reportes supera las 15 ocurrencias por mes. En otras palabras: durante el mes, se registran más de 15 ocurrencias de CAVOK durante la madrugada.



**FIGURA 27** Valores mensuales medios de reportes con CAVOK durante el horario de operación en MROC, 2005-2022.

#### 4.4.2 | Visibilidad horizontal

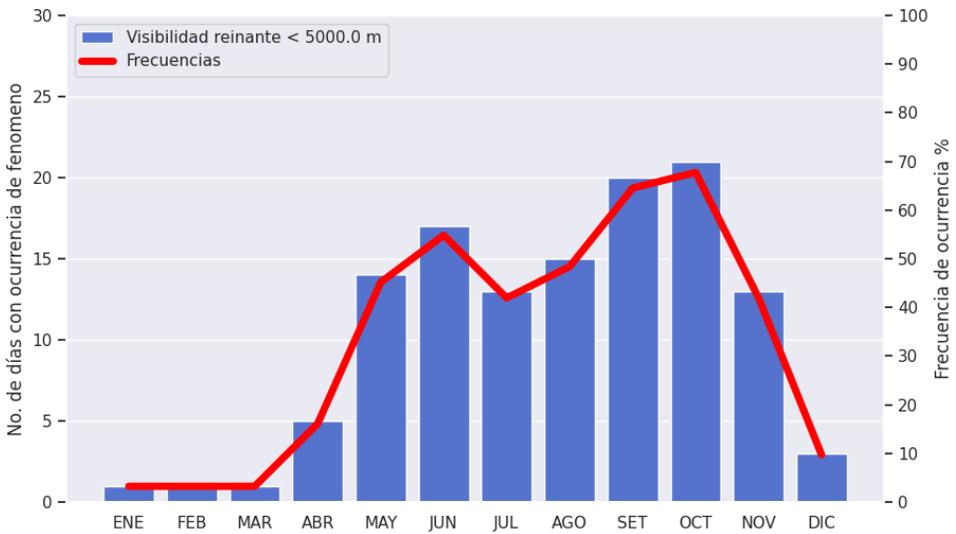
La visibilidad horizontal "es la distancia máxima a la cual un observador puede ver e identificar un objeto situado cerca del plano horizontal sobre el cual él está apoyado" [5], se expresa en metros, kilómetros o millas náuticas. La visibilidad horizontal puede ser:

- reinante: corresponde a un radio igual o superior a la mitad del horizonte ( $180^\circ$  o más), ó
- secundaria: corresponde a un radio inferior a la mitad del horizonte (menos de  $180^\circ$ ).

La visibilidad horizontal óptima para el desarrollo de las operaciones aéreas debe ser igual o superior a 10 km, cuando es inferior a esta distancia, se registra cada kilómetro hasta llegar a 5 km, y de ser inferior a dicha distancia, se considera como visibilidad restringida.

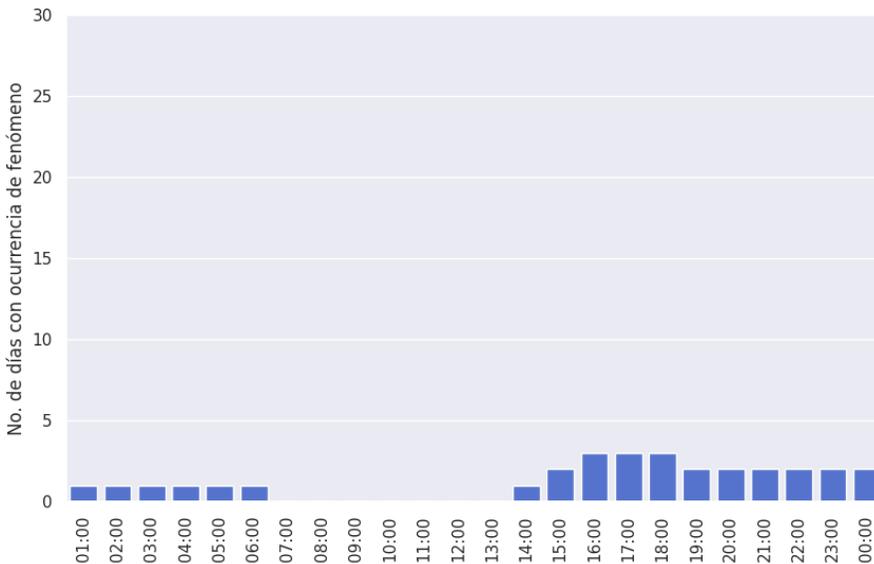
En la Figura 28 se muestra la cantidad mensual media de días con al menos un reporte de visibilidad horizontal o reinante reducida a menos de 5000 metros, así como su frecuencia de ocurrencia. La mayor cantidad de reportes se producen en octubre, mes que tiene la mayor cantidad de días con lluvia según el Cuadro 1. Los meses en los que se observan menor cantidad de ocurrencias de visibilidad reducida son nuevamente de diciembre a abril, cuando las

precipitaciones y eventos de oscurecimiento son menos frecuentes.



**FIGURA 28** Valores mensuales medios de días con al menos un reporte de visibilidad horizontal menor a 5000 metros y sus frecuencias de ocurrencia en MROC, 2005-2022.

Para complementar, se adjunta también la Figura 29 que muestra los valores mensuales medios de reportes con visibilidad reducida a menos de 5000 metros. Sobresale que entre las 16:00 y las 18:00 horas se da la mayor cantidad de ocurrencias mientras que entre las 07:00 y las 13:00 no existen eventos. Esto se corresponde con los eventos de precipitación que veremos más adelante, los cuales generalmente son más frecuentes en horas de la tarde en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría.



**FIGURA 29** Valores mensuales medios de reportes con visibilidad reducida a menos de 5000 metros durante el horario de operación en MROC, 2005-2022.

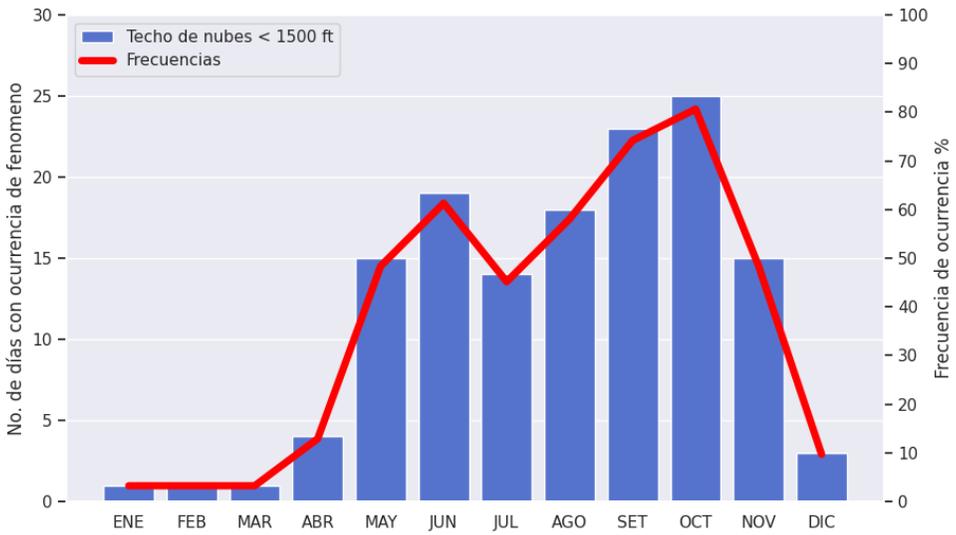
#### 4.4.3 | Visibilidad vertical

La visibilidad vertical corresponde a la altura de la base de las nubes y se expresa en pies. Un techo nuboso<sup>5</sup> donde la visibilidad vertical es igual o inferior a 1500 ft, se considera como visibilidad vertical restringida que limita las operaciones aeronáuticas.

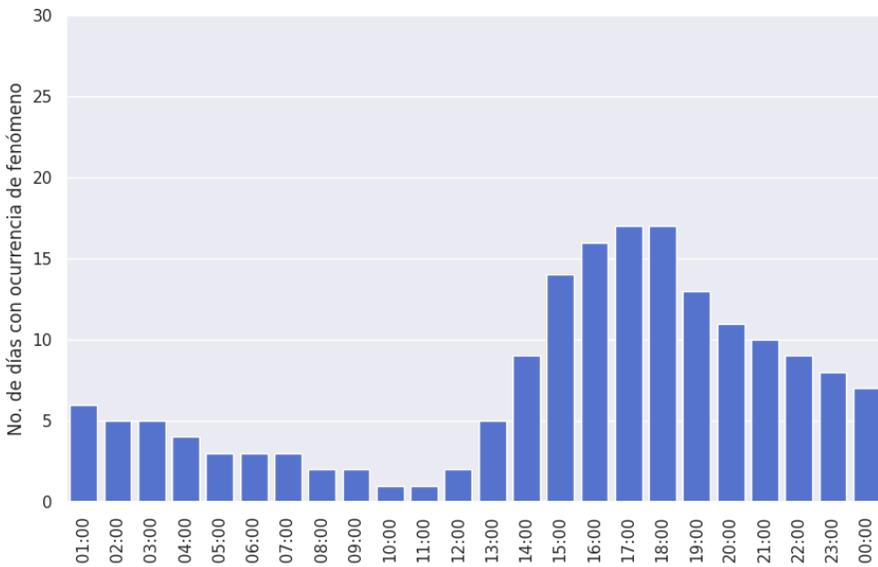
La Figura 30 denota la cantidad de días por mes en los cuales se da al menos un evento de techo menor a 1500 pies en MROC, así como sus frecuencias de ocurrencia. La mayor cantidad de días con esta condición nuevamente corresponde al mes de octubre por las razones antes expuestas, mayor humedad en la atmósfera propicia mayor nubosidad y techo de nubes bajo. En julio se ve una ligera disminución en la cantidad de ocurrencias debido al periodo canicular.

Los eventos de techo menor a 1500 pies son frecuentes en MROC, éstos se presentan mayormente entre las 16:00 y las 18:00 horas como lo muestra la Figura 31, con valores que oscilan alrededor de 15 ocurrencias. Cabe destacar que según la Figura 30, estos eventos ocurren mayormente durante los meses de la época lluviosa. Mientras que entre las 08:00 y 11:00 casi no hay eventos de techo menor a 1500 pies.

<sup>5</sup>Se considera techo nuboso cuando la capa nubosa presente sobre el aeródromo cubre 5 octas o más del cielo.



**FIGURA 30** Valores mensuales medios de días con al menos un reporte de techo de nubes menor a 1500 pies y sus frecuencias de ocurrencia en MROC, 2005-2022.



**FIGURA 31** Valores mensuales medios de reportes con techo de nubes menor a 1500 pies durante el horario de operación en MROC, 2005-2022.

## 4.5 | Hidrometeoros

Un hidrometeoro consiste en un "meteoro formado por un conjunto de partículas acuosas, líquidas o sólidas que caen a través de la atmósfera, están en suspensión en ella, son removidas de la superficie de la Tierra por el viento o son depositadas sobre objetos en la superficie o en la atmósfera libre" [14]. Según la Organización Meteorológica Mundial [10], los hidrometeoros se pueden clasificar en cinco variedades:

1. Partículas en suspensión.
2. Partículas que precipitan (precipitación).
3. Partículas levantadas de la superficie de la Tierra por el viento.
4. Depósitos de partículas.
5. Trombas.

### 4.5.1 | Hidrometeoros de precipitación

Los hidrometeoros de precipitación están formados por partículas que alcanzan la superficie terrestre, como la llovizna, lluvia, chubasco de lluvia y/o granizo [8]. La precipitación depende de tres factores: la presión atmosférica, la humedad y la temperatura. Según Cuadrat y Pita [2], para la clasificación de la precipitación se utilizan varios criterios, entre estos el tamaño de las gotas, siendo:

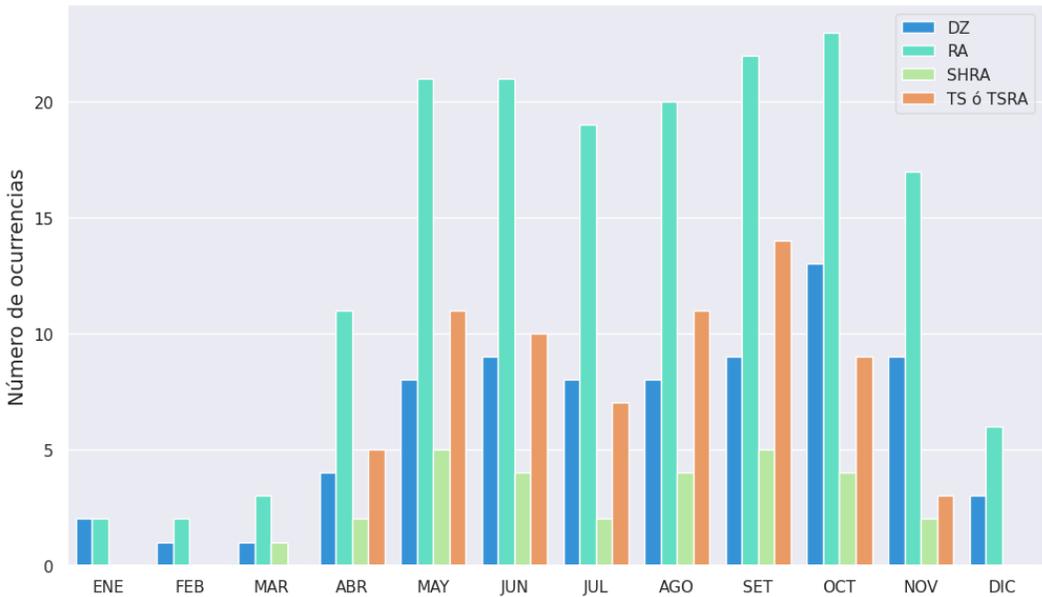
- llovizna: gotas de diámetro inferior a 0.5 mm,
- lluvia: gotas de diámetro entre 0.5 y 3 mm,
- aguacero o chubasco: gotas de diámetro superior a 3 mm y,
- granizo: diámetro entre 5 y 50 mm.

Cabe destacar que si bien la tormenta es definida por la Organización Meteorológica Mundial [10] como un electro-meteoro, en general en las regiones tropicales, las tormentas están asociadas a precipitaciones intensas y se presentan escasos eventos de tormentas secas.

En la Figura 32 se muestra la cantidad de días en los cuales se observaron los diferentes tipos de precipitación en MROC<sup>6</sup>. Es importante mencionar que, a lo largo del año, la lluvia es el tipo de precipitación más significativa ocurriendo en la mayoría de los casos, mientras que los chubascos de lluvia son los que menos se observan. Se denota claramente en esta figura el periodo canicular entre julio y agosto, cuando se reducen la cantidad de reportes de precipitación con respecto a junio, setiembre y octubre.

---

<sup>6</sup>Se toma como día con precipitación del tipo especificado si se observó al menos en una ocasión.



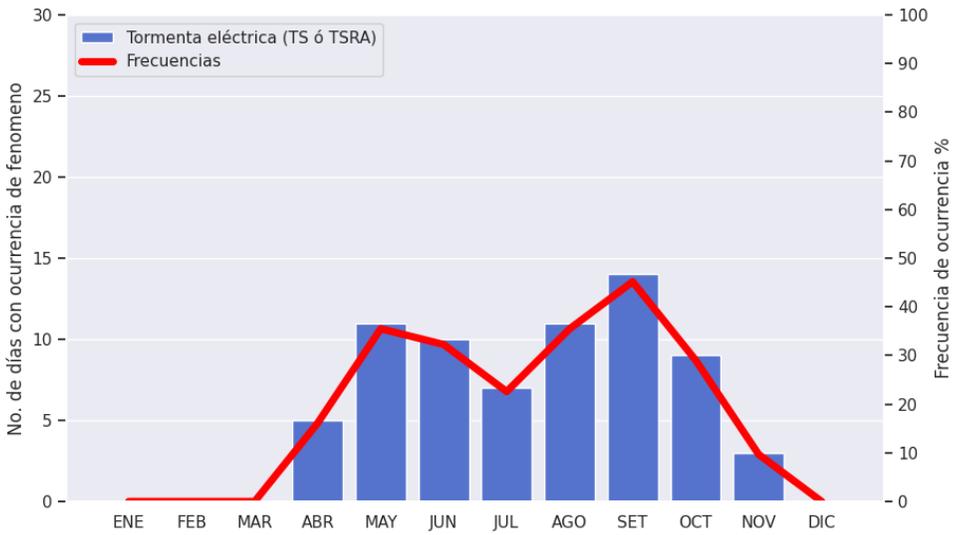
**FIGURA 32** Valores mensuales medios de días con los diferentes tipos de precipitación (DZ: llovizna, RA: lluvia, SHRA: chubasco de lluvia, TSRA: tormenta eléctrica con precipitación o sin ella) que se reportan en MROC, 2005-2022.

#### 4.5.2 | Tormenta eléctrica (TS ó TSRA)

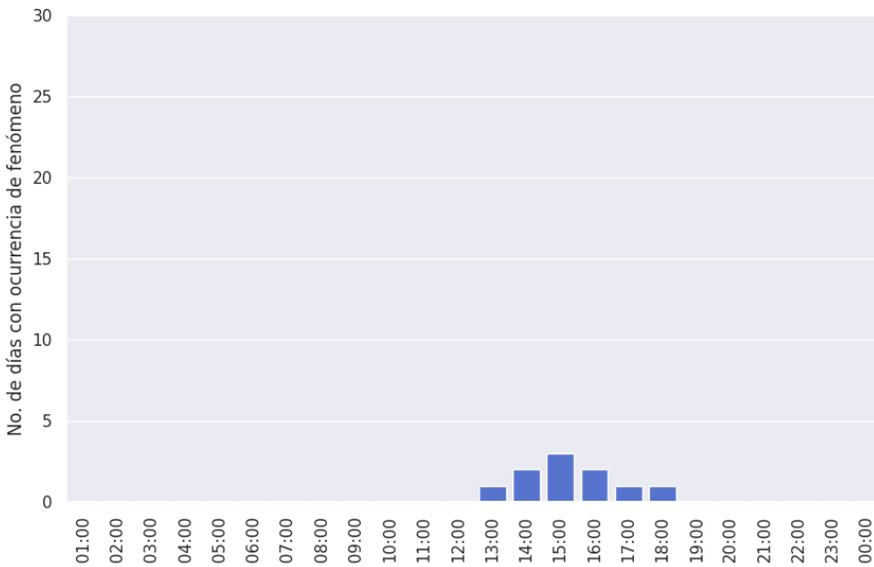
Las tormentas eléctricas son "el resultado de la convección que forma los cúmulos. El ingrediente principal de la convección en los cúmulos es el aire húmedo, más cálido que su entorno, que asciende debido a su menor densidad respecto del aire que lo circunda" [6].

En el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría los reportes de tormenta eléctrica son prácticamente nulos de enero a marzo, en abril se reportan menos de 5 casos, mientras que a partir de junio la cantidad de reportes se encuentra entre 10 y 15, exceptuando julio con 7 casos (ver Figura 33).

Además, los reportes de tormenta eléctrica tienden a presentarse en su mayoría entre las 13:00 y 18:00 horas, con probabilidad máxima de ocurrencia entre las 14:00 y las 17:00 horas, tal como se puede apreciar en la Figura 34. Entre las 01:00 y las 18:00, y después de las 19:00 no se registran reportes por lo general.



**FIGURA 33** Valores mensuales medios de días con tormenta eléctrica y sus frecuencias de ocurrencia en MROC, 2005-2022.

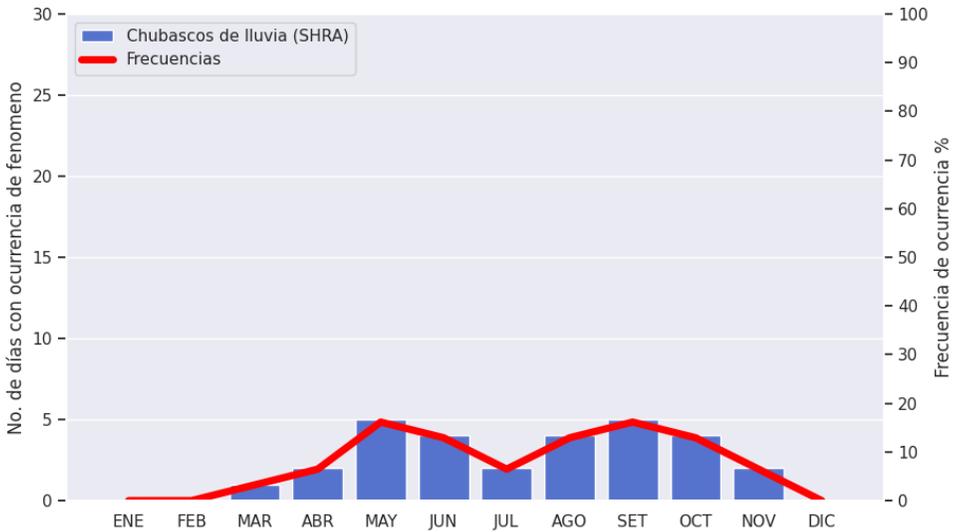


**FIGURA 34** Valores mensuales medios de reportes con tormenta eléctrica durante el horario de operación en MROC, 2005-2022.

### 4.5.3 | Chubasco de lluvia (aguaceros o SHRA)

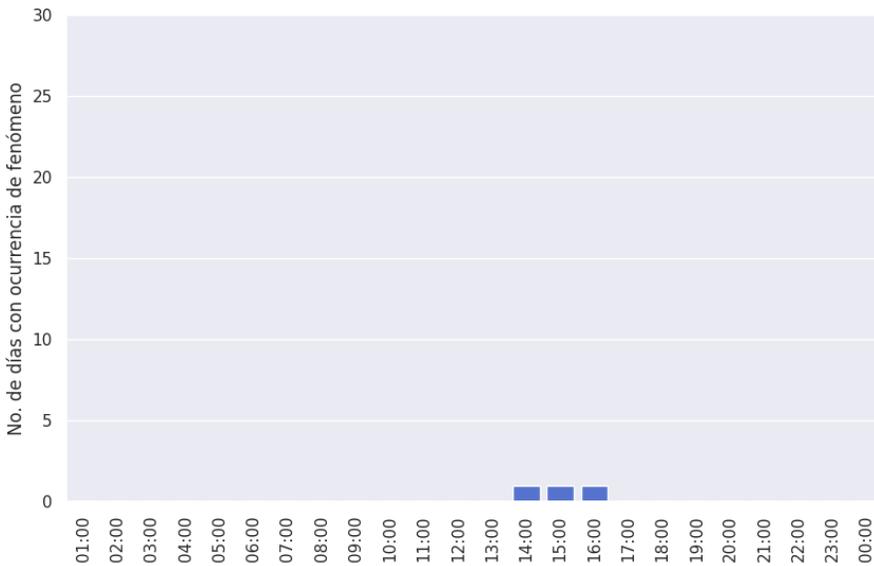
Los aguaceros o chubascos son precipitaciones intensas y de corta duración, asociadas con el desarrollo de convecciones térmicas que favorecen el desarrollo de cúmulos. "Los chubascos se caracterizan por sus comienzos y finales bruscos, por sus variaciones violentas y rápidas en intensidad y, lo más frecuente, por el aspecto del cielo" [13].

En la Figura 35 se puede apreciar la cantidad de días por mes en los cuales se reporta en al menos una ocasión chubascos de lluvia (SHRA), así como sus frecuencias de ocurrencia. Como es de esperar, la mayor cantidad de reportes de este fenómeno ocurren entre abril y noviembre, con una disminución en el mes de julio debido al periodo canicular.



**FIGURA 35** Valores mensuales medios de días con chubascos de lluvia y sus frecuencias de ocurrencia en MROC, 2005-2022.

La ocurrencia de chubascos de lluvia en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría es escasa, como evidencia la Figura 36, pero se puede apreciar que cuando se presenta es más probable que entre las 14:00 y 16:00 horas. Fuera de este rango de horas es muy poco probable que se presenten precipitaciones de este tipo.



**FIGURA 36** Valores mensuales medios de reportes con chubascos de lluvia durante el horario de operación en MROC, 2005-2022.

#### 4.5.4 | Lluvia (RA)

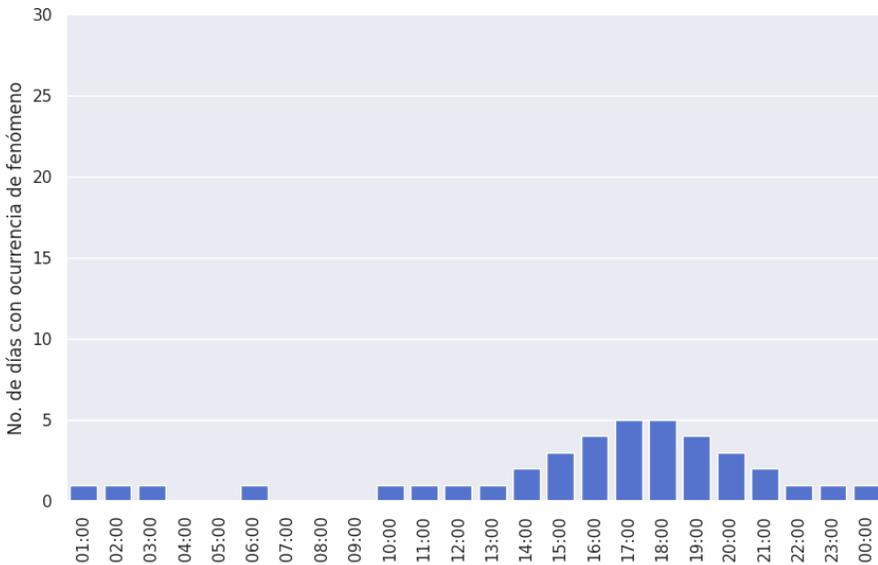
La lluvia es la forma más común de precipitación, está formada por partículas de agua líquida con pequeñas gotas, pero muy dispersas [13]. Las lluvias pueden producirse por convección asociada a la evaporación y condensación de la humedad, o ser de origen orográfico, cuando las masas de aire cargadas de humedad chocan con laderas montañosas, ascienden y se condensan.

Los reportes de lluvia en MROC son mucho más frecuentes, para muestra la Figura 37. La mayor cantidad de eventos ocurren entre mayo y noviembre, siendo los meses más lluviosos setiembre y octubre. Nuevamente se puede apreciar como en julio y agosto se da una ligera disminución en los casos de lluvia que se le atribuyen de nuevo al período de la canícula [7].

Como complemento se obtuvo un promedio mensual de reportes con lluvia por hora que se visualiza en la Figura 38. La mayor cantidad de ocurrencias de lluvia en MROC se dan entre las 14:00 y 21:00, con valores máximos entre las 17:00 y 18:00 horas.



**FIGURA 37** Valores mensuales medios de días con lluvia y sus frecuencias de ocurrencia en MROC, 2005-2022.



**FIGURA 38** Valores mensuales medios de reportes con lluvia durante el horario de operación en MROC, 2005-2022.

### 4.5.5 | Llovizna (DZ)

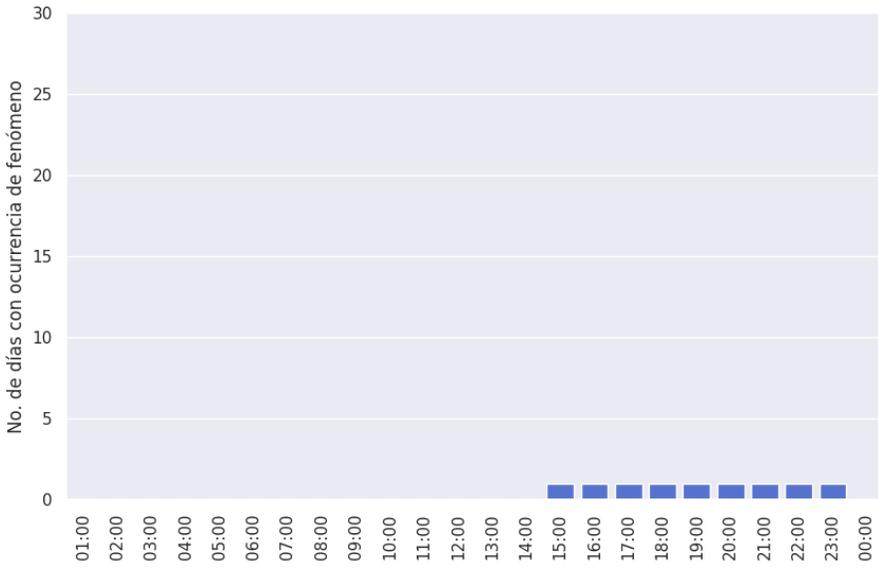
La llovizna se puede describir como precipitación bastante uniforme constituida exclusivamente por menudas gotas de agua (diámetro inferior a 0.5 mm) muy próximas unas con otras [13]. Se forma de nubes cuya base se encuentra a baja altitud y de poca extensión vertical como los estratos y los estratocúmulos. En general, la llovizna tiende a ser menos intensa que la lluvia, pero en ocasiones puede ser suficiente como para generar acumulados de 1 mm de precipitación en una hora.

Las ocurrencias de llovizna en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría son más frecuentes, como es de esperar durante la época lluviosa, de mayo a noviembre, con un máximo de ocurrencias en octubre (ver Figura 39). En el caso de la llovizna no se aprecia una disminución en el mes de julio y entre diciembre y marzo, la cantidad de reportes es escasa.



**FIGURA 39** Valores mensuales medios de días con llovizna y sus frecuencias de ocurrencia en MROC, 2005-2022.

La presencia de llovizna en MROC se da al final de la tarde y durante las primeras horas de la noche, como lo muestra la Figura 40. Mientras que, entre las 00:00 y 14:00 horas la ocurrencia de casos de llovizna es muy poca. La ocurrencia de este tipo de precipitación obedece a condiciones muy específicas, nubosidad baja abundante de tipo estratos y estratocúmulos, además de un ambiente muy húmedo con temperaturas bajas son las condiciones ideales.



**FIGURA 40** Valores mensuales medios de reportes con llovizna durante el horario de operación en MROC, 2005-2022.

## 4.6 | Hidrometeoros de suspensión

Los hidrometeoros de suspensión "son partículas suspendidas en la atmósfera, como la neblina o la niebla" [8].

### 4.6.1 | Niebla (FG)

La niebla está compuesta de gotitas de agua pequeñas (y a veces partículas diminutas de hielo) en suspensión en la atmósfera, que reducen la visibilidad en la superficie terrestre. La extensión vertical de la niebla oscila entre unos pocos metros y varios cientos de metros [8]. La importancia del reporte de este tipo de hidrometeoro para las operaciones aeronáutica recae en que restringe la visibilidad a menos de 1000 m [4].

Nuevamente, los fenómenos de oscurecimiento en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría son mayormente observados durante la época lluviosa, entre mayo y noviembre, como lo muestra la Figura 41 para los eventos de niebla<sup>7</sup>. Además, en el mes de febrero ocurre un mínimo de ocurrencias, mientras que la mayor cantidad de casos se observa en octubre, el mes más húmedo del año (ver Cuadro 1).

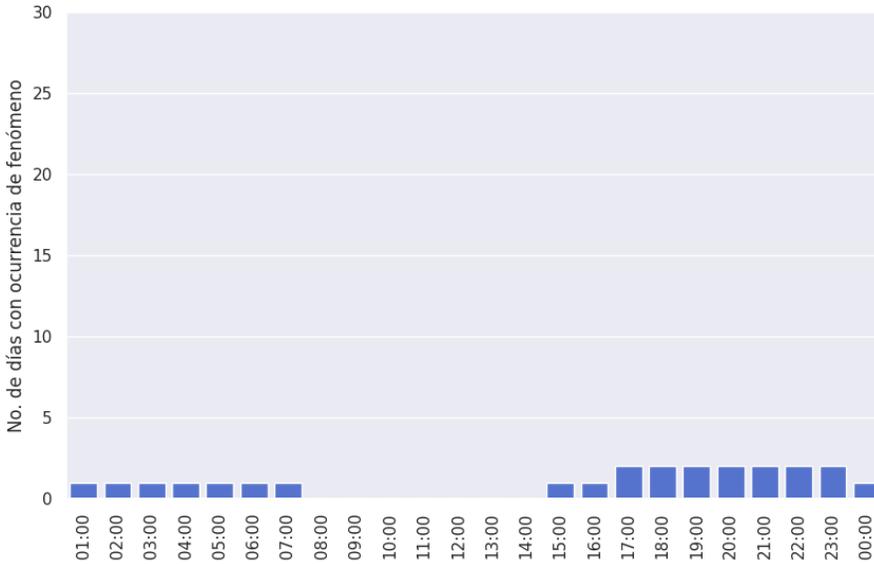


**FIGURA 41** Valores mensuales medios de días con niebla y sus frecuencias de ocurrencia en MROC, 2005-2022.

En la Figura 42 se muestra la cantidad media de ocurrencias de niebla en MROC. La mayoría de eventos ocurren al final de la tarde, durante la noche y madrugada, esto debido a procesos físicos que ocurren en las inmediaciones del aeródromo, tales como: advección, ascensos adiabáticos, radiación y en ocasiones con la evaporación. Se distinguen primordialmente las nieblas mixtas y las nieblas de radiación con la particularidad y diferencia de que las primeras se

<sup>7</sup>Cabe destacar que se añadieron también los eventos de niebla en bancos (BCFG) para obtener una mejor visualización de las ocurrencias, y en algunos casos muy puntuales la niebla en bancos pueden implicar que el aeropuerto se encuentre bajo mínimos operativos debido a la disminución de visibilidad sobre las pistas de aterrizaje.

presentan en condiciones de cielo cubierto de nube media o baja y viento débil, mientras que las últimas se dan con cielos despejados (o de muy poca nubosidad), viento calmo (o débil) y un fuerte descenso en la temperatura [20] (ver Figuras 17 y 18), con un máximo de casos entre las 18:00 y 21:00 horas.



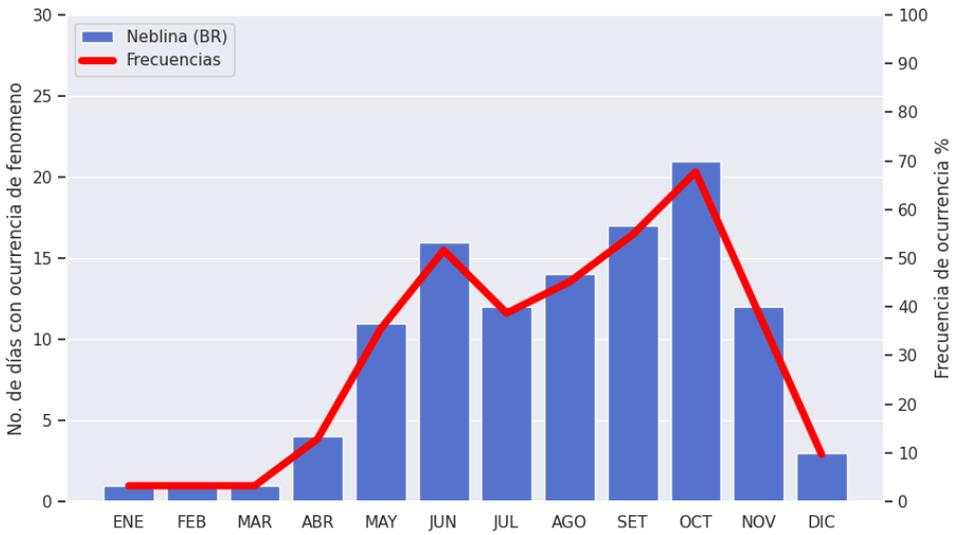
**FIGURA 42** Valores mensuales medios de reportes con niebla durante el horario de operación en MROC, 2005-2022.

#### 4.6.2 | Neblina (BR)

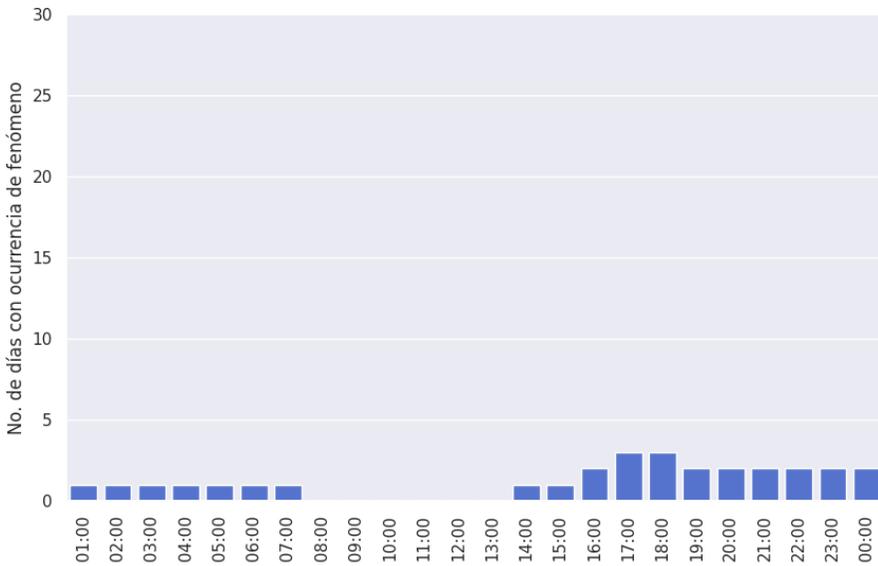
La neblina es un tipo de niebla ligera, compuesta de gotitas de agua pequeñas en suspensión en la atmósfera [10], que restringe la visibilidad entre 1000 m y menos de 5000 m [4].

La presencia de restricciones en la visibilidad por medio de hidrometeoros en suspensión es del tipo: Neblina (BR), Bancos de Niebla (BCFG) y Niebla (FG); y está muy relacionado con la entrada de la brisa marina del suroeste y altos contenidos de humedad. Estos fenómenos afectan la visibilidad dentro del rango 5000 a 100 m inclusive; desde mayo hasta noviembre ocurre la mayor cantidad de eventos de neblina en MROC.

Los casos de neblina muestran un comportamiento bastante similar a los casos de niebla. Como es de esperar, los meses en los más que más se reporta neblina son entre mayo y noviembre (ver Figura 43) con octubre encabezando la ocurrencia de eventos, y una ligera disminución en el mes de julio. Muy pocos casos de neblina se presentan entre diciembre y marzo. Mientras que la Figura 44 denota ocurrencias al final de la tarde, noche y madrugada, con un máximo de eventos entre las 17:00 y las 18:00.



**FIGURA 43** Valores mensuales medios de días con neblina y sus frecuencias de ocurrencia en MROC, 2005-2022.



**FIGURA 44** Valores mensuales medios de reportes con neblina durante el horario de operación en MROC, 2005-2022.

## Agradecimientos

Al personal de la Oficina de Meteorología del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría del área de observación: Alexander Córdoba, Adolfo Alvarado, Randy Ulate, Marcía Marín, Lizeth Rodríguez, Gerardo Salazar y Priscilla Castro, y del área de pronóstico: Víctor Hernández, Octavio Castillo, Wilkie Contreras, Mariana Montes, Andrés Gamboa, Alejandro Meza, por el registro y sistematización de los datos utilizados para la elaboración de este documento.

A Lizeth Rodríguez por suministrar la imagen de la ubicación y la carta de visibilidad del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría.

A Mauricio Ortiz por brindar los datos de las características de la estación del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría.

## Referencias

- [1] Diego Bosque, *Aeropuerto Juan Santamaría: la puerta de entrada a Costa Rica*, 2017.
- [2] José María Cuadrat, *Climatología / José María Cuadrat, María Fernanda Pita*, 1ª ed, Geografía, Cátedra, Madrid, 1997 (spa).
- [3] Dirección General de Aviación Civil, *AIP Costa Rica - parte 3 aeródromos* (2014).
- [4] Organización de Aviación Civil Internacional, *Anexo 3: Servicio meteorológico para la navegación aérea internacional*, 2018.
- [5] Agencia Estatal de Meteorología, *Manual de uso de términos meteorológicos*, 2015. Accessed: 03-04-2021.
- [6] University Corporation for Atmospheric Research, *Tormentas locales severas tropicales*, 2014. [https://www.meted.ucar.edu/tropical/synoptic/local\\_storms\\_es/navmenu.php?tab=1&page=1-1-0&type=flash](https://www.meted.ucar.edu/tropical/synoptic/local_storms_es/navmenu.php?tab=1&page=1-1-0&type=flash).
- [7] Eladio Solano León, *Análisis del comportamiento de los períodos caniculares en Costa Rica en algunas cuencas del Pacífico Norte y Valle Central entre los años 1981 y 2010*, Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, 2015. Tesis de grado para optar por el título de Licenciado en Meteorología.
- [8] Organización Meteorológica Mundial, *Manual de observación de nubes y otros meteoros*, Vol. 1, 1993.
- [9] \_\_\_\_\_, *Guía de sistemas meteorológicos de observación y distribución de información para los servicios meteorológicos aeronáuticos*, 2014. Accessed: 04-04-2021.
- [10] \_\_\_\_\_, *Atlas internacional de nubes*, 2017. <https://cloudatlas.wmo.int/es/home.html>.
- [11] \_\_\_\_\_, *Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos*, 2018. Accessed: 03-04-2021.
- [12] Ana Cecilia Muñoz, Wálter Fernández, Jorge A. Gutiérrez, and Eladio Zárate, *Variación estacional del viento en Costa Rica y su relación con los regímenes de lluvia*, Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos (2002), 1-13. <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/revista/topicosmet20021/html5/index.html?page=1&noflash>.
- [13] Instituto Meteorológico Nacional, *Glosario*. <https://www.imn.ac.cr/glosarioviejo#T>.
- [14] \_\_\_\_\_, *Glosario meteorológico*. <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/glosariometeorologico/>.
- [15] \_\_\_\_\_, *Clima, variabilidad y cambio climático en Costa Rica*, 2008. <http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/publicaciones/CambioClimatico/climaVariabilidadCambioClimaticoCR.pdf>.
- [16] Editorial Planeta, *Clima, condiciones atmosféricas de un lugar*. Accessed: 04-04-2021.
- [17] Aeris Holding Costa Rica S.A., *Plan de emergencias del aeropuerto: Aeropuerto Juan Santamaría*, Vol. 0, 2017.
- [18] \_\_\_\_\_, *Sistema de gestión de seguridad operacional: Aeropuerto Juan Santamaría*, Vol. 0, 2017.
- [19] P. Manso Sayao and A. Vargas Vera, *Climatología del aeropuerto Juan Santamaría*, Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos (1990), 1-16.
- [20] Juan Carlos Fallas Sojo, *Método objetivo de pronóstico de nieblas para el aeropuerto internacional Juan Santamaría*, Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, 1987. Tesis de grado para optar por el título de Licenciado en Meteorología.