

# Climatología Aeronáutica 2005-2023

## Aeropuerto Internacional de Limón

Paula Campos Zúñiga<sup>1</sup>, Felipe Gonzales Bolaños<sup>2</sup>, Diego Garro Molina<sup>2</sup>, Adriana Mora Pérez<sup>3</sup>,  
Raquel Salazar Víquez<sup>3</sup>

### Resumen

Se presenta la Climatología del Aeropuerto Internacional de Limón (AIL), ubicado en la región del Caribe Sur de Costa Rica, mediante el análisis de variables meteorológicas: viento (velocidad y ráfaga), temperatura, temperatura de rocío, presión, visibilidad (horizontal y vertical) y tiempo presente. Los datos utilizados se obtuvieron de los Reportes Meteorológicos de Aeródromo (METAR), desde las 06:00 hasta las 18:00 horas, abarcando el período de 2005 a 2023. Estos datos comprenden información de Estaciones Automáticas Meteorológicas (EMA) ubicadas en el AIL y observaciones realizadas en la Oficina de Meteorología Aeronáutica (OMA) correspondiente. La información obtenida y analizada en este trabajo es fundamental para la toma de decisiones operativas y de seguridad por parte de los usuarios de meteorología aeronáutica.

**PALABRAS CLAVES:** CLIMATOLOGÍA AERONÁUTICA, AEROPUERTO, AERÓDROMO, METAR, MRLM, LIO, VERTIENTE DEL CARIBE.

### Abstract

The Climatology of Limón International Airport, located in the Southern Caribbean region of Costa Rica, is presented through an analysis of meteorological variables: wind (velocity and gust), temperature, dew temperature, pressure, visibility (horizontal and vertical) and present weather (hydrometeors). The data used for the study was obtained from Meteorological Aerodrome Reports (METAR) issued every hour, from 06:00 a.m. to 18:00 p.m., in the period from 2005 to 2023 and which, at the same time, is made up of data from meteorological automatic stations on the surface, located at the airport and observations made by the aeronautical meteorological observers staff of the corresponding Aeronautical Meteorology Office (OMA). The information obtained and analyzed in this work is of a great importance for making operational and security decisions by airport authorities and users in general.

**KEY WORDS:** AERONAUTICAL CLIMATOLOGY, AIRPORT, AERODROME, METAR, MRLM, LIO, CARIBBEAN SLOP.

---

<sup>1</sup> Observadora Aeronáutica. Departamento de Meteorología Sinóptica y Aeronáutica. Instituto Meteorológico Nacional. Autora Principal. Email: [pcampos@imn.ac.cr](mailto:pcampos@imn.ac.cr)

<sup>2</sup> Pronosticadores Aeronáuticos. Departamento de Meteorología Sinóptica y Aeronáutica. Instituto Meteorológico Nacional. Colaboradores. Email: [fgonzales@imn.ac.cr](mailto:fgonzales@imn.ac.cr) / [dgarro@imn.ac.cr](mailto:dgarro@imn.ac.cr)

<sup>3</sup> Pronosticadoras Aeronáuticas. Departamento de Meteorología Sinóptica y Aeronáutica. Instituto Meteorológico Nacional. Revisión. Email: [amora@imn.ac.cr](mailto:amora@imn.ac.cr) / [rsalazar@imn.ac.cr](mailto:rsalazar@imn.ac.cr)

# 1. INTRODUCCIÓN

El Aeropuerto Internacional de Limón (AIL) fue inaugurado en 1954, con una pista de 1200 m de largo. Actualmente la pista mide 1800 m de largo y 30 m de ancho. Se encuentra centrada sobre los 09°57'N de latitud y los -83°01'W de longitud, en la provincia de Limón, Costa Rica, frente a la costa del Mar Caribe (figura 1) y a una elevación 2 m sobre el nivel del mar (DGAC, 28 de diciembre, 2023). El horario de operación del aeropuerto abarca desde las 12:00 hasta las 23:59 UTC (Dirección General de Aviación Civil [DGAC], 2012).

El AIL es el aeropuerto internacional con menos operaciones en CR. Durante el año 2022 se realizaron un total de 3282 operaciones en este aeropuerto, la mayoría del tipo de servicio “Regular y no regular nacional”, mientras que en los otros aeropuertos se realizaron: 86762 en el Aeropuerto Internacional Juan Santa María (AIJSM), 21405 en el Aeropuerto Internacional Daniel Oduber Quirós (AIDOQ) y 50629 en el Aeropuerto Internacional Tobías Bolaños (AITBP) (DGAC, 2022).

En la tabla 1 se muestran los códigos internacionales del AIL, definidos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA), con la finalidad de estandarizar la nomenclatura de los aeropuertos internacionales alrededor del mundo. Los códigos OACI se emplean en actividades de control de tránsito aéreo y los

de IATA para actividades comerciales (EAS Barcelona, 21 de abril, 2023).

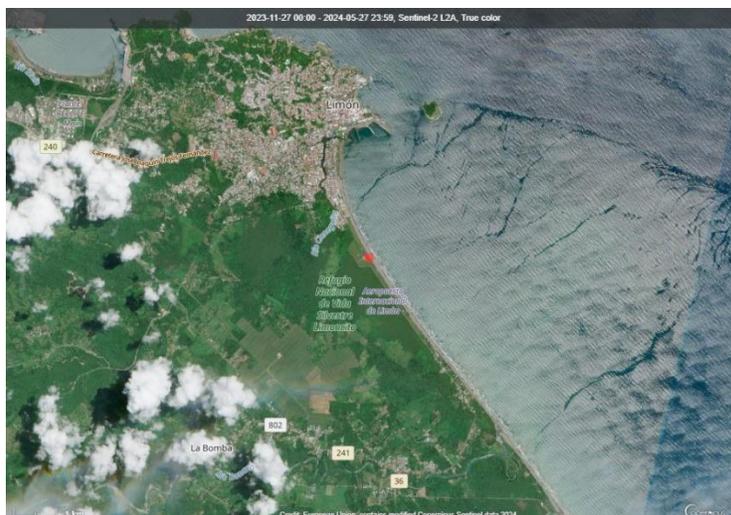
**Tabla 1.** Códigos de identificación internacional para el AIL.

Organización	Código del Aeropuerto
OACI	MROC
IATA	LIO

Los reglamentos de tránsito aéreo especifican lo siguiente (DGAC, 28 de diciembre, 2023):

- Se permite únicamente el tránsito tipo VFR (Visual).
- Los vuelos internacionales requieren permiso previo.
- Para la operación nocturna, se debe solicitar a la administración.
- Los mínimos meteorológicos para helicópteros son:
  - Visibilidad: 800 m.
  - Techo de nubes: 500 ft

El Instituto meteorológico Nacional (IMN) es la autoridad meteorológica asociada, encargada de brindar el servicio de meteorología en la OMA del AIL. Este servicio se encarga de realizar el envío de información meteorológica de importancia para las operaciones aeroportuarias por medio de: (i) Informes Meteorológicos de Aeródromo (*Meteorological Aerodrome Report*, METAR), Informes Meteorológicos de Aeródromo Especiales (SPECI) y los Pronósticos de Aeródromo (*Terminal Aerodrome Forecast*, TAF) (OACI, 2018).



**Figura 1.** Ubicación geográfica del AIL. Copernicus, 2024.

## 1.1. Clima en la Región Caribe

La región sur de la Vertiente del Caribe de Costa Rica se caracteriza por tener un clima húmedo y sin una estación lluviosa definida (Pérez-Briceño et al., 2013; IMN, 2008). En esta región son frecuentes los vientos del oeste por las noches y las mañanas, debido a la brisa con dirección de la tierra hacia el mar. Esta circulación ocurre debido a que la alta capacidad calorífica del agua genera que el mar presente mayor temperatura en la noche con respecto a la tierra (IMN, 2008).

Durante el día, los vientos del este-noreste son habituales debido al flujo paralelo a la superficie terrestre en dirección de mar a tierra, dado que la tierra presenta temperaturas más altas que el mar durante el día (Muñoz et al., 2002). Además, la presencia de un rotor ocasiona la influencia de vientos del oeste durante el día en algunas regiones costeras del Caribe Sur (IMN, 2008).

El patrón de precipitación interanual sobre la región del Caribe costarricense está modulado en gran medida por el comportamiento del viento alisio, ya que estos vientos, caracterizados por una dirección este-noreste, actúan como un mecanismo de advección de humedad hacia

la región (Amador, 2008; Amador, 2016; Amador et al., 2018; Durán-Quesada et al., 2017). Julio muestra un máximo de acumulado de precipitación, debido principalmente al fortalecimiento del Jet de Bajo Nivel del Caribe (*Caribbean Low Level Jet: CLLJ*) (Amador, 2008; Amador et al., 2018; Wang et al., 2007; Maldonado, 2013; Durán-Quesada, 2012). A este le siguen los meses del periodo invernal con un segundo máximo en las precipitaciones, lo cual se debe principalmente a la llegada de empujes fríos y las líneas de cortante a la región. Estos eventos de escala sinóptica vienen acompañados de un aumento en la intensidad del viento alisio y un arrastre de humedad hacia Costa Rica, con un impacto más notable sobre las regiones del Caribe y Zona Norte del país (Chinchilla et al., 2016; Chinchilla et al., 2017).

En setiembre y octubre se percibe un mínimo de precipitación que, según Alfaro et al. (2014), es producto del respectivo debilitamiento de los vientos alisios y un aumento de la incursión de los llamados *vientos ecuatoriales* hacia la región, derivado, a la vez, del aumento de la temperatura superficial de mar (TSM) sobre el Océano Atlántico y Mar Caribe; y a la ocurrencia de ciclones tropicales cerca de las

costas del Caribe de Centroamérica (Alfaro-Martínez et al., 2024).

Por otra parte, es importante mencionar que las condiciones promedio de una región pueden verse alteradas por los denominados modos de variabilidad climática, los cuales abarcan escalas espaciales que van desde regionales hasta continentales y escalas temporales que van desde días hasta décadas (Poleo, 2016). Sobre la Vertiente del Caribe, las oscilaciones que presentan una mayor modulación sobre los patrones normales del clima son: la Oscilación de Madden-Julian (MJO), que acorde a Poleo-Brito (2014), afecta esta región en mayor medida durante las fases 4, 5 y 6 y El Niño Oscilación del Sur (ENOS), que genera un aumento del viento alisio durante la fase positiva y una disminución de este durante la fase negativa (Mora y Amador-Astúa, 2000).

## 2. METODOLOGÍA

El periodo de datos utilizado para el análisis va desde el 2005 al 2023. Esto de acuerdo con lo que se especifica en el Anexo 3: Servicio Meteorológico para la Navegación Aérea Internacional (OACI, 2018) y el RAC 03 Reglamento de Servicio meteorológico para la navegación aérea (2020), donde se indica que las climatologías aeronáuticas se realizan basadas en periodos de 5 años o más. Además, los mismos se obtuvieron a través de la información contenida en los reportes METAR, emitidos cada hora, a lo largo del periodo de operación del aeropuerto, que va de las 6:00 a las 18:00 hora local (12:00 UTC - 00:00 UTC). Los datos contenidos en el METAR se derivan de dos fuentes distintas: las EMA y observaciones en superficie realizadas por el personal de observación meteorológica que labora en la OMA respectiva. Las variables utilizadas en el análisis son: viento, visibilidad, fenómenos de tiempo presente, nubosidad (visibilidad vertical), temperatura, temperatura del punto de rocío y presión.

En cuanto al procesamiento de los datos, al principio estos se sometieron a un proceso de calidad, con la finalidad de eliminar las anomalías y los datos no representativos, consistió en comparar los datos obtenidos con lo observado en los reportes METAR respectivos, para determinar si estos tenían valores acordes a las condiciones meteorológicas del tiempo que se experimentaban para ese momento (Garro-Molina, 2023). Luego, se calcularon los promedios horarios, diarios y mensuales de cada variable y con las diferentes series obtenidas, se confeccionaron gráficos para el análisis estadístico de la información.

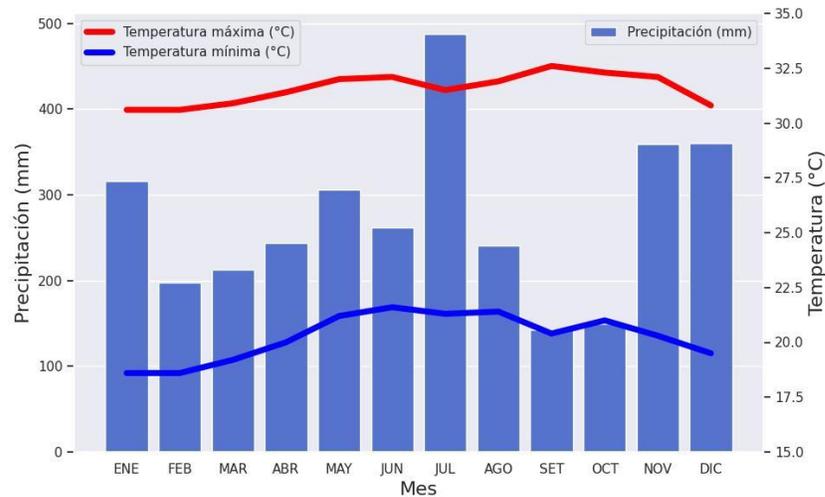
## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 2 se muestra la climatología mensual del acumulado de precipitación, acompañado del comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas promedio, por mes; y en la tabla 2, se pueden observar datos de los promedios mensuales de las temperaturas máximas y mínimas, temperaturas extremas, precipitación total y máximo de días con precipitación. En esta se muestra un comportamiento consistente con lo mencionado en la sección 1.2, ya que, en el mes de julio se observa un máximo de cantidad de días de precipitación (tabla 2). Sumado a esto, en este mes ocurre una disminución de la temperatura máxima promedio, en comparación con los meses de junio y agosto, lo cual no es tan acentuado para el caso de la temperatura mínima. El comportamiento opuesto se observa en los meses de setiembre y octubre, con excepción de la temperatura mínima, puesto que para octubre este valor es mayor que para setiembre.

Otro aspecto importante que se distingue en la figura 2 y la tabla 2, es el hecho de que en los meses de diciembre, enero y febrero también se recibe un gran porcentaje de la precipitación total anual, producto de que

durante este trimestre se presenta el invierno en el hemisferio norte (invierno boreal), lo cual se asocia a una mayor influencia de empujes y frentes fríos que ocasionan un

incremento en la intensidad media del viento alisio y en el contenido de humedad en la atmósfera sobre la región del Caribe (Chinchilla et al., 2016; Alfaro et al., 2014).



**Figura 2.** Climograma del MRLM. Periodo: 2005-2023.

**Tabla 2.** Resumen de valores extremos y medios de las variables meteorológicas, MRLM. Periodo: 2005-2023.

	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
<b>Enero</b>	31.2	15.4	30.6	18.6	315.5	21
<b>Febrero</b>	31.8	17.5	30.6	18.6	197.3	18
<b>Marzo</b>	32.9	18.2	30.9	19.2	212.9	20
<b>Abril</b>	32.7	18.1	31.4	20.0	243.8	19
<b>Mayo</b>	33.1	19.9	32.0	21.2	306.1	21
<b>Junio</b>	33.2	20.8	32.1	21.6	261.6	21
<b>Julio</b>	32.4	19.6	31.5	21.3	487.2	25
<b>Agosto</b>	32.6	20.4	31.9	21.4	241.0	19
<b>Setiembre</b>	35.9	11.2	32.6	20.4	142.5	15
<b>Octubre</b>	33.2	19.9	32.3	21.0	149.8	18
<b>Noviembre</b>	33.9	18.5	32.1	20.2	358.9	22
<b>Diciembre</b>	32.1	14.3	30.8	19.5	359.7	24

### 3.1. Viento

El viento es una variable meteorológica definida como el movimiento del aire en relación con la superficie terrestre (AEMET, 2023). Esta variable se caracteriza por ser

una magnitud vectorial, por lo que posee dos propiedades: velocidad y dirección.

#### 3.1.1. Dirección del viento

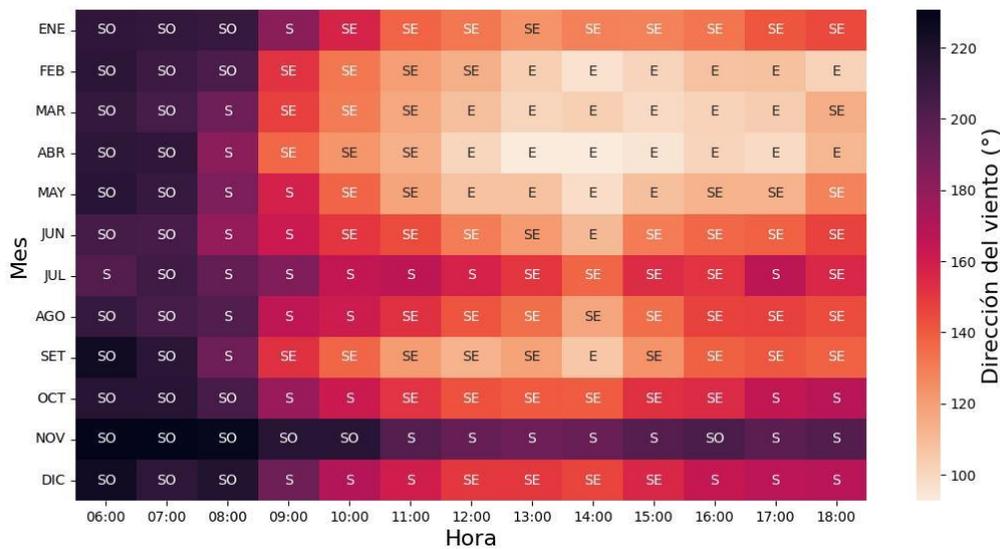
Se define como el punto desde donde proviene el viento, tomando como referencia los cuatro puntos cardinales terrestres de la rosa de los vientos. Con mayor detalle se puede definir como se muestra en la tabla 3 (IMN, 2020).

En la figura 3, se muestra la climatología horaria de la dirección del viento promedio para cada mes del año, cada hora. En esta se puede observar que para el periodo entre las 6:00 y las 8:00 hora local, predomina el viento del SO, el cual está relacionado a la brisa tierra-mar, que suele ocurrir en regiones costeras en horas de la noche y primeras horas del día (IMN, 2008). Después de las 9:00 horas el viento pasa a ser del S y SE en la mayoría de los meses, a excepción del mes de noviembre, en donde predomina el viento del SO hasta las 10:00 horas y luego este pasa ser del S a partir de las 11:00 horas.

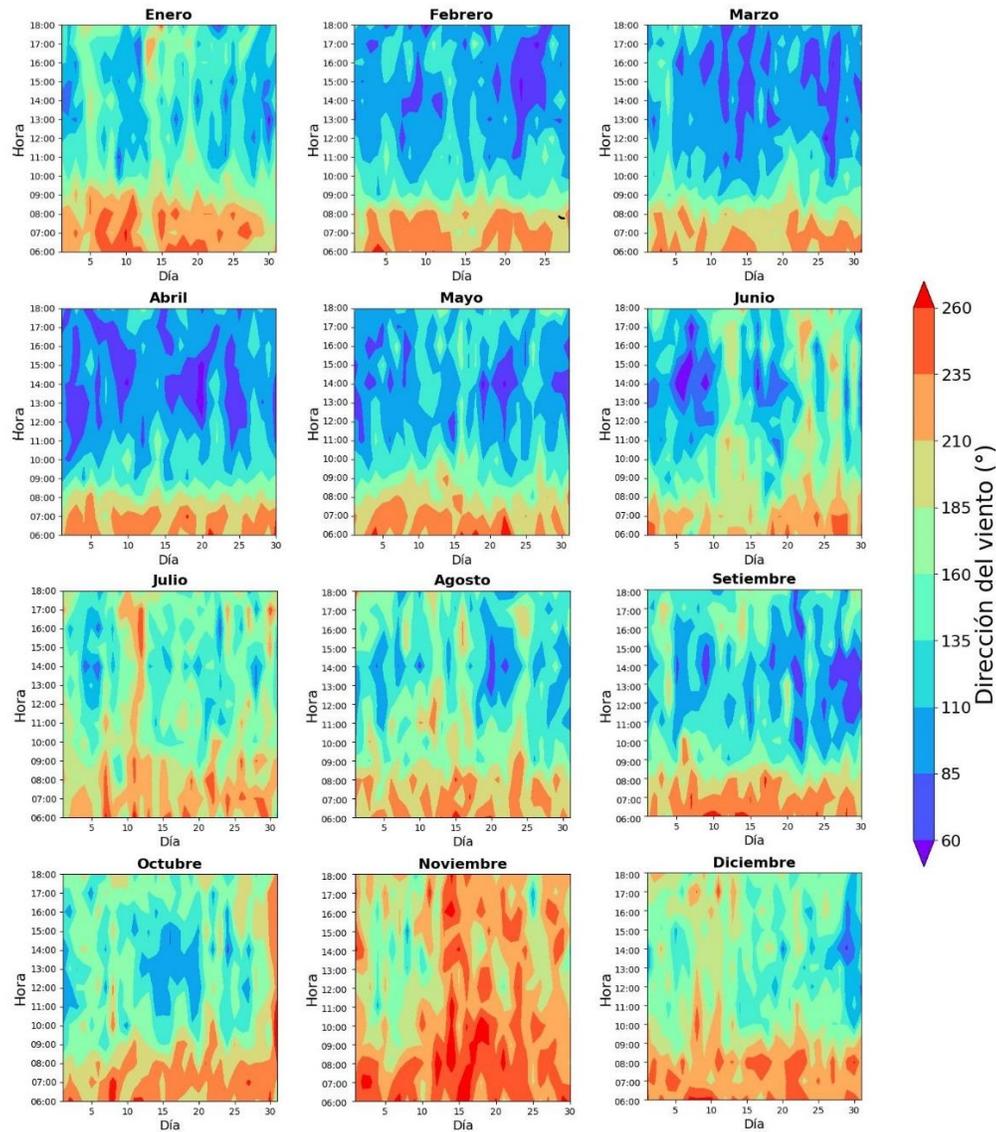
**Tabla 3.** Intervalo de clasificación de la dirección del viento en grados:

Dirección	Grados:
Norte (N)	[337.5°, 22.5°]
Noreste (NE)	[22.5°, 67.5°]
Este (E)	[67.5°, 112.5°]
Sur Este (SE)	[112.5°, 157.5°]
Sur (S)	[157.5°, 202.5°]
Sur Oeste (SO)	[202.5°, 247.5°]
Oeste (O)	[247.5°, 292.5°]
Noroeste (NO)	[292.5°, 337.5°]

En la figura 4 se muestra el promedio horario de la dirección del viento, por día y para cada mes del año. Esto permite una visión más detallada de la información, que concuerda con lo que se mencionó respecto a la figura 3, pero además hace posible notar que a partir del mes de junio hay un mayor número promedio de días en donde el viento se mantiene del S y SE durante todo el periodo, a excepción del mes de setiembre, donde el patrón diario se asemeja más al observado para los meses que van de febrero a mayo, con vientos del este después de medio día, para la mayor cantidad de días.



**Figura 3.** Mapa de calor mensual durante las horas de operación del aeropuerto (eje horizontal) para la dirección del viento en MRLM, 2005-2023.



**Figura 4.** Distribución media diaria de la variación de la dirección del viento horaria en el MRLM. Periodo: 2005-2023.

### 3.1.2. Velocidad

El viento se puede clasificar según su velocidad, tal y como se muestra en la tabla 4 (IMN, 2020). La unidad de medida comúnmente utilizada en la aeronáutica para esta variable es el nudo (Kt), que equivale a 1.852 Km/h (OMM, 2018).

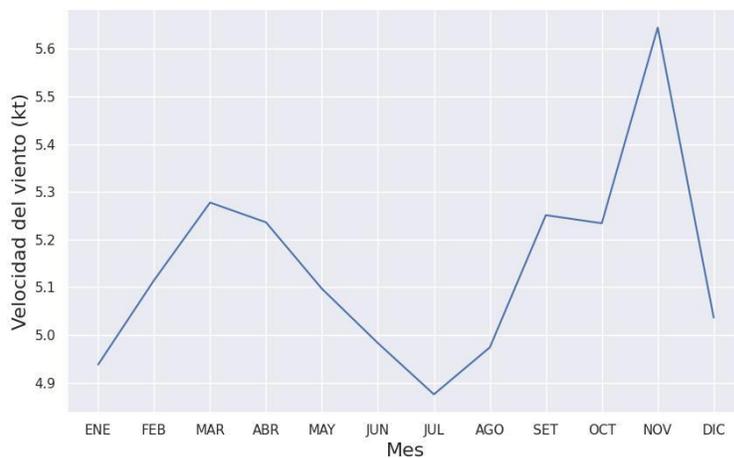
**Tabla 4.** Clasificación del viento según su magnitud.

Kt	km/h	Nombre
0	<2	Calmo
[1-10]	[2-19]	Débil
[11-21]	[20-39]	Moderado
[22-33]	[40-61]	Fuerte
[34-47]	[62-87]	Muy fuerte
[48-63]	[88-117]	Intenso
≥64	≥118	Muy intenso

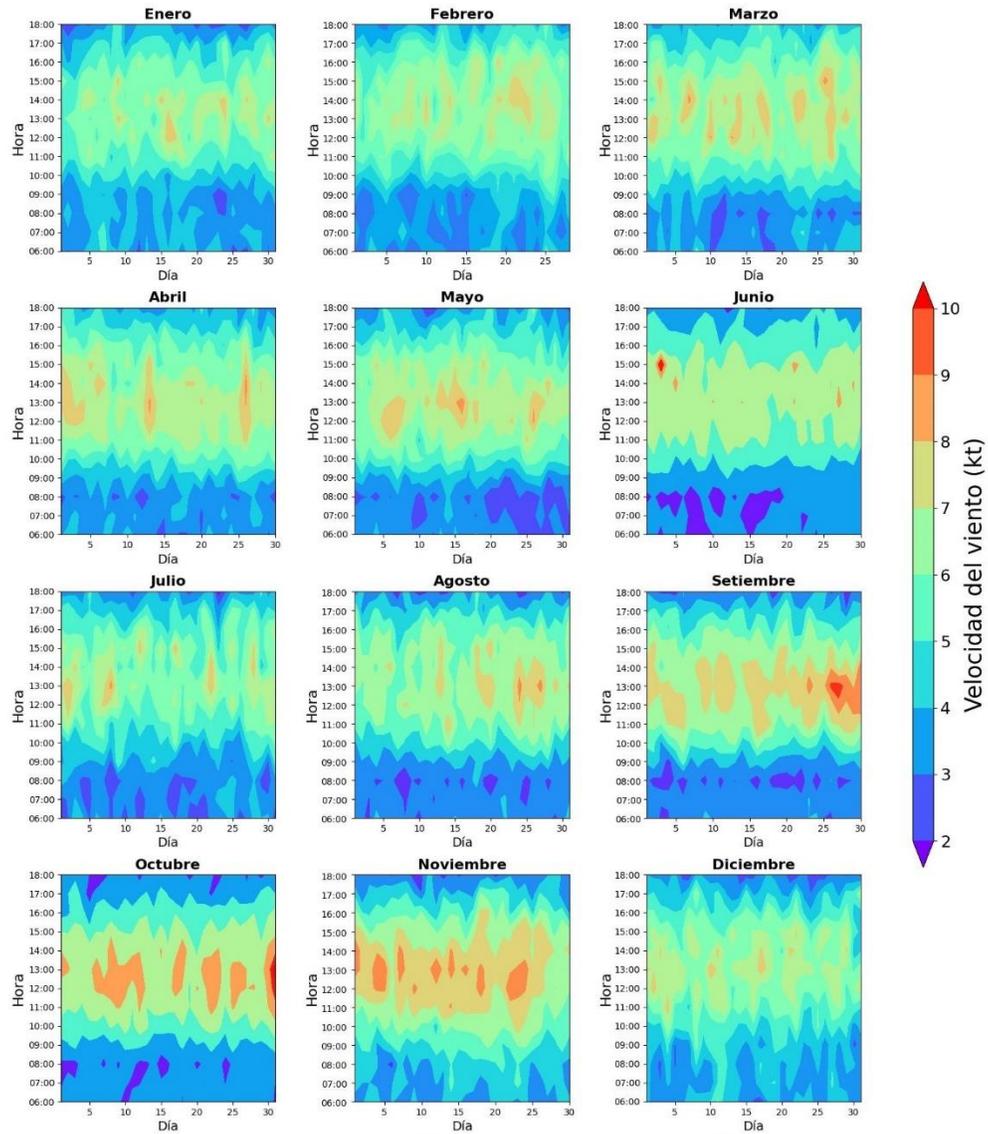
Según lo que se observa en la figura 5, la velocidad del viento varía de manera que se presentan dos máximos relativos, uno en marzo y otro en noviembre; y dos mínimos relativos, uno en enero y el otro en julio. Noviembre es el mes donde la velocidad es mayor, con valores promedio que sobrepasan los 6 Kt y julio es el mes donde es menor, por debajo de los 4 Kt.

En la figura 6 se exhibe la distribución media de la velocidad del viento promedio a lo largo de los días para cada mes. En esta se

observa que la velocidad del viento en las primeras horas de la mañana es baja (menor a los 4 Kt) y que esta va incrementando a medida que avanza el periodo del día, con un máximo entre las 11:00 y las 14:00 horas, para todos los meses en general. Sumado a esto, se puede notar que, a lo largo del año, la velocidad máxima en este periodo (11:00-14:00 horas) se intensifica entre finales del mes de setiembre hasta finales del mes de noviembre, en comparación con el resto de los meses.



**Figura 5.** Variación mensual de la velocidad del viento en el MRLM. Periodo: 2005-2023.

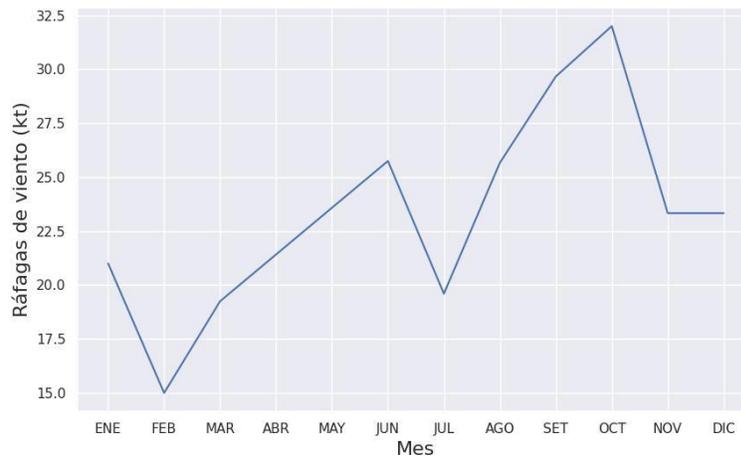


**Figura 6.** Distribución media de la velocidad del viento horaria en el MRLM. Periodo: 2005-2023.

### 3.1.3. Ráfagas

Una ráfaga de viento en el área de la aeronáutica se identifica cuando la velocidad del viento sobrepasa a la velocidad del viento promedio de los últimos 10 minutos, en 10 Kt o más (OACI, 2018). En el caso del AIL, el

mes donde se presenta una mayor cantidad de ráfagas es octubre, con valores que sobrepasan los 30 Kt (figura 7). El segundo máximo relativo se da en junio, con ráfagas cercanas a los 25 Kt. El mes donde ocurren las ráfagas de menos intensidad es febrero, seguido del mes de julio.



**Figura 7.** Variación media mensual de las ráfagas de viento a lo largo del año en el MRLM. Periodo: 2005-2023.

### 3.2. Temperatura

Esta variable se puede definir de varias formas. En primer lugar, la temperatura se define como la medida de la cantidad de movimiento de las moléculas de un cuerpo (también denominada energía cinética) (WMO, 1992; OMM, 2018). Sin embargo, también se puede entender la temperatura como la magnitud que determina hacia donde se da el flujo de calor de un cuerpo a otro, cuando estos están en contacto, ya que el calor fluye desde los cuerpos con mayor temperatura hacia los de menor temperatura (Comisión Nacional del Agua, 2010).

El instrumento utilizado para medirla es el termómetro, mismo que se basa en el cambio en el estado de alguna propiedad específica de los cuerpos al variar la temperatura (OMM, 2018). Las unidades de medida utilizadas para expresarla en la meteorología son el Grado Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) y el Kelvin (K) y el factor de conversión entre estos se muestra en la ecuación 1 (OMM, 2018).

$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273.15 \quad (1)$$

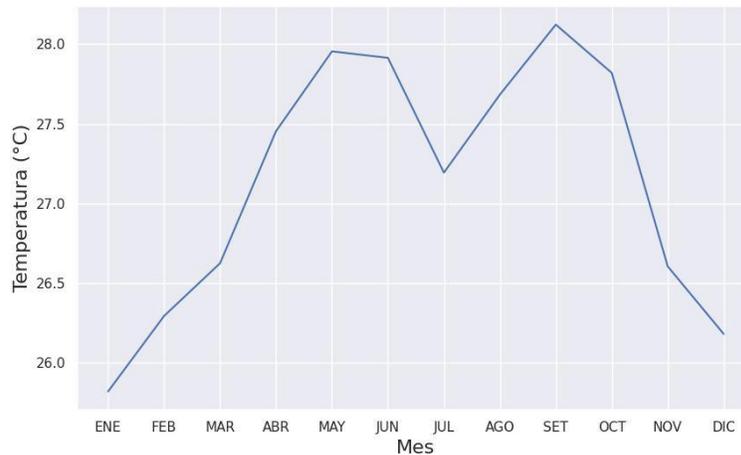
La caracterización del comportamiento de la temperatura se realizó analizando diferentes

escalas de tiempo, como se visualiza en la figura 8, donde muestra la variación media mensual a lo largo del año. En esta se puede notar que los meses en donde la temperatura media es mayor, son mayo y setiembre, y el mes en donde es menor es enero, seguido de un segundo mínimo relativo en el mes de julio.

Se observa que el comportamiento climatológico de esta variable en la región obedece al comportamiento climatológico del viento y de algunos elementos a escala sinóptica que afectan la región. Tal y como se describió en la sección anterior, los meses en donde el viento en esta región es en promedio menor a lo largo del año, son mayo y setiembre, los cuales coinciden con los máximos de temperatura ya descritos. El caso contrario sucede en el mes de julio, debido a que es uno de los meses en donde se da una aceleración del CLLJ (Amador, 2018, Amador et al. 2008) y un aumento de la cobertura nubosa. Luego, el mínimo relativo en el mes de diciembre es producto de la llegada de los empujes y los frentes fríos a la región, al ser una época en donde climatológicamente se observa el desplazamiento de estos sistemas hacia latitudes más bajas. Es importante

mencionar que estos sistemas están acompañados del desplazamiento de grados

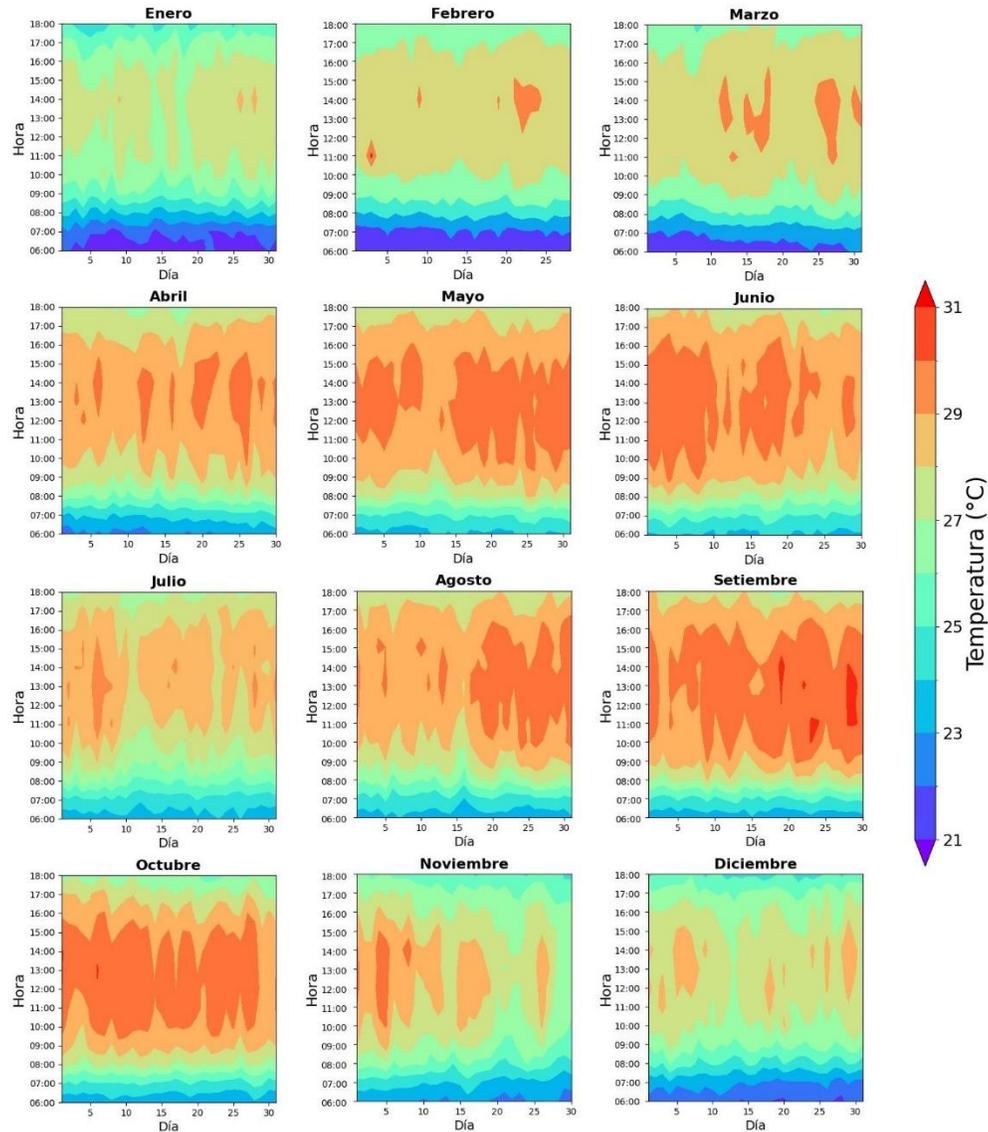
masas de aire frío y seco (Chichilla et al., 2016, Chinchilla et al., 2017).



**Figura 8.** Variación de la temperatura media mensual para el MRLM. Periodo: 2005-2023.

Por otro lado, la temperatura de un lugar determinado también varía en función del ciclo diurno, que se define como “la respuesta, en el periodo solar de 24 horas, a los procesos físicos de interacción atmosfera-océano-tierra” (Amador et al., 2013) y depende de los cambios en la nubosidad a lo largo del día, de la ubicación geográfica de la región, la inclinación de la superficie, la humedad relativa y los intercambios de energía superficie-atmósfera (Suárez, 2020; Yang y Slingo, 2001). En la figura 9 se muestra la distribución media diaria de la temperatura promedio, por hora del día, para cada mes. Se puede notar que el máximo de

temperatura durante el día se da alrededor de las 13:00 y las 14:00 horas y el mínimo suele ocurrir cercano a las 6:00 horas. Esto también cambia durante los diferentes meses y épocas del año, puesto que, se puede observar que las temperaturas mínimas para los meses de enero, febrero y marzo son menores, con valores por debajo o aproximados a los 22°C, comparadas con las de los meses siguientes y las temperaturas máximas, son mayores para los meses que van de abril a octubre, con una disminución relativa en el mes de junio. Así mismo, a finales del mes de setiembre se presentan temperaturas máximas medias que sobrepasan los 29°C.



**Figura 9.** Distribución de la temperatura media horaria a lo largo del día, por mes en el MRLM. Periodo: 2005-2023.

### 3.3. Temperatura de Rocío

Se define como la temperatura a la cual, en una parcela de aire, el vapor de agua contenido pasa a estado a líquido o sólido, producto de la saturación del aire a presión constante. (Matines y Lira, 2008; Jiménez et al, 2004).

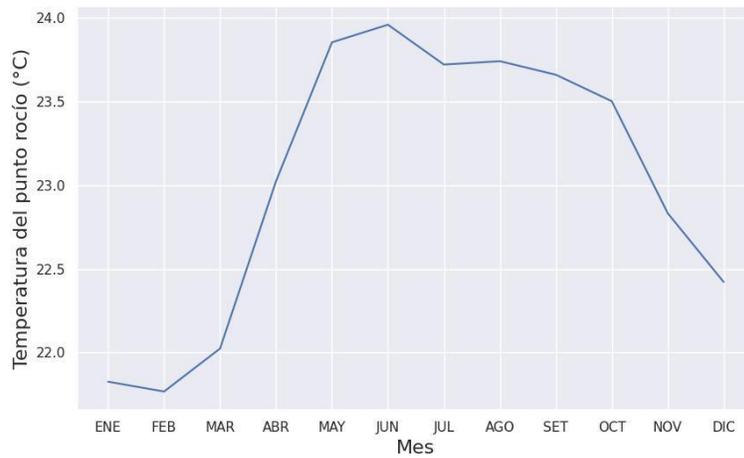
La variación climatológica mensual de la temperatura de rocío en el AIL a lo largo del año (figura 10), es tal que, describe un

comportamiento unimodal, en donde en los meses de mayo y junio alcanza valores medios máximos entre los 23°C y 24°C, y luego desciende progresivamente hasta alcanzar valores mínimos, por debajo de los 22°C en los meses de enero y febrero.

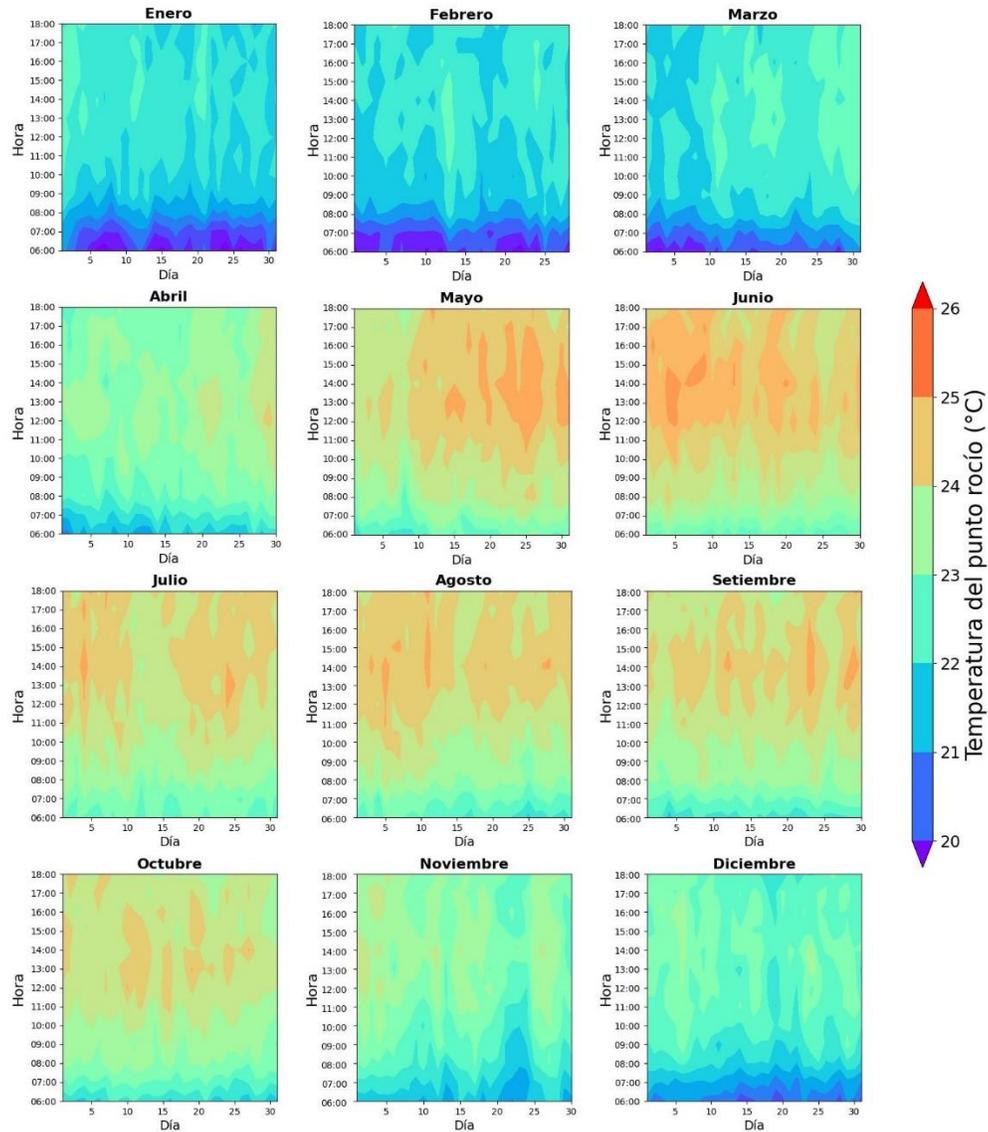
En cuando a la variación media horaria a lo largo del día (figura 11), la temperatura de rocío es mínima durante las primeras horas de la mañana, alrededor de las 6:00 horas y se incrementa poco a poco hasta alcanzar

valores máximos por las tardes. A lo largo del año, estos valores máximos en el periodo vespertino tienden a ser mayores a partir de mediados de mayo y hasta principios de noviembre. Así mismo, se puede observar que, durante los meses de enero, febrero y marzo, los valores de temperatura de rocío a

partir de las 11:00 horas del día, no sobrepasan los 22°C, mientras que en los meses que van de mayo a octubre, alcanzan valores entre los 24°C y los 25°C.



**Figura 10.** Variación de la temperatura de rocío media mensual a lo largo del año.



**Figura 11.** Distribución media diaria de la temperatura del punto de rocío horaria en MRLM. Periodo: 2005-2023.

### 3.4. Presión

La presión atmosférica es la fuerza por unidad de superficie, que ejerce la masa total de la atmósfera, a lo largo de en la vertical, sobre un punto específico. La unidad de medida es el Pascal (Pa) y en la meteorología se utiliza con mayor frecuencia el Hectopascal (hPa), en donde 1 hPa es igual a 100 Pa. El instrumento utilizado para la medición de la presión es el barómetro (OMM, 2018).

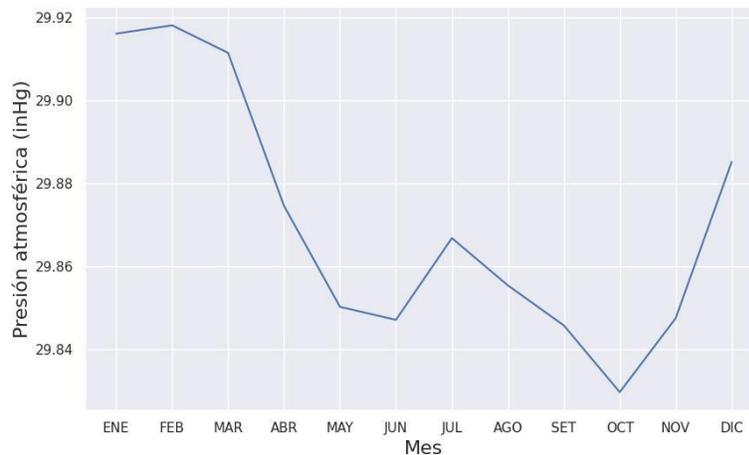
Dado que la atmósfera está compuesta de diferentes tipos de gases y, a la vez, estos gases se componen de partículas y moléculas, la presión medida o experimentada en un punto es la suma de la fuerza ejercida por cada una de estas partículas sobre este mismo. Conforme se aumenta la elevación con respecto a la superficie de la tierra, menor es la presión atmosférica que se experimenta o se mide, a raíz de que el número de partículas y moléculas también es menor conforme se

aumenta la elevación (NOAA, diciembre 18, 2023). Las variaciones de la presión a lo largo del año se deben principalmente a los cambios en la densidad y la temperatura del aire promedio a escalas mensuales e interanuales.

En el presente análisis se muestran los resultados de esta variable en términos del QNH, el cual se define como la presión a nivel del mar, ajustada a las condiciones locales en el aeropuerto (Airspace & Safety Initiative, 2020). Para los pilotos y los miembros de control del tránsito aéreo, este

dato indica la altitud a la que se encuentran las aeronaves con respecto al nivel medio del mar y también la utilizan como referencia de la posición de estas con respecto al aeródromo (OACI, 2007).

Se puede observar en la figura 12, que a lo largo del año el QNH muestra dos máximos relativos, el primero, con el valor más elevado, en el mes de febrero y el segundo en julio. Así mismo, se observan dos mínimos relativos, el primero en junio y el segundo en octubre.



**Figura 12.** Variación mensual de la presión (QNH) media para MRLM. Periodo: 2005-2023.

La diferencia tan marcada entre los dos máximos observados se debe principalmente a las diferencias estacionales que caracterizan estos meses. Ambos son meses en donde se observa una aceleración del viento alisio promedio, producto de la aceleración del CLLJ. Pero, además, el mes de febrero forma parte de la época de invierno, lo que causa que la presión media para el mes de julio sea menor. De la misma manera, la diferencia observada entre los valores de los mínimos relativos mencionados en los meses de junio y octubre, se deben a la temperatura media. En la sección 3.2, donde se caracterizó el comportamiento climatológico de la temperatura, se observó que los dos

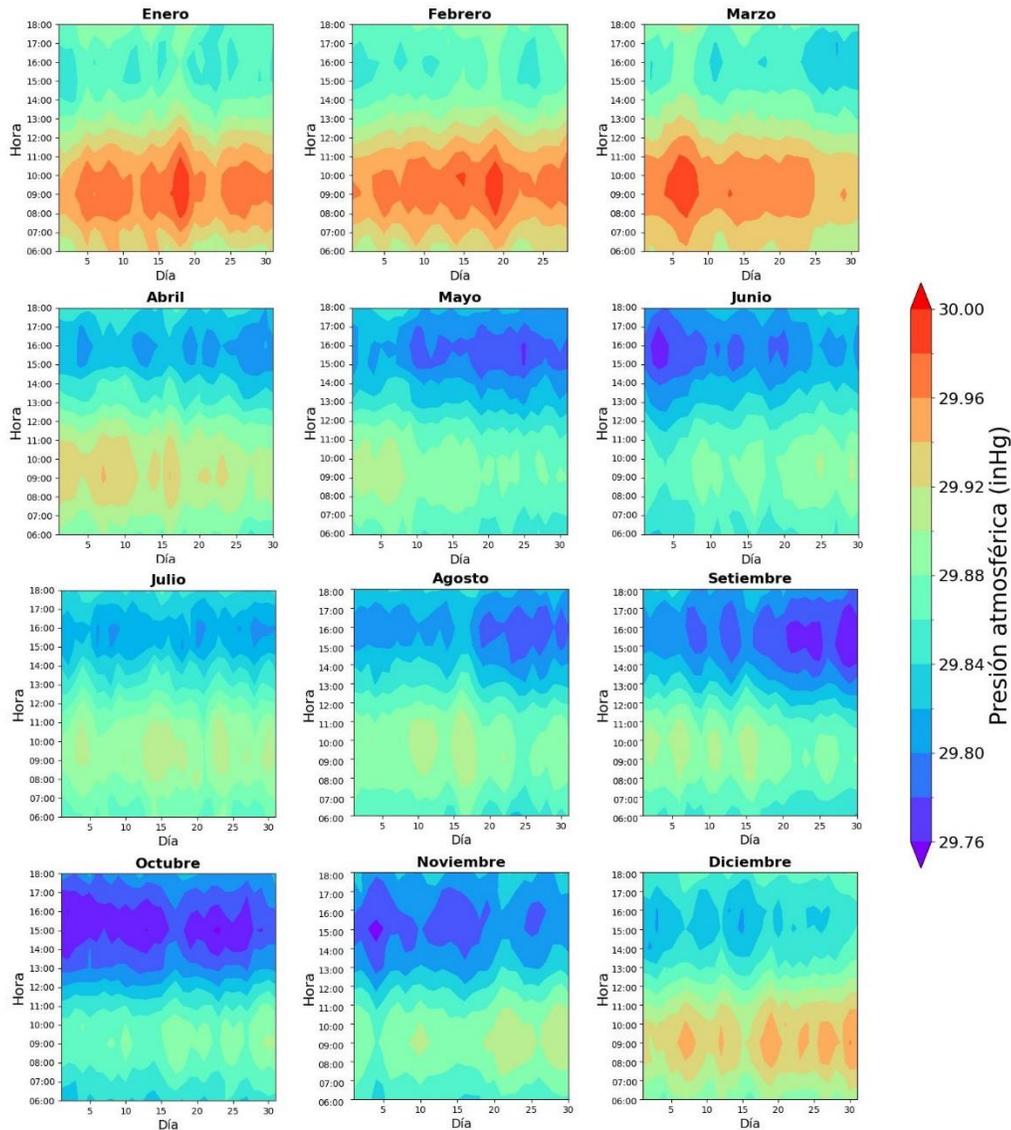
máximos relativos a lo largo del año se dan en mayo y en setiembre.

Por otra parte, la presión atmosférica también varía a lo largo del día y describe un patrón específico, con dos máximos y dos mínimos relativos a lo largo de las 24 horas. De acuerdo con diversos estudios llevados a cabo hasta la fecha, puede dividirse, en términos generales, en dos semi-ciclos de 12 horas cada uno (Dai, 2023; Dai y Trenberth, 2004), que corresponden al día y la noche, con un máximo y un mínimo en cada uno de estos periodos.

En la figura 13, se exhibe la variación diurna de la presión durante un periodo de 12 horas que abarca desde las 06:00 horas hasta las

18:00 horas del día. Es evidente que se produce un máximo absoluto de presión durante las mañanas, alrededor de las 10:00 horas, los cuales son mayores para los meses de enero, febrero y marzo, en comparación con los demás meses del año. Posteriormente, se observa que en general

los valores para la tarde son menores, con un mínimo alrededor de las 16:00 horas. Octubre destaca como el mes en donde se observan los valores más bajos de presión en horas de la tarde.



**Figura 13.** Distribución media diaria de la presión (QNH) horaria en MRLM. Periodo: 2005-2023.

### 3.5. Visibilidad

En meteorología aeronáutica, la visibilidad se define como “la distancia máxima a la que

pueda verse y reconocerse un objeto de color negro de dimensiones convenientes, situado cerca del suelo, al ser observado ante un fondo brillante” (OACI, 2016).

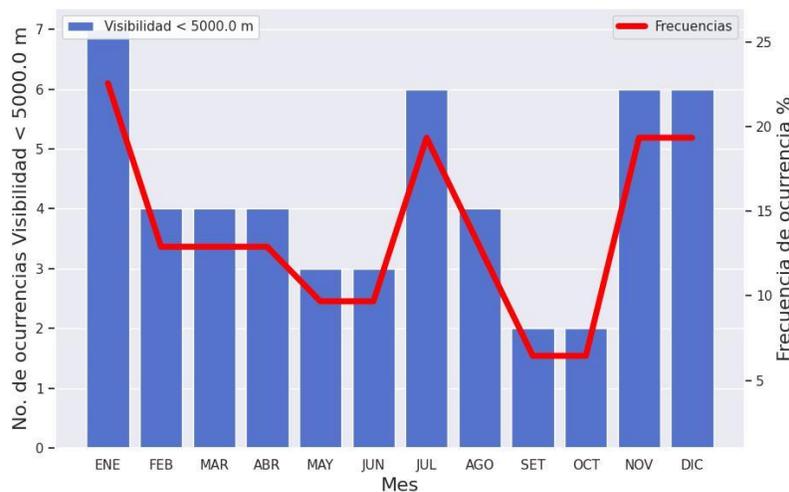
### 3.5.1. Visibilidad Horizontal

La visibilidad horizontal es la distancia que determina un observador, sin la ayuda de instrumentos, a la que se encuentra un objeto en el plano horizontal. Este dato se debe de codificar en los METAR y SPECI en unidades de metros o kilómetros (OACI, 2018).

En el AIL, los meses en donde hay una mayor cantidad de días con ocurrencia de visibilidad horizontal menor a 5000 m en promedio, son noviembre, diciembre, enero y julio; con una cantidad mayor a 5 días para cada uno (figura 14). Por el contrario, los meses en donde hay menor cantidad de días de ocurrencia de estas condiciones son setiembre y octubre.

Algo importante de mencionar, es que en julio se da un aumento en la advección de

humedad hacia la región, producto de la aceleración de los vientos del CLLJ (Amador et al., 2008). Este arrastre de humedad produce un incremento en la ocurrencia de fenómenos que reducen la visibilidad, como por ejemplo las lluvias (figura 2). Así mismo, en los meses de enero y febrero sucede algo similar al mes de julio, pero además de esto, se suman los empujes y frentes fríos, los cuales se relacionan al invierno boreal (Chinchilla et al., 2016; Chinchilla et al., 2017). A pesar de que en noviembre no se presentan alisios intensos en la zona que favorece este arrastre de humedad, es uno de los meses más lluviosos del año conforme a la información observada en el climograma (figura 2).



**Figura 14.** Valores mensuales medios de días con al menos un reporte de visibilidad horizontal menor a 5000 metros y sus frecuencias de ocurrencia en MRLM, Periodo: 2005-2023.

### 3.5.2. Visibilidad Vertical

“La visibilidad vertical se define como el alcance visual vertical dentro de un medio oscureciente” (Servicio Meteorológico Nacional [SMN], 2010). En otras palabras, este dato se utiliza e indica en los METAR, si el cielo está oscurecido y se dispone de una medición con instrumentación (OACI, 2018). En el caso de que no se cuente con este y

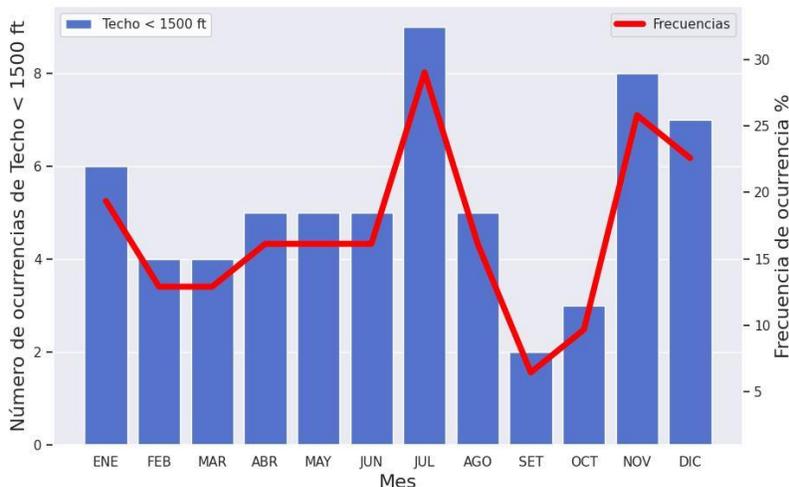
las observaciones se lleven a cabo por observadores meteorológicos, el dato de visibilidad se reemplaza por el de la base de las nubes (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2011). Por lo tanto, los datos mostrados en esta sección se basaron en la altura y cobertura nubosa de importancia para las operaciones, según lo indicado en

OACI (2018) y el RAC 03 Reglamento de Servicio meteorológico para la navegación aérea (2020).

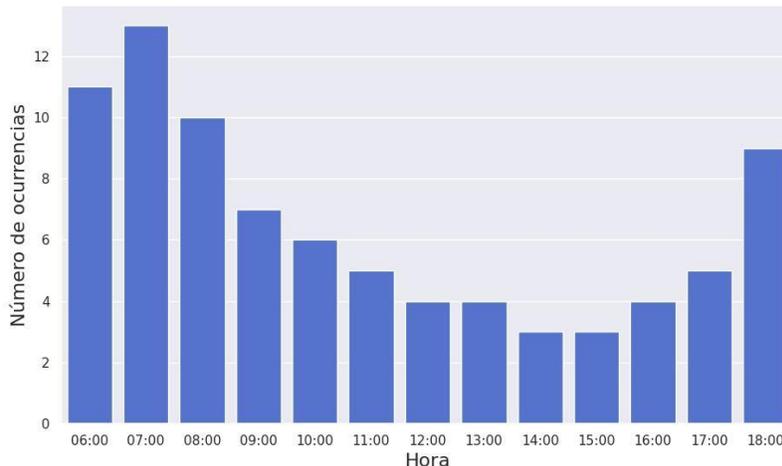
Según lo que se observa en la figura 15, los meses en donde se reportan una mayor cantidad de días con al menos un techo de nubes con la base a una altura menor a los 1500 ft son noviembre, diciembre, enero y julio, con un máximo en este último, cercano a los 9 días y una frecuencia de ocurrencia del 30%. Además, el mes con menos cantidad de días de ocurrencia de estas condiciones es setiembre, seguido de octubre. Es importante notar que los resultados son muy similares a lo observado con la visibilidad horizontal y esto se debe a

que la reducción de la visibilidad horizontal sucede en condiciones ambientales similares a los eventos de tiempo presente acompañados de altos valores de humedad relativa y la formación de cobertura nubosa con base por debajo de los 1500 ft.

La hora en la que se reporta una mayor ocurrencia de techo a menos de 1500 ft (figura 16) corresponde a las 7:00 horas de la mañana, con un valor aproximado de 33 ocurrencias. Además, estas condiciones se presentan en menor medida por las tardes, con un mínimo a las 14:00 horas.



**Figura 15.** Valores mensuales medios de días con al menos un reporte de techo de nubes menor a 1500 pies y las frecuencias de ocurrencia respectivas en el MRLM. Periodo: 2005-2023.



**Figura 16.** Valores mensuales medios de reportes con techo de nubes menor a 1500 pies durante el horario de operación en el MRLM. Periodo: 2005-2023.

### 3.6. CAVOK

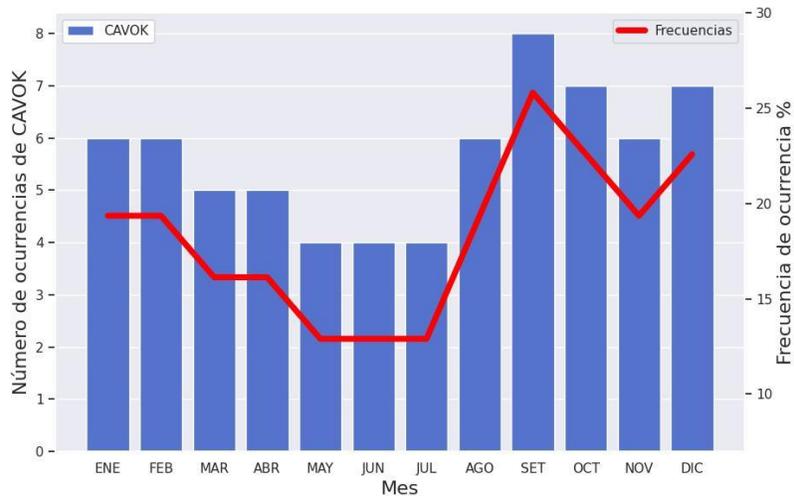
El término CAVOK se notifica en los reportes METAR y SPECI cuando se cumplen las siguientes condiciones en el aeródromo (OACI, 2018):

- a) Visibilidad horizontal de 10 km o más.
- b) Ausencia de nubosidad de importancia para las operaciones.
- c) Ningún evento meteorológico que sea significativo para la aviación.

En la figura 17, se presenta los valores mensuales promedio de días con al menos 6 reportes con CAVOK y su frecuencia de ocurrencia en el AIL. Los meses en donde se dan menos cantidad de días con estas condiciones son mayo, junio y julio, en donde este último coincide con el mes de máxima intensidad del CLLJ, asociado a un mayor

arrastre de humedad hacia la región, lo cual a la vez se asocia con mayor ocurrencia de precipitaciones y cantidad de nubosidad, como ya se ha mencionado anteriormente. Otro aspecto importante que se puede notar es que los meses de mayo y junio son los meses en donde la temperatura y la temperatura de rocío muestran máximos relativos en sus distribuciones.

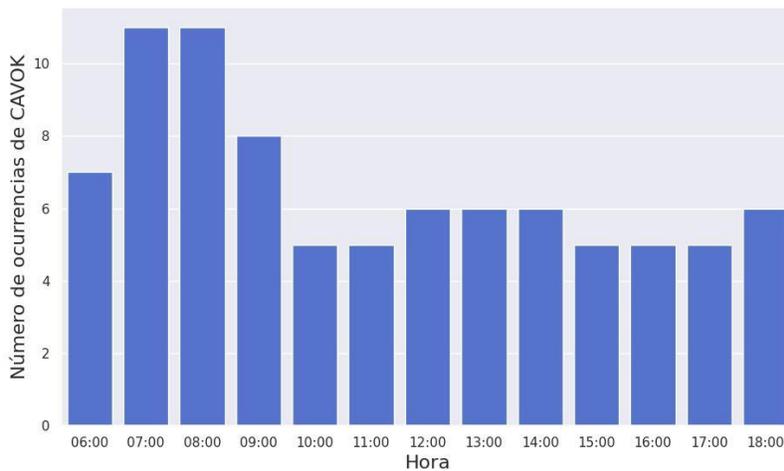
Por otra parte, es posible notar que el mes de setiembre es el que muestra mayor cantidad de días y mayor frecuencia de ocurrencia de esta condición. Este resultado se asocia con el bajo contenido de humedad en la región por la disminución en la velocidad del viento alisio para este mes y el bajo contenido de humedad en la atmósfera para la región.



**Figura 17.** Valores mensuales medios de días con al menos seis reportes con CAVOK y sus frecuencias de ocurrencia en MRLM. Periodo: 2005-2023.

Ahora, con respecto a la notificación de CAVOK promedio por hora (figura 18), este tiene un mayor número de ocurrencias entre las 6:00 y 9:00 horas de la mañana, con un máximo desde las 7:00 hasta las 8:00 horas, donde el número de ocurrencias supera las 10, hecho que significa que las primeras

horas de la mañana es el periodo de tiempo del día en donde suelen tenerse condiciones de mayor visibilidad, menor presencia de nube baja y menor ocurrencia de eventos meteorológicos importantes, como lluvia, tormenta, entre otros.



**Figura 18.** Valores mensuales medios de reportes con CAVOK durante el horario de operación en MRLM. Periodo: 2005-2023.

### 3.7. Hidrometeoros

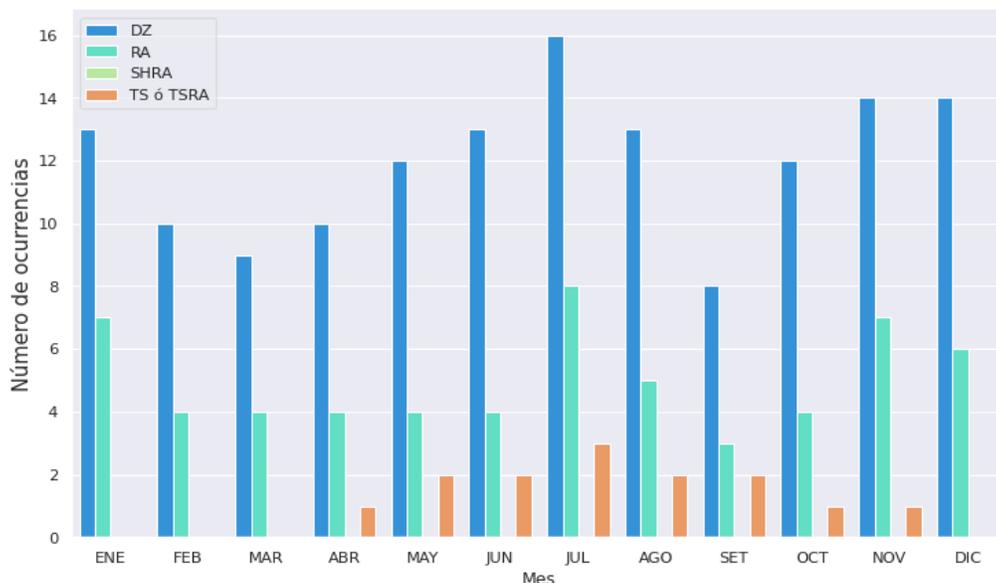
Los hidrometeoros son partículas que atraviesan o se encuentran en suspensión en la atmósfera. Estas partículas están

compuestas por agua en estado líquido o sólido. También se pueden encontrar hidrometeoros depositados en la superficie terrestre u objetos sobre esta (IMN, 2020). Los diferentes tipos de precipitación son

considerados hidrometeoros. Dentro de estos se pueden mencionar la lluvia, la llovizna, los chubascos y el granizo (OACI, 2018; RAC 03 Reglamento de Servicio meteorológico para la navegación aérea, 2020).

Cabe mencionar que en este análisis se incluye la tormenta en esta sección, ya que, a pesar de que esta se clasifica como un eléctrometeor (Atlas Internacional de Nubes, 2017), esta suele estar acompañada por lluvia de tipo chubascos.

En la figura 19 se muestran la cantidad media de días por mes en donde se reportaron los diferentes eventos de precipitación. En primer lugar, se puede observar que el evento de precipitación que más se reporta en el aeropuerto es la llovizna, para todos los meses. A este le sigue la lluvia. Sumado a esto, en esta figura sobresalen dos aspectos: 1) los eventos de tormenta únicamente ocurren en el periodo que va de abril a noviembre, con un repunte en el mes de julio y 2) no se registraron días con aguaceros sobre el aeródromo del AIL en el periodo de análisis.



**Figura 19.** 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 MRLM. Periodo: 2005-2023.

### 3.7.1. Tormenta eléctrica

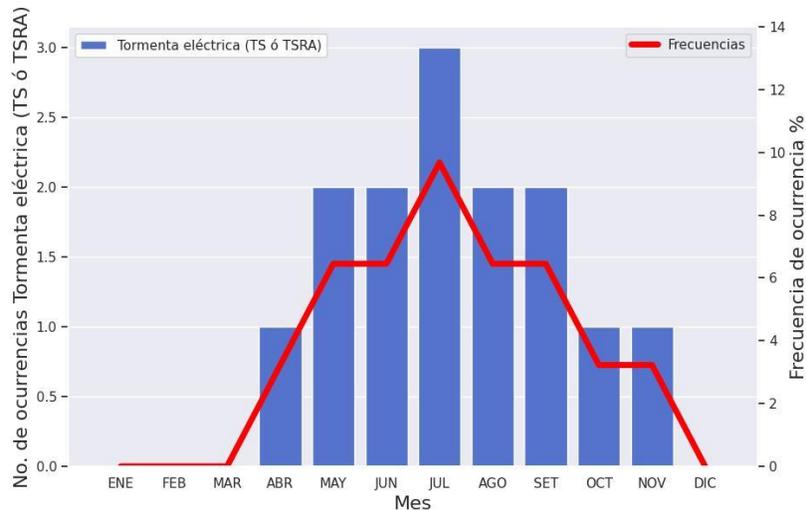
La tormenta eléctrica es un evento meteorológico caracterizado por la ocurrencia de descargas eléctricas en la atmósfera, que se manifiestan mediante relámpagos (destellos de luz) y de sonido (trueno) (Atlas Internacional de Nubes, 2017, IMN, 2020). La ocurrencia de una tormenta está normalmente ligada a la formación de nubes de tipo cumulonimbus, las cuales son

nubes de gran extensión vertical. El proceso de formación de las tormentas y de este tipo de nubosidad en específico, se denomina convección y este se debe al ascenso de las parcelas de aire húmedo y más cálido que su entorno. La intensidad de estos eventos depende de la inestabilidad de la atmósfera (IMN, s.f.).

De acuerdo con lo que muestra la figura 20, julio se identifica como el mes en donde se

da una mayor cantidad de días con reportes de tormenta. A pesar de esto, el número de días está por debajo de los 5 y la frecuencia de ocurrencia es de aproximadamente 13%, lo cual es un porcentaje bajo de ocurrencias. Además, se observa que para los meses de enero, febrero y diciembre no se reportaron tormentas dentro del aeródromo del AIL. Esto es importante, ya que este aspecto

indica que, a pesar de que los meses de invierno en el HN (diciembre, enero y febrero), son periodos que sobresalen con máximos de precipitación a lo largo del año, por debajo de julio, este no es un periodo de lluvias de tipo convectivas, sino más bien de tipo estratiforme, ya que no se asocian a la ocurrencia de tormentas (Atlas Internacional de Nubes 2017).



**Figura 20.** Valores mensuales medios de días con tormenta eléctrica y sus frecuencias de ocurrencia en MRLM. Periodo: 2005-2023.

### 3.7.2. Chubascos

Los chubascos, también conocidos como aguaceros, son precipitaciones de alta intensidad, en comparación con los otros tipos de precipitación y están asociadas a nubes de gran desarrollo vertical (AEMET, 2023). Estas suelen ser de corta duración y tener inicios y finales repentinos, así como cambios de intensidad bruscos (AEMET, 2023; IMN, 2020).

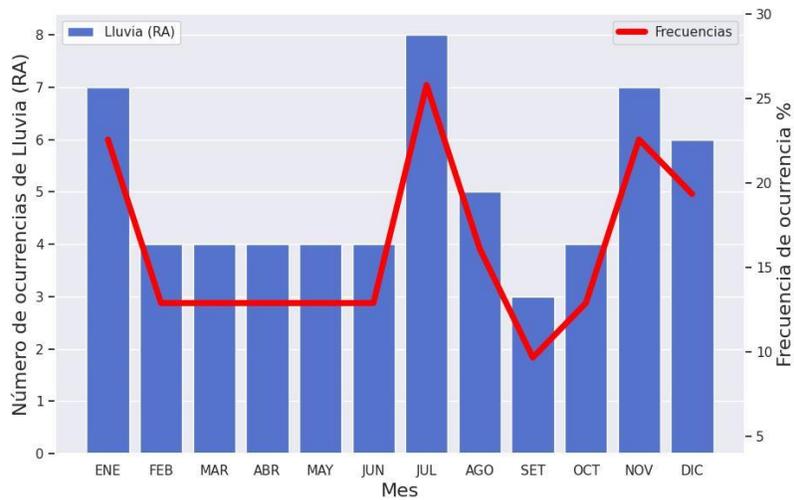
Según los resultados obtenidos de número de ocurrencias y frecuencias climatológicos, durante el periodo de análisis no se reportaron ocurrencias de chubascos dentro del aeródromo del AIL, tal y como se observó en la figura 19.

### 3.7.3. Lluvia

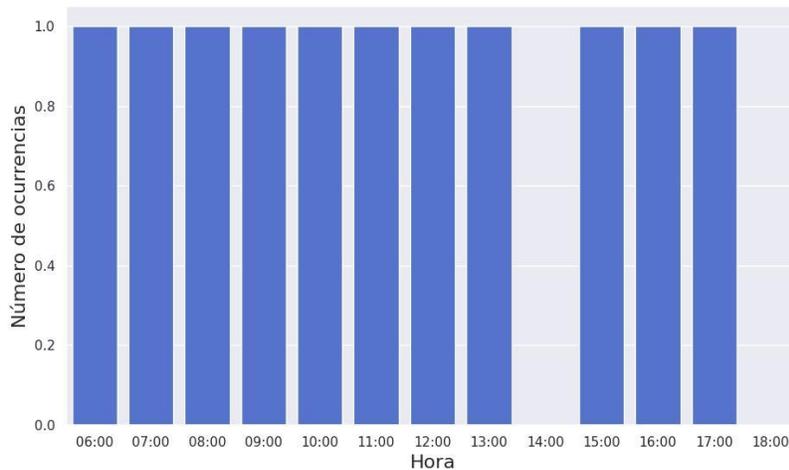
La lluvia se define como un tipo de precipitación en forma de partículas de agua en estado líquido, con un diámetro mayor a los 0.5 mm (IMN, 2020). El instrumento utilizado para medir los acumulados de lluvia es el pluviómetro (OMM, 2018).

En la figura 21 se puede observar que el mes con un mayor número de días con reportes de lluvias en el aeropuerto es julio. Esto se asocia al incremento en el arrastre de humedad hacia la región, proveniente del Mar Caribe, setiembre es el mes donde se reportaron menor cantidad de días con lluvia, lo cual es congruente con el análisis que se ha hecho en este documento. Sumado a esto, se observa en la figura 22, que la ocurrencia de la precipitación en forma de lluvia se reporta en la mayoría de las horas a lo largo del día por igual, a excepción de las

14:00 y 18:00 horas, en donde se puede ver que no hay reportes de este tipo de tiempo presente.



**Figura 21.** Valores mensuales de días con lluvia y sus frecuencias de ocurrencia en el MRLM. Periodo 2005-2023.



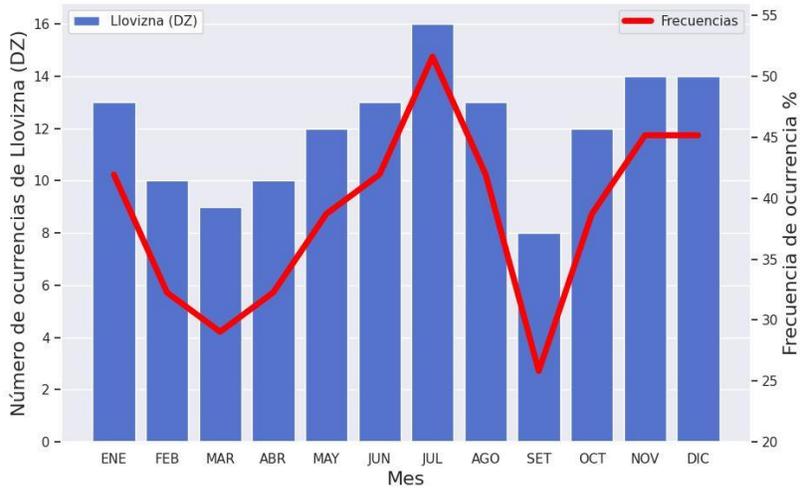
**Figura 22.** Valores horarios medios de reportes con lluvia durante el horario de operación en MRLM. Periodo: 2005-2023.

### 3.7.4. Llovizna

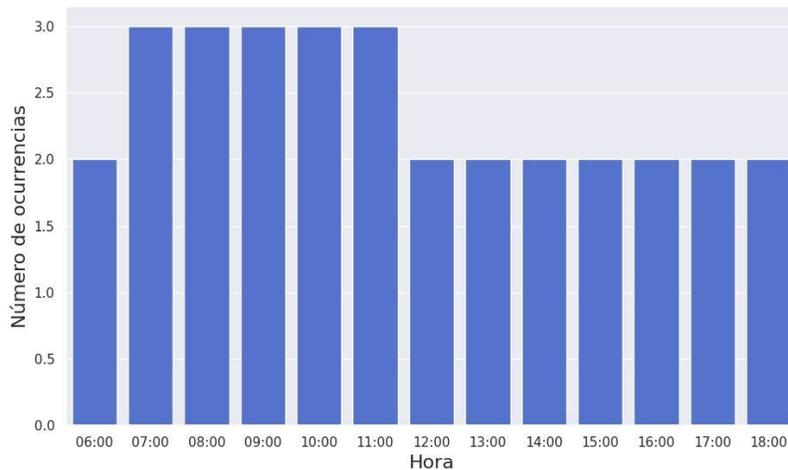
La llovizna se entiende como el evento de tiempo presente en forma de gotas de agua de un tamaño menor a los 0.5 mm. A pesar de tener diámetro menor a las gotas de lluvia, la llovizna se caracteriza por presentar un gran número de gotas de agua que pueden reducir la visibilidad (AEMET, 2023).

Tal y como se observó en la figura 19, en el AIL las lloviznas son el tipo de precipitación más común. El mes en donde hay un mayor número de días promedio de ocurrencia es julio, con un valor que sobrepasa los 15 días y un mínimo en setiembre de aproximadamente 8 días (figura 23). Así mismo, las lloviznas suelen reportarse en mayor medida durante horas de la mañana,

en comparación con el periodo de la tarde (figura 24).



**Figura 23.** Valores mensuales medios de días con llovizna y sus frecuencias de ocurrencia en MRLM. Periodo: 2005-2023.



**Figura 24.** Valores mensuales medios de reportes con llovizna durante el horario de operación en MRLM. Periodo: 2005-2023.

### 3.8. Hidrometeoros en suspensión

Este tipo de hidrometeoros están conformados por partículas de gua muy pequeñas en suspensión en la atmósfera y se asocian con fenómenos meteorológicos que reducen la visibilidad, dentro de los cuales son los de mayor interés en la

aeronáutica, las nieblas y neblinas (AEMET, 2023).

La niebla se define como un evento de tiempo presente en donde se presentan una gran cantidad de gotas de agua muy pequeñas en suspensión que reduce la visibilidad a menos de 1000 m (Atlas Internacional de Nubes 2017; AEMET, 2023; IMN,2020). Esta condición se diferencia de la

neblina únicamente por la medida en la que reducen la visibilidad, ya que, la neblina se identifica cuando la visibilidad se reduce en el intervalo que va de los 1000 m hasta por debajo de los 5000 m. Basado en los resultados obtenidos, en el AIL no se reportaron días con ocurrencia de ninguno de estos dos eventos mencionados como tiempo presente.

#### 4. CONCLUSIONES

Se observa que el comportamiento climatológico de las diferentes variables analizadas en este trabajo para el AIL describe el comportamiento climatológico de la región del Caribe de Costa Rica, pero con algunas diferencias específicas, que se deben principalmente a la ubicación cercana a la costa en la que se encuentra el aeropuerto, como, por ejemplo, el comportamiento del viento, tanto en dirección, como en intensidad.

A lo largo del año, el periodo de invierno boreal, junto con julio, son los meses con mayores acumulados de precipitación promedio y mayor ocurrencia de condiciones meteorológicas asociadas a la reducción de la visibilidad y formación de techos de nubes bajas.

Julio sobresale como el mes en donde se presentan un mayor número de ocurrencias de tormentas y los meses de invierno boreal se identificaron como periodos en donde no se reportan este tipo de fenómenos, lo cual resalta las diferencias asociadas al tipo de precipitación y los factores asociados que las generan.

En el caso específico de los tipos de hidrometeoros, las lloviznas son el evento meteorológico que sucede con mayor frecuencia sobre el aeródromo del aeropuerto, seguido por las lluvias y por último las tormentas. Se destaca que los chubascos, las neblinas y las nieblas, no se reportaron como tiempos presentes en los

reportes, por lo que se concluye que en el AIL es una región en donde estos eventos no suelen desarrollarse, y, por ende, no tienen afectación importante.

#### 5. REFERENCIAS

Agencia Estatal de Meteorología. (2023). Manual de uso de términos Meteorológicos. Edición 2023. <https://repositorio.aemet.es/handle/20.500.11765/14684>

Airspace & Safety Initiative. (2020). Avoiding airspace infringements. Key tips-Altimetry. [https://airspacesafety.com/wp-content/uploads/2020/02/ASI\\_Altimetry\\_Key\\_tips\\_Feb2020.pdf](https://airspacesafety.com/wp-content/uploads/2020/02/ASI_Altimetry_Key_tips_Feb2020.pdf)

Alfaro, E., Pérez-Briceño, P. M., y Facio, R. (2014). Análisis del impacto de fenómenos meteorológicos en Costa Rica, América Central, originados en los mares circundantes. *Revista de Climatología*, 14, 1-11

Alfaro Martínez, E. J., Alvarado Gamboa, L. F., Fallas López, B. G., Mora Sandí, N. P., y Hidalgo, H. G. (2024). Caracterización climática y análisis de mecanismos moduladores del descenso de las lluvias en la vertiente Caribe de América Central durante septiembre-octubre. *Revista de Ciencias Ambientales*, 58(1).

Amador, J. A, Alfaro, E. J, Hidalgo, H. G., Soley, F. J., Solano, F., Vargas, J. L., Sáenz, F., Calderón, B., Pérez, P. M., Vargas, J. J., Díaz, R. E., Goebel, W. A., Montero, A., Rodríguez, J., Salazar, A. J., Ureña, P., Mora, N. P., Rivera, I., Vega, C. y Bojorge, C. (2013). Clima, variabilidad y cambio climático en la Vertiente Caribe de Costa Rica: Un estudio básico para la actividad bananera. *Informe Final del Proyecto VI-*

- 805-B0-402. Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI), Vicerrectoría de Investigación y Escuela de Física, Universidad de Costa Rica y Corporación Bananera Nacional (CORBANA), Setiembre.
- Amador Astúa, J. A., Maldonado Mora, T. J., Rivera Fernández, E., Alfaro Martínez, E. J., Castillo Rodríguez, R. A., Durán Quesada, A. M., Garbanzo, M., Hidalgo, H.G., Mora, G. y Vega Riquelme, C. P. (2018). La Corriente en Chorro del Caribe: Observaciones, modelado multifísica, interacciones multiescala e impacto regional.
- Amador, J. A. (2008). The intra-Americas sea low-level jet: Overview and future research. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1146(1), 153-188.
- Atlas Internacional de nubes. (2017). Tormenta eléctrica. Sección 3.2.4.1. Organización Meteorológica Mundial (OMM).
- Chinchilla, G., Gutiérrez, J., y Zárate, E. (2016). Eventos extremos de lluvia ocasionados por empujes fríos que han llegado a costa rica en el periodo invernal (NDEF) del año 2000 al 2010: Líneas de cortante. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 15(2), 48-62.
- Chinchilla, G., Gutiérrez, J., y Zárate, E. (2017). Análisis sinóptico de casos de eventos extremos de lluvia asociados a líneas de cortante de empujes fríos que han llegado a Costa Rica en el periodo invernal. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 16(2), 5-18.
- Comisión Nacional del Agua. (2010). Manual Teórico Práctico del Observador Meteorológico de Superficie. Coyoacán, México, D.F.
- Dai, A. (2023). The diurnal cycle from observations and ERA5 in surface pressure, temperature, humidity, and winds. *Climate Dynamics*, 1-26.
- Dai, A., y Trenberth, K. E. (2004). The diurnal cycle and its depiction in the Community Climate System Model. *Journal of Climate*, 17(5), 930-951.
- Dirección General de Aviación Civil. (2012). Manual de Servicios y facilidades en los aeropuertos internacionales y aeródromos locales de Costa Rica. <https://www.dgac.go.cr/wp-content/uploads/2017/05/Manual-de-Servicios-Aeroportuarios-MAYO-2012.pdf>
- Dirección General de Aviación Civil. (2022). Anuario Estadístico de Transporte Aéreo 2022. <https://www.dgac.go.cr/wp-content/uploads/2024/02/Anuario-2022.pdf>
- Dirección General de Aviación Civil. (28 de diciembre, 2023). Aeronautical Information Publication. AD 2 Aeródromos. MRLM-LIMON INTL. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. [https://www.cocesna.org/aipca/AIPMR/AIP\\_2301/Eurocontrol/COSTA%20RICA/2023-12-28-AIRAC/html/index-es-ES.html](https://www.cocesna.org/aipca/AIPMR/AIP_2301/Eurocontrol/COSTA%20RICA/2023-12-28-AIRAC/html/index-es-ES.html)
- Durán-Quesada, A. M. (2012). Sources of moisture for Central America and transport based on a Lagrangian approach: variability, contributions to precipitation and transport mechanisms. *Unpublished. Ph. D. Thesis, University of Vigo, Vigo, Spain.*
- Durán-Quesada, A. M., Gimeno, L., y Amador, J. (2017). Role of moisture transport for Central American precipitation. *Earth System Dynamics*, 8, 1-15.
- Garro Molina, D., Chávez Hidalgo, K. C., Solano León, E., Valverde M, J. P. (2023). Aeropuerto Internacional de

- Limón. Climatología Aeronáutica 2005-2022. Instituto Meteorológico Nacional.
- EAS, Barcelona. (21 de abril, 2023). Códigos de los aeropuertos que debes conocer. European Aviation School, Barcelona. Accedido: 16 de marzo, 2024. <https://easbcn.com/codigos-de-los-aeropuertos-que-debes-conocer/>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2011). Guía Meteorológica. *Información Meteorológica Aeronáutica*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2010). Climatología Aeronáutica. Aeropuerto Internacional de Limón.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2020). *Glosario meteorológico*. Ministerio de Ambiente y Energía. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2008). Clima en Costa Rica. Vertiente Caribe. <https://www.imn.ac.cr/web/imn/clima-en-costa-rica>
- Instituto Meteorológico Nacional. (s.f.). Tormenta Eléctrica. Elementos para la formación de tormentas severas. Ministerio de Ambiente y Energía. <https://www.imn.ac.cr/web/imn/tormentas-electricas>
- Jiménez Ramírez, J. P., Marín Arroyave, L. M., Moreno Ramírez, H. A., Vélez Upegui, J. I., Guzmán Sossa, J. V., y Poveda Jaramillo, G. (2004). Distribución espacial y ciclo diurno de la temperatura ambiente y punto de rocío en una región de los Andes Tropicales de Colombia. *Escuela de Geociencias y Medio Ambiente*.
- Martines, E., y Lira, L. (2008). Cálculo de la temperatura de punto de rocío a diferentes valores de presión. In *Simpósio de Metrología. Santiago de Querétaro, México* (Vol. 22).
- Mora, I., y Amador Astúa, J. A. (2000). El ENOS, el IOS y la corriente en chorro de bajo nivel en el oeste del Caribe.
- Muñoz, A. C., Fernández, W., Gutiérrez, J. A., y Zárate, E. (2002). Variación estacional del viento en Costa Rica y su relación con los regímenes de lluvia. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 9(1), 1-13.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (diciembre 18, 2023). *Air Pressure*. Acceses 06 de marzo, 2024. <https://www.noaa.gov/jetstream/atmosphere/air-pressure#:~:text=The%20standard%20pressure%20at%20sea,the%20atmosphere%20decreases%20with%20height.&text=The%20atoms%20and%20molecules%20that,constantly%20moving%20in%20random%20directions>
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2007). Gestión del Tránsito Aéreo. Decimoquinta edición.
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2018). Anexo 3: Servicio Meteorológico para la Navegación Aérea Internacional. Quebec, Canadá.
- Organización Meteorológica Mundial. (2018). Guía de Instrumentos Meteorológicos y Métodos de Observación.
- Pérez Briceño, P. M., Amador Astúa, J. A., y Alfaro Martínez, E. J. (2013). Clasificación climática para la vertiente caribe costarricense. *Memorias del VII Congreso de la Red Latinoamericana de Ciencias Ambientales. Instituto Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Costa Rica*. 11-15 de noviembre de 2013.
- Poleo, D. (2016). ¿Cambio climático o variabilidad climática? Historia, ciencia y política en el clima

- mesoamericano. *Revista de Ciencias Ambientales*, 50(1), 24-39.
- Poleo Brito, D., Solano León, E., y Stolz España, W. (2014). La Oscilación atmosférica Madden-Julian (MJO) y las lluvias en Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 13 (1), 58-74.
- Servicio Meteorológico Nacional. (2010). Manual de procedimientos de Meteorología Aeronáutica. *Parte V. Claves de Uso Aeronáutico*.
- RAC 03 Reglamento de Servicio meteorológico para la navegación Aérea (2020). Publicado por el Sistema Costarricense de Información Jurídica. (2020)  
[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=93047&nValor3=123366&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=93047&nValor3=123366&strTipM=TC)
- Suárez Arce, T. P. (2020). Modelado numérico aplicado a características atmosféricas del Valle Central Occidental de Costa Rica durante el invierno boreal: sensibilidad al esquema de capa límite.
- Yang, G. Y., y Slingo, J. (2001). The diurnal cycle in the tropics. *Monthly Weather Review*, 129(4), 784-801.