

Simulador histórico de condiciones de vuelo basadas en METAR para el Aeropuerto MRPV

Amy Chen Wu

Universidad de Costa Rica — Escuela de Matemática, 2025

1. Introducción

El aeropuerto Tobías Bolaños (MRPV) depende fuertemente de condiciones VFR para sus operaciones de aviación general y escuela de vuelo. Aunque los METAR describen las condiciones al momento, no permiten responder preguntas operativas como cuáles horas del día o meses tienen mayor probabilidad de clima favorable.

El objetivo de este proyecto es crear un simulador que, usando datos METAR históricos (2020–2025), estime la probabilidad de condiciones VFR para un mes, día y hora específicos. No busca predecir el clima, sino ofrecer una referencia estadística útil para la planificación de vuelos.

2. Metodología general del código

El proyecto fue desarrollado en R utilizando principalmente las librerías `readr`, `dplyr`, `stringr`, `lubridate` y `tidyverse`. La lógica general del programa se divide en cuatro etapas:

1. Carga y filtrado de datos

Los archivos descargados desde Ogimet contienen METAR de múltiples años. El código:

- recorre carpetas de forma recursiva,
- lee líneas de texto con `read_lines`,
- filtra únicamente reportes con “METAR MRPV” y sin “NIL”,
- extrae año, mes, día y hora Zulu con expresiones regulares.

2. Extracción de variables relevantes

Con `stringr` se identifica:

- visibilidad (valores numéricos como 4000, 6000, 9999),
- capas de nubes (FEW/SCT/BKN/OVCxxx),
- techo operativo (capa BKN/OVC más baja),
- fenómenos significativos (FG, RA, TS, etc.).

3. Clasificación automática del METAR

Siguiendo criterios inspirados en FAA/DGAC, cada observación se clasifica como:

- VFR: visibilidad ≥ 8000 m y techo > 3000 ft,
- MVFR: condiciones marginales,
- IFR: restricciones moderadas,
- LIFR: restricciones severas.

Fenómenos como lluvia fuerte o niebla reducen la categoría de forma automática.

4. Construcción del simulador

El programa genera una tabla histórica donde cada combinación (mes, día, hora) contiene la frecuencia de VFR, MVFR, IFR y LIFR. El simulador:

- recibe mes, día y hora Zulu,
- busca los registros equivalentes en la base,
- calcula el porcentaje de VFR,
- muestra una ventana de ± 2 h con condiciones alternativas.

3. Resultados principales

3.1. Comparación entre climatología oficial y datos reales

Los resultados muestran que:

- La estación seca (dic-abr) presenta los porcentajes más altos de VFR.
- La estación lluviosa (sep-oct) tiene condiciones mucho más restrictivas que las indicadas por la climatología oficial.

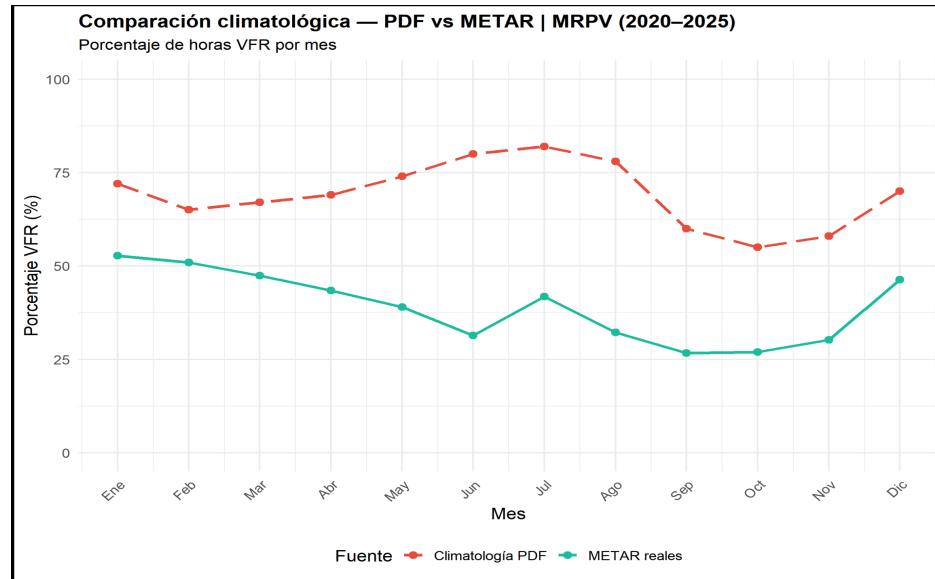


Figura 1: Climatología teórica vs. METAR reales.

3.2. Porcentaje mensual de VFR

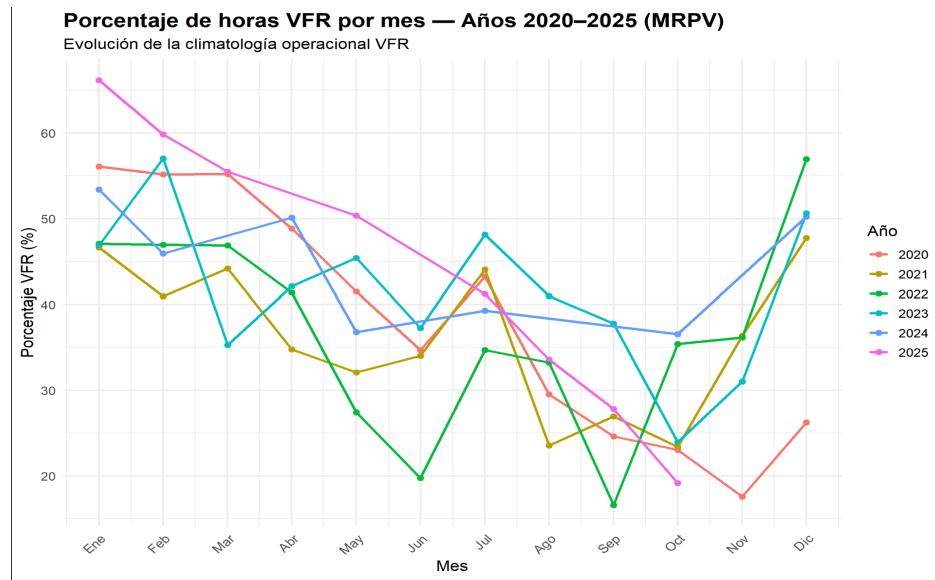


Figura 2: Porcentaje mensual de horas VFR.

Se observa una fuerte estacionalidad: condiciones predominantemente favorables en la época seca y reducción marcada de VFR en los meses de lluvia.

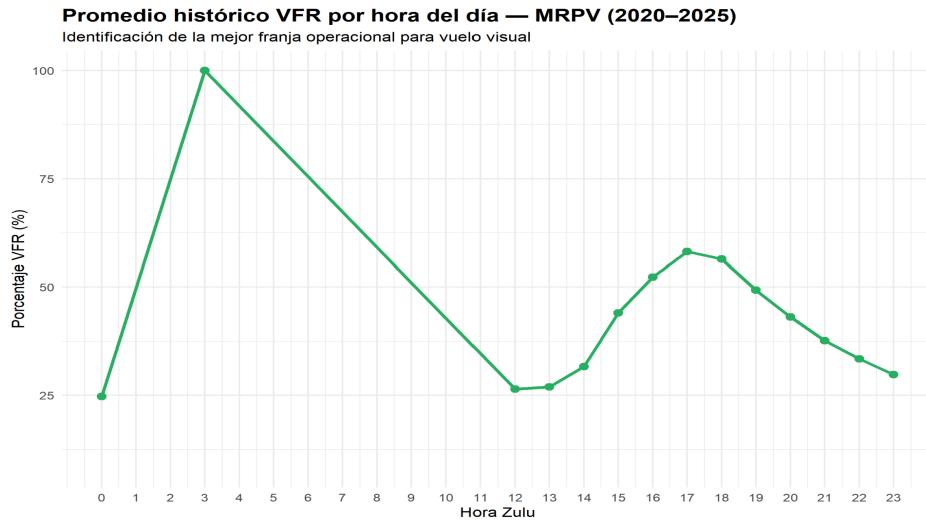


Figura 3: Promedio histórico de VFR por hora Zulu.

3.3. Horas del día con mejores condiciones

Tendencias identificadas:

- Mayor probabilidad de VFR entre 16Z y 19Z.
- Menor frecuencia en horas tempranas (antes de 12Z), asociada a nubosidad baja y neblina matutina.

4. Recomendaciones operativas

A partir del análisis histórico, se sugieren las siguientes observaciones:

- Los vuelos de instrucción, especialmente primeros solos y maniobras básicas, deberían priorizarse entre 16Z–19Z.
- Durante los meses de septiembre y octubre, la probabilidad de encontrar condiciones VFR es significativamente menor; se recomienda mayor flexibilidad en programación.
- El simulador debe utilizarse como herramienta *complementaria*, nunca en sustitución del METAR/TAF vigente.
- Actualizar periódicamente la base de datos permitirá mantener la precisión del modelo.

5. Conclusiones

El simulador demuestra que el análisis estadístico de datos METAR puede convertirse en una herramienta valiosa para operaciones VFR en MRPV. Aunque no pronostica el clima, ofrece infor-

mación histórica que mejora la planificación y permite identificar patrones de visibilidad y techo según mes y hora.

El proyecto integra conceptos de meteorología aeronáutica y análisis de datos, mostrando cómo la automatización y la programación pueden apoyar la toma de decisiones en aviación.

6. Referencias

- Dirección General de Aviación Civil. (s.f.). *Climatología del Aeropuerto Tobías Bolaños*.
- Ogimet. (s.f.). *Hourly METAR reports for MRPV*. Recuperado de <https://ogimet.com>