

Caso Práctico:

Evaluación de Modelo de Clasificación en Copa Airlines

Contexto Empresarial

Empresa: Copa Airlines S.A. (Panamá)

Sector: Aerolínea - Servicios de transporte aéreo

Desafío: Predecir cancelaciones de vuelos por parte de pasajeros para optimizar la gestión de overbooking y maximizar la ocupación de aeronaves

Problema de Negocio

Copa Airlines enfrenta dos problemas críticos:

Problema 1

Vuelos con asientos vacíos por cancelaciones de última hora

Pérdida de ingresos

Problema 2

Sobreventa excesiva que genera compensaciones costosas y deterioro de imagen

Costo promedio: \$450 por pasajero afectado

El equipo de Revenue Management necesita un modelo de clasificación que prediga con precisión qué pasajeros cancelarán sus reservas para ajustar dinámicamente las políticas de overbooking.

Dataset y Variables

Tamaño de muestra: 10,000 reservas del último trimestre

Variables predictoras:

Variables Predictoras

- **Días de anticipación de la reserva**
- **Tipo de tarifa (económica, ejecutiva, promo)**
- **Historial de cancelaciones del pasajero**
- **Ruta (doméstica vs. internacional)**
- **Temporada (alta/baja)**
- **Método de pago**
- **Presencia de conexiones**

Variable objetivo: Canceló reserva (Sí/No)
Distribución Real

1,200

Pasajeros que cancelaron

12%

8,800

Pasajeros que NO cancelaron

88%

Resultados del Modelo de Clasificación (Random Forest)

Matriz de Confusión

	Predicción: NO Cancela	Predicción: Sí Cancela
Real: NO Cancela	8,400	400
Real: Sí Cancela	300	900

Desglose:

Desglose de la Matriz de Confusión

Verdaderos Negativos (VN): 8,400

Modelo predijo correctamente que NO cancelarían

Falsos Positivos (FP): 400

Modelo predijo cancelación, pero NO cancelaron

Falsos Negativos (FN): 300

Modelo predijo que NO cancelarían, pero SÍ cancelaron

Verdaderos Positivos (VP): 900

Modelo predijo correctamente que SÍ cancelarían

Cálculo e Interpretación de Métricas Clave

1. Precisión (Precision)

Fórmula: $VP / (VP + FP)$

Cálculo: $900 / (900 + 400) = 900 / 1,300 = 69.2\%$

Interpretación para Copa Airlines:

De todas las reservas que el modelo identificó como "probable cancelación", el 69.2% efectivamente canceló. Esto significa que si Copa Airlines aplica estrategias de retención (descuentos, cambios sin cargo) a estos 1,300 pasajeros, aproximadamente 400 recibirán beneficios innecesariamente.

 **Impacto económico:** Si cada incentivo de retención cuesta \$30, los FP representan: $400 \times \$30 = \$12,000$ en costos innecesarios.

2. Recall (Sensibilidad)

Fórmula: $VP / (VP + FN)$

Cálculo: $900 / (900 + 300) = 900 / 1,200 = 75\%$

Interpretación para Copa Airlines:

De todos los pasajeros que realmente cancelaron (1,200), el modelo identificó correctamente al 75%. Sin embargo, el 25% (300 pasajeros) que cancelaron NO fueron detectados a tiempo.

❏ **Impacto económico:** Estos 300 FN representan asientos que quedaron vacíos sin tiempo para ajustar el overbooking. Asumiendo tarifa promedio de \$350 por asiento: $300 \times \$350 = \$105,000$ en ingresos perdidos.

3. F1-Score

Fórmula: $2 \times (\text{Precisión} \times \text{Recall}) / (\text{Precisión} + \text{Recall})$

Cálculo: $2 \times (0.692 \times 0.75) / (0.692 + 0.75) = 2 \times 0.519 / 1.442 = \mathbf{72\%}$

Interpretación para Copa Airlines:

El F1-Score de 72% representa el equilibrio entre no gastar recursos en pasajeros que no cancelarán (Precisión) y capturar la mayor cantidad de cancelaciones reales (Recall). Este balance es fundamental porque:

- Un Recall bajo implica muchos asientos vacíos
- Una Precisión baja implica costos innecesarios en retención

Un F1-Score del 72% es sólido para iniciar operaciones, pero hay espacio para optimización.

Análisis de la Curva ROC y AUC

0.84

AUC obtenido

Interpretación:

Existe un **84% de probabilidad** de que el modelo asigne una puntuación de riesgo de cancelación más alta a un pasajero que realmente cancelará versus uno que no cancelará, al seleccionar ambos al azar.

Significado práctico para Copa Airlines:

- Un AUC > 0.80 se considera excelente para aplicaciones comerciales
- El modelo discrimina efectivamente entre ambas clases
- Hay confianza suficiente para desplegar en producción con monitoreo continuo

Recomendaciones Estratégicas

Optimización del Umbral de Decisión

Escenario actual (umbral 0.5):

- Precisión: 69.2%
- Recall: 75%

Escenario propuesto (umbral ajustado a 0.4):

- **Objetivo:** Incrementar Recall al 85% para capturar más cancelaciones
- **Trade-off:** Precisión podría bajar al 62%
- **Justificación:** El costo de un asiento vacío (\$350) es significativamente mayor que el costo de un incentivo de retención innecesario (\$30)

Segmentación por Valor de Cliente

Aplicar diferentes umbrales según segmento:

Clase Ejecutiva / ConnectMiles Gold:

- Umbral más conservador (0.6)
- Menor tolerancia a FP (experiencia premium)

Clase Económica / Tarifas Promocionales:

- Umbral más agresivo (0.35)
- Mayor tolerancia a FP para maximizar ocupación

Acciones Operativas Basadas en Predicciones

1

Para VP (Verdaderos Positivos):

- Envío automático de ofertas de cambio sin cargo 72 horas antes del vuelo
- Activación de lista de espera para esa ruta
- Notificación al equipo de Revenue Management

2

Para pasajeros de alto riesgo no confirmado:

- Overbooking controlado (+2-3% sobre capacidad)
- Políticas de compensación preaprobadas

ROI Proyectado del Modelo

Sin Modelo (Situación Actual)

- Ingresos perdidos por asientos vacíos: $1,200 \times \$350 = \$420,000$
- Costos de overbooking excesivo sin predicción: **\$150,000**
- **Total impacto negativo: \$570,000 trimestral**

Con Modelo Implementado

- Ingresos recuperados (900 cancelaciones detectadas): $900 \times \$350 \times 60\% \text{ éxito retención} = \$189,000$
- Costo de incentivos FP: $400 \times \$30 = \$12,000$
- Ingresos perdidos por FN: $300 \times \$350 = \$105,000$
- **Impacto neto positivo: +\$72,000 trimestral**

📌 **ROI anualizado:** $\$72,000 \times 4 = \$288,000$

Monitoreo y Mejora Continua

KPIs de Seguimiento Mensual



Drift de datos

Comparar distribución de variables vs. entrenamiento



Análisis de errores

Revisar características comunes de FN y FP



Precisión temporal

Evaluar métricas por ventanas de 30 días



A/B Testing

Comparar rutas con modelo activo vs. gestión manual

Triggers de Reentrenamiento



Caída del F1-Score por debajo del 68%



AUC inferior a 0.80 durante 2 meses consecutivos



Cambios significativos en políticas tarifarias o competencia



Eventos externos (nueva regulación, crisis económica)

Conclusiones Ejecutivas para Copa Airlines

El modelo de clasificación implementado demuestra capacidad sólida para predecir cancelaciones con un **F1-Score del 72%** y **AUC de 0.84**, generando un retorno de inversión proyectado de **\$288,000 anuales**.

Las métricas clave revelan que el mayor riesgo residual son los **Falsos Negativos (300 casos)**, que representan oportunidades perdidas de optimización de ocupación.

La estrategia recomendada es ajustar dinámicamente los umbrales de decisión según el valor del cliente y el perfil de la ruta.

- ❑ El siguiente paso es implementar un piloto en 5 rutas de alto tráfico (PTY-BOG, PTY-MIA, PTY-LIM, PTY-GUA, PTY-SCL) durante 90 días antes del despliegue completo en la red de 80+ destinos.