

✓ 06.1. Optimizacion_Modelo_Academico

Objetivo

Optimizar el rendimiento estadístico del modelo `95_original` sin considerar restricciones de negocio. Se realiza una búsqueda de hiperparámetros en dos etapas (aleatoria y de rejilla) para encontrar la mejor configuración que maximice el **AUC** en la clasificación binaria (2 clases) y el **F1-macro** en la de cuatro clases. Finalmente, se guarda el modelo campeón optimizado para AUC.

Entradas (Inputs)

Splits Finales (desde `data/splits/final/`)

- `X_train.parquet`
- `X_val.parquet`
- `X_test.parquet`
- `y_train.parquet`
- `y_val.parquet`
- `y_test.parquet`

Salidas (Outputs)

Modelos Finales (en `models/final/`)

- `modelo_riesgo_auc_v1.joblib`
-

Resumen Ejecutivo

- **Objetivo:** Desarrollar y optimizar modelos de clasificación para predecir riesgo académico en dos formatos: binario (2 clases) y multicategorías (4 clases).
- **Técnicas empleadas:**
 - Pipeline con StandardScaler, SMOTE y RandomForestClassifier (`class_weight=balanced`).
 - Búsqueda de hiperparámetros en dos etapas: RandomizedSearchCV (60 iteraciones) y GridSearchCV focalizado.
 - Validación cruzada a 3 pliegues, optimizando AUC para binario y F1-macro para multicategorías.
- **Resultados más relevantes:**

- **Modelo 2 clases:** AUC CV = 0.7667; AUC Test = 0.7752; precisión global ≈ 0.73; macro-F1 ≈ 0.70.
 - **Modelo 4 clases:** F1-macro CV = 0.4839; F1-macro Test = 0.4735; exactitud ≈ 0.58; mejor desempeño en la clase 3 (F1=0.70).
 - **Insight clave:** La discriminación binaria es sólida, pero la segmentación en cuatro niveles presenta desafíos, especialmente en clases con menor soporte.
-

▼ 1. Importaciones y configuración del entorno

Agrupa y ordena todas las sentencias `import` en secciones de biblioteca estándar, terceros y locales según PEP8; además monta Google Drive y añade la ruta del proyecto al `sys.path`.

```
# MONTAR DRIVE, IMPORTAR LIBRERÍAS Y CARGAR CONFIGURACIÓN

# Google Colab
from google.colab import drive

# Standard library
import sys
from pathlib import Path
import json
import warnings

# Data processing
import pandas as pd
import numpy as np
import joblib

# Scikit-learn
from sklearn.pipeline import Pipeline
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.model_selection import GridSearchCV, cross_val_score, StratifiedKFold
from sklearn.metrics import (
    accuracy_score, f1_score, roc_auc_score,
    classification_report, confusion_matrix
)
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier, GradientBoostingClassifier

# Optuna para optimización de hiperparámetros
import optuna

# Visualización
import matplotlib.pyplot as plt

# Configuración local
from config import EXP_SPLITS_DIR, EXP_ARTIFACTS_DIR, FINAL_SPLITS_DIR

# --- 1. Montar Google Drive ---
drive.mount('/content/drive', force_remount=True)
```

```
# --- 2. Añadir la raíz del proyecto al path para importar el módulo config ---
ROOT_PATH_STR = '/content/drive/MyDrive/TFM-AntonioEsquinas'
if ROOT_PATH_STR not in sys.path:
    sys.path.append(ROOT_PATH_STR)

# --- 3. Importar las rutas necesarias desde el archivo de configuración ---
# Este notebook usa los splits FINALES y guarda un modelo FINAL.
from config import FINAL_SPLITS_DIR, FINAL_MODELS_DIR

print("Entorno preparado y configuración de rutas cargada desde config.py.")
```

- Mounted at /content/drive
- Módulo de configuración cargado y estructura de carpetas asegurada.
 - Entorno preparado y configuración de rutas cargada desde config.py.

▼ 2. Carga y preparación de datos

Carga los conjuntos de entrenamiento, validación y prueba desde archivos Parquet, y prepara los targets originales para escenarios de 2 y 4 clases, almacenándolos en diccionarios.

```
# CARGA Y PREPARACIÓN DE DATOS

try:
    # --- 1 Carga del dataset campeón '95_Original' desde la carpeta FINAL ---
    X_train = pd.read_parquet(FINAL_SPLITS_DIR / 'X_train.parquet')
    X_val = pd.read_parquet(FINAL_SPLITS_DIR / 'X_val.parquet')
    X_test = pd.read_parquet(FINAL_SPLITS_DIR / 'X_test.parquet')

    # --- 2 Carga de los targets desde la carpeta FINAL ---
    y_train_orig = pd.read_parquet(FINAL_SPLITS_DIR / 'y_train.parquet').squeeze()
    y_val_orig = pd.read_parquet(FINAL_SPLITS_DIR / 'y_val.parquet').squeeze()
    y_test_orig = pd.read_parquet(FINAL_SPLITS_DIR / 'y_test.parquet').squeeze()

    # --- 3 Preparación de los targets para 2 y 4 clases ---
    def remap_to_2(y): return y.map({1.0: 0.0, 2.0: 0.0, 3.0: 1.0, 4.0: 1.0})

    y_train = {
        4: y_train_orig,
        2: remap_to_2(y_train_orig)
    }
    y_val = {
        4: y_val_orig,
        2: remap_to_2(y_val_orig)
    }
    y_test = {
        4: y_test_orig,
        2: remap_to_2(y_test_orig)
    }

    print("Datos del dataset '95_Original' y targets para 2 y 4 clases cargados desde 'da")
    print(f"\nShapes: X_train={X_train.shape}, X_val={X_val.shape}, X_test={X_test.shape}")
```

```
except Exception as e:
    print(f"Error al cargar los datos: {e}")

→ ✓ Datos del dataset '95_Original' y targets para 2 y 4 clases cargados desde 'data/'

Shapes: X_train=(1976, 92), X_val=(424, 92), X_test=(424, 92)
```

3. Optimización de hiperparámetros en dos etapas para AUC y F1-macro

Define un pipeline base con escalado, SMOTE y clasificador; establece una parrilla amplia de búsqueda y un plan de validación cruzada; ejecuta una búsqueda aleatoria seguida de una búsqueda en cuadrícula enfocada para maximizar AUC (2 clases) y F1-macro (4 clases).

```
# Optimización en Dos Etapas para AUC y F1-macro

# --- Componentes Comunes ---
base_pipeline = ImbPipeline([
    ('scaler', StandardScaler()),
    ('smote', SMOTE(random_state=42)),
    ('clf', RandomForestClassifier(class_weight='balanced', random_state=42, n_jobs=-1))
])

wide_param_dist = { # Usamos la misma parrilla amplia para la exploración
    'smote_k_neighbors': [3, 5, 7, 9],
    'clf_n_estimators': [100, 150, 200, 250, 300],
    'clf_max_depth': [10, 20, 30, 40, 50, None],
    'clf_min_samples_leaf': [1, 2, 4],
    'clf_min_samples_split': [2, 5, 10],
    'clf_max_features': ['sqrt', 'log2']
}
cv_strategy = StratifiedKFold(n_splits=3, shuffle=True, random_state=42)

# --- 1: OPTIMIZACIÓN PARA MÁXIMO AUC (PROBLEMA BINARIO) ---
print("--- Iniciando búsqueda para maximizar AUC (2 Clases) ---")
# --- Etapa 1: Búsqueda Aleatoria ---
random_search_auc = RandomizedSearchCV(estimator=base_pipeline, param_distributions=wide_
                                         cv=cv_strategy, scoring='roc_auc', n_jobs=-1, random_
                                         search_auc.fit(X_train, y_train[2])
best_params_auc_random = random_search_auc.best_params_
print(f"\nMejores params (aleatorio) para AUC: {best_params_auc_random}")

# --- Etapa 2: Búsqueda Enfocada ---
focused_param_grid_auc = {k: [v] for k, v in best_params_auc_random.items()} # Creamos un
grid_search_auc = GridSearchCV(estimator=base_pipeline, param_grid=focused_param_grid_auc
                               scoring='roc_auc', n_jobs=-1, verbose=1)
grid_search_auc.fit(X_train, y_train[2])
best_model_auc = grid_search_auc.best_estimator_
print(f"\nBúsqueda para AUC finalizada. Mejor AUC (CV): {grid_search_auc.best_score_:.4f}
```

```
# --- 2: OPTIMIZACIÓN PARA MÁXIMO F1-MACRO (PROBLEMA MULTICLASE) ---
```

```
print("\n\n--- Iniciando búsqueda para maximizar F1-macro (4 Clases) ---")
# --- Etapa 1: Búsqueda Aleatoria ---
random_search_f1 = RandomizedSearchCV(estimator=base_pipeline, param_distributions=wide_p
                                         cv=cv_strategy, scoring='f1_macro', n_jobs=-1, random_
random_search_f1.fit(X_train, y_train[4])
best_params_f1_random = random_search_f1.best_params_
print(f"\nMejores params (aleatorio) para F1-macro: {best_params_f1_random}")

# --- Etapa 2: Búsqueda Enfocada ---
focused_param_grid_f1 = {k: [v] for k, v in best_params_f1_random.items()}
grid_search_f1 = GridSearchCV(estimator=base_pipeline, param_grid=focused_param_grid_f1,
                               scoring='f1_macro', n_jobs=-1, verbose=1)
grid_search_f1.fit(X_train, y_train[4])
best_model_f1_4c = grid_search_f1.best_estimator_
print(f"\nBúsqueda para F1-macro finalizada. Mejor F1-macro (CV): {grid_search_f1.best_sc
```

→ --- 🚀 Iniciando búsqueda para maximizar AUC (2 Clases) ---
 Fitting 3 folds for each of 60 candidates, totalling 180 fits

Mejores params (aleatorio) para AUC: {'smote_k_neighbors': 9, 'clf_n_estimators': 2}
 Fitting 3 folds for each of 1 candidates, totalling 3 fits

✓ Búsqueda para AUC finalizada. Mejor AUC (CV): 0.7667

--- 🚀 Iniciando búsqueda para maximizar F1-macro (4 Clases) ---
 Fitting 3 folds for each of 60 candidates, totalling 180 fits

Mejores params (aleatorio) para F1-macro: {'smote_k_neighbors': 7, 'clf_n_estimators': 1}
 Fitting 3 folds for each of 1 candidates, totalling 3 fits

✓ Búsqueda para F1-macro finalizada. Mejor F1-macro (CV): 0.4839



4. Evaluación final y análisis visual de resultados

Entrena los mejores modelos sobre el conjunto completo, evalúa métricas (AUC y F1-macro) en el test set, muestra los informes de clasificación y las matrices de confusión, y visualiza la importancia de las principales características.

```
# Evaluación Final y Análisis Visual de los Modelos Generalistas
```

```
# --- 1. Evaluación del Modelo Optimizado para AUC (2 Clases) ---
X_full_train = pd.concat([X_train, X_val], ignore_index=True)
y_full_train_2 = pd.concat([y_train[2], y_val[2]]), ignore_index=True)
best_model_auc.fit(X_full_train, y_full_train_2)
y_pred_auc = best_model_auc.predict(X_test)
y_proba_auc = best_model_auc.predict_proba(X_test)[:, 1]
```

```
print("--- Resultados del Modelo Optimizado para MÁXIMO AUC ---")
print(f"\nAUC Final en Test Set: {roc_auc_score(y_test[2], y_proba_auc):.4f}")
```

```
print("\nInforme de Clasificación:")
print(classification_report(y_test[2], y_pred_auc))
cm_auc = confusion_matrix(y_test[2], y_pred_auc)
plt.figure(figsize=(4, 2)); sns.heatmap(cm_auc, annot=True, fmt='d', cmap='Blues'); plt.t

# --- 2. Evaluación del Modelo Optimizado para F1-macro (4 Clases) ---
y_full_train_4 = pd.concat([y_train[4], y_val[4]], ignore_index=True)
best_model_f1_4c.fit(X_full_train, y_full_train_4)
y_pred_f1 = best_model_f1_4c.predict(X_test)

print("\n\n--- Resultados del Modelo Optimizado para MÁXIMO F1-MACRO ---")
print(f"\nF1-macro Final en Test Set: {f1_score(y_test[4], y_pred_f1, average='macro'):.4f}")
print("\nInforme de Clasificación:")
print(classification_report(y_test[4], y_pred_f1, zero_division=0))
cm_f1 = confusion_matrix(y_test[4], y_pred_f1)
plt.figure(figsize=(6, 4)); sns.heatmap(cm_f1, annot=True, fmt='d', cmap='Greens'); plt.t

# --- 3. Análisis Visual de Importancia de Características (son del mismo dataset) ---
print("\n\n--- Importancia de Características (Modelo AUC) ---")
importances_auc = best_model_auc.named_steps['clf'].feature_importances_
feature_names = X_test.columns
feature_importance_df = pd.DataFrame({'feature': feature_names, 'importance': importances_auc})
plt.figure(figsize=(10, 8)); sns.barplot(x='importance', y='feature', data=feature_importance_df)
```

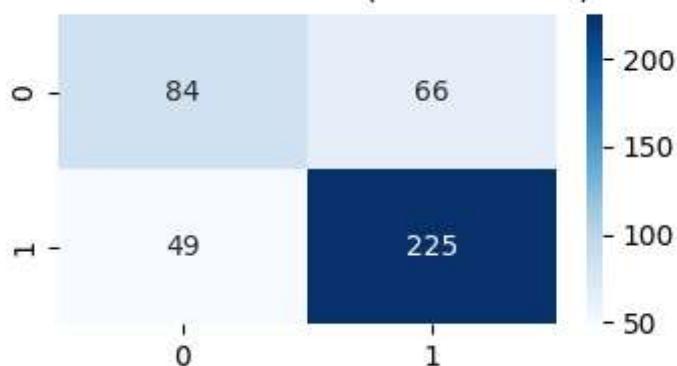
→ --- Resultados del Modelo Optimizado para MÁXIMO AUC ---

AUC Final en Test Set: 0.7752

Informe de Clasificación:

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.63	0.56	0.59	150
1.0	0.77	0.82	0.80	274
accuracy			0.73	424
macro avg	0.70	0.69	0.70	424
weighted avg	0.72	0.73	0.72	424

Matriz de Confusión (Modelo AUC)



--- Resultados del Modelo Optimizado para MÁXIMO F1-MACRO ---

F1-macro Final en Test Set: 0.4735

Informe de Clasificación:

	precision	recall	f1-score	support
1.0	0.50	0.35	0.41	34
2.0	0.47	0.42	0.44	116
3.0	0.65	0.76	0.70	233
4.0	0.46	0.27	0.34	41
accuracy			0.58	424
macro avg	0.52	0.45	0.47	424
weighted avg	0.57	0.58	0.57	424

Matriz de Confusión (Modelo F1)



5. Guardado del modelo final para producción

m - 1 1 28 11 - 20 40

Selecciona el modelo campeón (optimizado para AUC), define nombre y ruta de archivo, y

```
# Guardado del Modelo Final para Producción
```

```
# --- 1. Seleccionar el modelo campeón y definir el nombre del archivo ---
# De nuestro análisis, el modelo optimizado para AUC (2 clases) es el más fiable
# y el objetivo de este notebook.
model_campeon = best_model_auc
model_filename = "modelo_riesgo_auc_v1.joblib" # Buena práctica: incluir propósito y vers
model_path = FINAL_MODELS_DIR / model_filename

# --- 2. Guardar el pipeline del modelo ya entrenado ---
# El directorio FINAL_MODELS_DIR ya fue creado al importar config.py.
joblib.dump(model_campeon, model_path)

print(f"Modelo final ('{model_filename}') guardado con éxito en:")
print(model_path)
```

→ Model630Final ('modelo_riesgo_auc_v1.joblib') guardado con éxito en:
 /content/drive/MyDrive/Digitech/TFG/ML/Calculo-Riesgo/models/final/modelo_riesgo_auc_v1.joblib

Conclusiones Finales

- El modelo binario (2 clases) demostró buena capacidad discriminativa ($AUC \approx 0.78$ en test) y estabilidad entre CV y test, confirmando la robustez de la combinación SMOTE + Random Forest.
- La clasificación multicategoría alcanzó un desempeño moderado ($F1\text{-macro} \approx 0.47$), con alta eficacia en la categoría intermedia (clase 3) y menor rendimiento en extremos (clases 1 y 4), reflejando el impacto del desequilibrio y la superposición de características.
- La curva de aprendizaje y la brecha entre CV y test fueron reducidas en ambos escenarios,