

## ✓ Aprendizaje automático - Sesión 01

### 1 - Algoritmos vecinos más cercanos

¿Cuándo nos puede resultar útil k-nn?

```
import pandas as pd
import numpy as np

df = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/datasets/datos01_train.csv")
```

Visualizar un conjunto de datos (funcion)

```
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib.lines import Line2D

colors = {0: "#4A249D", 1: "#0D7C66"}

def visualizar_datos(df_datos: pd.DataFrame, df_labels: pd.DataFrame, title: str, x_label: str, y_label: str, legend_dict: dict = None, new_point: np.ndarray = None):
    if isinstance(df_datos, pd.DataFrame):
        df_datos = df_datos.to_numpy()

    if isinstance(df_labels, pd.DataFrame):
        df_labels = df_labels.to_numpy()

    fig, ax = plt.subplots(figsize=(5,5))

    # Visualizar los puntos de entrenamiento
    ax.scatter(df_datos[:, 0], df_datos[:, 1], c=[colors[c] for c in df_labels],
               s=100,
               edgecolor="k",
               )
    ax.set_xlabel(x_label)
    ax.set_ylabel(y_label)
    ax.set_title(title)

    if new_point is not None:
        ax.scatter(new_point[0], new_point[1], color="red", marker="*", s=200, label="Nueva persona")
```

```
if legend_dict is not None:
    legend_elements = [
        Line2D([0], [0], marker="o", color="w", markerfacecolor=colors[0], markersize=10, label=legend_dict[0]),
        Line2D([0], [0], marker="o", color="w", markerfacecolor=colors[1], markersize=10, label=legend_dict[1]),
    ]

    if new_point is not None:
        legend_elements.append(Line2D([0], [0], marker="*", color="w", markerfacecolor="red", markersize=10, label="Nuevo punto"))

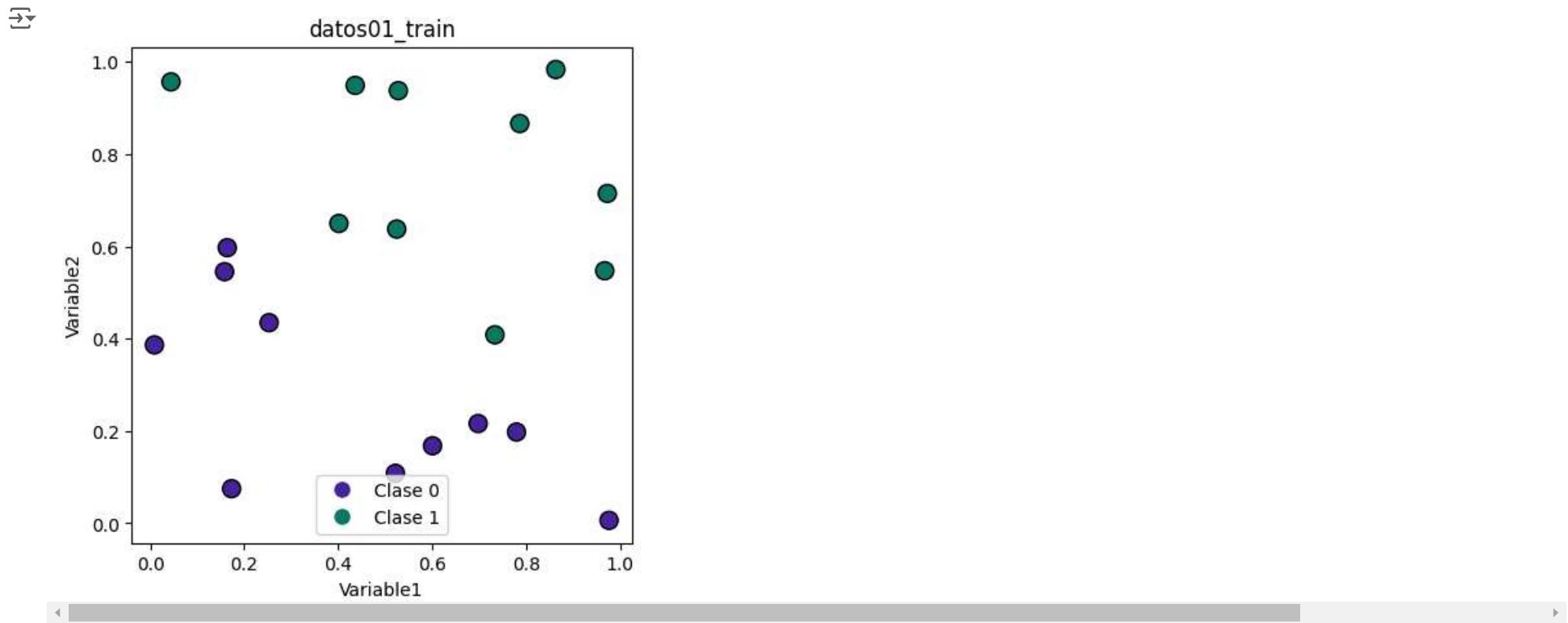
    plt.legend(handles=legend_elements)

plt.show()

return ax.get_xlim(), ax.get_ylim()
```

Visualizar un conjunto de datos (resultado)

```
x_range, y_range = visualizar_datos(df.iloc[:, :-1], df.iloc[:, -1], "datos01_train", "Variable1", "Variable2", {0: "Clase 0", 1: "Clase 1"})
```



## 1.1 Implementando k-nn

Distancia Euclidea (funcion)

```
def euclidean_distance(x, y):
    # 1. Restamos los arrays x e y elemento por elemento
    # 2. Elevamos al cuadrado cada una de las n diferencias
    # 3. np.sum suma todos los elementos resultantes
    # 4. np.sqrt calcula la raíz cuadrada de la suma
    return np.sqrt(np.sum((x - y)**2))
```

Calcular las distancias euclideas

```
# Tres personas de ejemplo
per_1 = np.array([70, 180])
per_2 = np.array([70, 170])
per_3 = np.array([80, 180])
print(f"La distancia Euclídea entre la persona 1 y la 2 es {euclidean_distance(per_1, per_2):.2f}")
print(f"La distancia Euclídea entre la persona 1 y la 3 es {euclidean_distance(per_1, per_3):.2f}")
```

→ La distancia Euclídea entre la persona 1 y la 2 es 10.00  
 La distancia Euclídea entre la persona 1 y la 3 es 10.00

## Otro ejemplo con mas variables

```
# Dos puntos de ejemplo
punto_a = np.array([0.4, 0.5, 0.1, 0.3, 0.5])
punto_b = np.array([0.8, 0.7, 0.2, 0.8, 0.2])
print(f"La distancia Euclídea entre A y B es {euclidean_distance(punto_a, punto_b):.2f}")
```

→ La distancia Euclídea entre A y B es 0.74

## Definimos la clase k-NN

```
from typing import Callable

class KNN:
    def __init__(self, k: int, dist_func: Callable[[float, float], float]) -> None:
        self.k = k
        self.dist_func = dist_func

    # Guardar los datos de entrenamiento
    def fit(self, X_train: np.ndarray, y_train: np.ndarray) -> None:
        if isinstance(X_train, pd.DataFrame):
            X_train = X_train.to_numpy()

        if isinstance(y_train, pd.DataFrame):
            y_train = y_train.to_numpy()

        self.X_train = X_train
        self.y_train = y_train

    # Calcular distancias del nuevo punto a cada punto de entrenamiento
    def compute_distances(self, X_new: np.ndarray) -> None:
        return np.array([self.dist_func(X_new, x_train) for x_train in self.X_train])
```

```
# Encontrar los índices de los k vecinos más cercanos
def nearest_neighbors_idx(self, X_new: np.ndarray) -> None:
    distances = self.compute_distances(X_new)
    return np.argsort(distances)[: self.k]

# Predecir la clase del nuevo punto
def predict(self, X_new: np.ndarray) -> None:
    # Obtener las clases de los k vecinos más cercanos
    nearest_neighbors_classes = self.y_train[self.nearest_neighbors_idx(X_new)]

    # Predecir la clase por la mayoría de los vecinos
    return np.bincount(nearest_neighbors_classes).argmax()
```

## ▼ 1.3 Usando k-NN

Cargamos los datos de entrenamiento y visualizamos los datos

```
df = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/datasets/datos02a_train.csv")

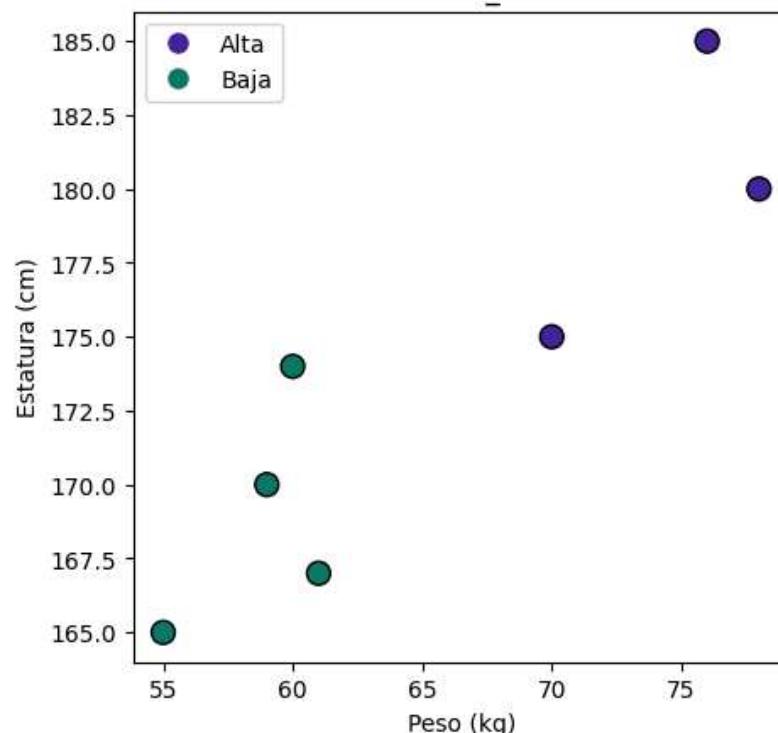
# Separar las variables (X) de las etiquetas (y)
X_train = df[["Peso", "Estatura"]]
y_train = df["ActividadFisica"]

dict_clases = {0: "Alta", 1: "Baja"}

x_range, y_range = visualizar_datos(X_train, y_train, "datos02a_train", "Peso (kg)", "Estatura (cm)", dict_clases)
```



datos02a\_train



Vamos a aplicar el algoritmo con k=3

Código de la clase Animate

```
from matplotlib.animation import FuncAnimation
from matplotlib.widgets import Button

class AnimateKNN:
    def __init__(self, knn: KNN, X_new: np.ndarray, colors: dict, col_names_train: list, class_name: str) -> None:
        if isinstance(X_new, pd.DataFrame):
            X_new = X_new.to_numpy()

        # Configurar la figura y los ejes
        self.fig, self.ax = plt.subplots(figsize=(8, 6))
        self.knn = knn
```

```
self.X_new = X_new
self.colors = colors
self.default_x_new_color = "red"
self.is_animated = False
self.circles = []
self.current_frame = -2
self.max_frame = 2 + len(self.knn.X_train) + 3
self.col_names_train = col_names_train
self.class_name = class_name

# Configuración del propio gráfico
self.__configure_chart()

# Visualizar los puntos de entrenamiento
self.scatter_train = self.ax.scatter(
    self.knn.X_train[:, 0],
    self.knn.X_train[:, 1],
    c=[self.colors[c] for c in self.knn.y_train],
    s=100,
    edgecolor="k",
)

# Visualizar el nuevo punto como una estrella al principio
self.scatter_new = self.ax.scatter(
    [], [], color=self.default_x_new_color, marker="*", s=200, label="Nuevo punto"
)

# Lineas que conectarán el nuevo punto con los puntos de entrenamiento
self.lines = [self.ax.plot([], [], "k--", linewidth=1)[0] for _ in range(len(self.knn.X_train))]
self.texts = [self.ax.text(0, 0, "", fontsize=12) for _ in range(len(self.knn.X_train))]

# Obtener predicciones del punto nuevo
self.distances = self.knn.compute_distances(X_new=self.X_new)
self.nearest_neighbors_idx = self.knn.nearest_neighbors_idx(X_new=self.X_new)
self.predicted_class = self.knn.predict(X_new=self.X_new)

# Crear la animación
self.ani = FuncAnimation(self.fig, self.auto_update, frames=self.max_frame + 1, interval=1000, repeat=True)
self.ani.pause() # Detener la animación automática al principio

# Botón para avanzar paso a paso manualmente
ax_button_next = plt.axes([0.58, 0.01, 0.1, 0.05])
self.button_next = Button(ax_button_next, "Siguiente")
```

```
# Botón para ejecutar la secuencia completa
ax_button_run = plt.axes([0.69, 0.01, 0.1, 0.05])
self.button_run = Button(ax_button_run, "Ejecutar")

# Botón para resetear la animación
ax_button_reset = plt.axes([0.80, 0.01, 0.1, 0.05])
self.button_reset = Button(ax_button_reset, "Reset")

# Conectar los botones con las funciones correspondientes
self.button_next.on_clicked(self.next_step)
self.button_run.on_clicked(self.run_sequence)
self.button_reset.on_clicked(self.reset)

def __configure_chart(self) -> None:
    self.ax.grid(True)
    self.ax.set_axisbelow(True)
    self.ax.set_xlabel(self.col_names_train[0])
    self.ax.set_ylabel(self.col_names_train[1])
    self.fig.suptitle(f"{self.knn.k}-NN: {self.class_name} según {self.col_names_train[0]} y {self.col_names_train[1]}")

    legend_elements = [
        Line2D([0], [0], marker="o", color="w", markerfacecolor=self.colors[0], markersize=10, label="Alta"),
        Line2D([0], [0], marker="o", color="w", markerfacecolor=self.colors[1], markersize=10, label="Baja"),
        Line2D([0], [0], marker="*", color="w", markerfacecolor="red", markersize=15, label="Nueva persona"),
    ]
    plt.legend(handles=legend_elements)

# Método para actualizar la animación en cada frame
def update(self, frame: int) -> None:
    if frame == 0:
        # Paso 1: Gráfico inicial con los 5 puntos del dataset
        self.ax.set_title("Dataset de entrenamiento", fontsize=10, color="gray", pad=11)
        self.scatter_new.set_offsets(np.empty((0, 2))) # No mostrar el nuevo punto aún
        for line, text in zip(self.lines, self.texts):
            line.set_data([], [])
            text.set_text("")

    elif frame == 1:
        # Paso 2: Visualizar el punto a predecir
        self.ax.set_title("Queremos predecir una nueva persona", fontsize=10, color="gray", pad=11)
        self.scatter_new.set_offsets(self.X_new)

    elif 2 <= frame < 2 + len(self.knn.X_train):
        # Paso 3: Dibujar líneas discontinuas y mostrar las distancias
```

```
self.ax.set_title(  
    "Comprobamos distancias a todas las personas de entrenamiento", fontsize=10, color="gray", pad=11  
)  
idx = frame - 2  
self.lines[idx].set_data(  
    [self.X_new[0], self.knn.X_train[idx][0]], [self.X_new[1], self.knn.X_train[idx][1]])  
)  
self.texts[idx].set_position(  
    ((self.X_new[0] + self.knn.X_train[idx][0]) / 2, (self.X_new[1] + self.knn.X_train[idx][1]) / 2)  
)  
self.texts[idx].set_text(f"{self.distances[idx]:.2f}")  
  
elif frame == 2 + len(self.knn.X_train):  
    # Paso 4: Quedarse solo con las 3 líneas con menor distancia  
    self.ax.set_title("Nos quedamos con los 3 vecinos más cercanos", fontsize=10, color="gray", pad=11)  
    for i in range(len(self.knn.X_train)):  
        if i not in self.nearest_neighbors_idx:  
            self.lines[i].set_data([], []) # Eliminar líneas que no sean de los 3 vecinos más cercanos  
            self.texts[i].set_text("") # Eliminar el texto asociado  
        else:  
            self.circles.append(  
                self.ax.scatter(  
                    self.knn.X_train[i][0],  
                    self.knn.X_train[i][1],  
                    facecolors="none",  
                    edgecolors="#D91656",  
                    s=300,  
                    linewidth=2,  
                )  
    )  
  
elif frame == 2 + len(self.knn.X_train) + 1:  
    # Paso 4.a: Quitar las líneas de los vecinos con la clase minoritaria  
    self.ax.set_title("Buscamos la clase mayoritaria", fontsize=10, color="gray", pad=11)  
    for i in self.nearest_neighbors_idx:  
        if self.knn.y_train[i] != self.predicted_class:  
            self.lines[i].set_data([], []) # Eliminar líneas de vecinos de clase minoritaria  
            self.texts[i].set_text("") # Eliminar el texto asociado  
  
elif frame == 2 + len(self.knn.X_train) + 2:  
    # Paso 5: Cambiar el punto a predecir de estrella a un punto de color de la clase mayoritaria  
    self.ax.set_title("Se predice la clase mayoritaria", fontsize=10, color="gray", pad=11)  
    self.scatter_new.set_offsets([self.X_new])  
    self.scatter_new.set_color(self.colors[self.predicted_class])
```

```
elif frame == self.max_frame:  
    # Paso 6: Quitar todas las líneas  
    for line in self.lines:  
        line.set_data([], [])  
    for text in self.texts:  
        text.set_text("")  
  
# Método para avanzar al siguiente paso manualmente  
def next_step(self, event):  
    if self.current_frame < self.max_frame:  
        self.current_frame += 1  
        self.update(self.current_frame)  
  
# Método para ejecutar la secuencia completa automáticamente  
def run_sequence(self, event):  
    self.is_animated = True  
  
    if self.current_frame < self.max_frame:  
        self.ani.resume()  
  
# Método para resetear la animación y volver al estado inicial  
def reset(self, event):  
    self.current_frame = -2  
    self.update(self.current_frame)  
  
    self.scatter_new.set_offsets(np.empty((0, 2))) # Ocultar el nuevo punto  
    self.scatter_new.set_color(self.default_x_new_color)  
  
    for circle in self.circles:  
        circle.remove()  
    self.circles = []  
  
    for line, text in zip(self.lines, self.texts):  
        line.set_data([], [])  
        text.set_text("")  
  
    self.ani.pause() # Pausar la animación  
    self.is_animated = False  
  
# Método para controlar el flujo automático con FuncAnimation  
def auto_update(self, frame):  
    if self.is_animated and self.current_frame < self.max_frame:  
        self.current_frame += 1
```

```

    self.update(self.current_frame)

    if self.current_frame == self.max_frame:
        self.ani.pause() # Detener la animación al final
        self.is_animated = False

    # Método para exportar a HTML, eliminando los botones porque ahora no son necesarios
    def to_jshtml(self) -> str:
        self.is_animated = True
        self.__remove_buttons()
        return self.ani.to_jshtml()

    def __remove_buttons(self) -> None:
        self.button_next.ax.remove()
        self.button_run.ax.remove()
        self.button_reset.ax.remove()

    # Método para actualizar la gráfica en un frame específico sin animación
    def plot_at_frame(self, frame_fix: int) -> None:
        if frame_fix < self.max_frame:
            for i in range(frame_fix + 1):
                self.update(i)

        self.__remove_buttons()
        plt.show()

```

Vamos a aplicar el algoritmo con **k=3**

```

from IPython.display import HTML

X_new = np.array([68, 170]) # Nueva persona a clasificar

# Crear el modelo
model = KNN(k=3, dist_func=euclidean_distance)

# Entrenar el modelo (en KNN consiste solo en guardar los datos de entrenamiento)
model.fit(X_train=X_train, y_train=y_train)

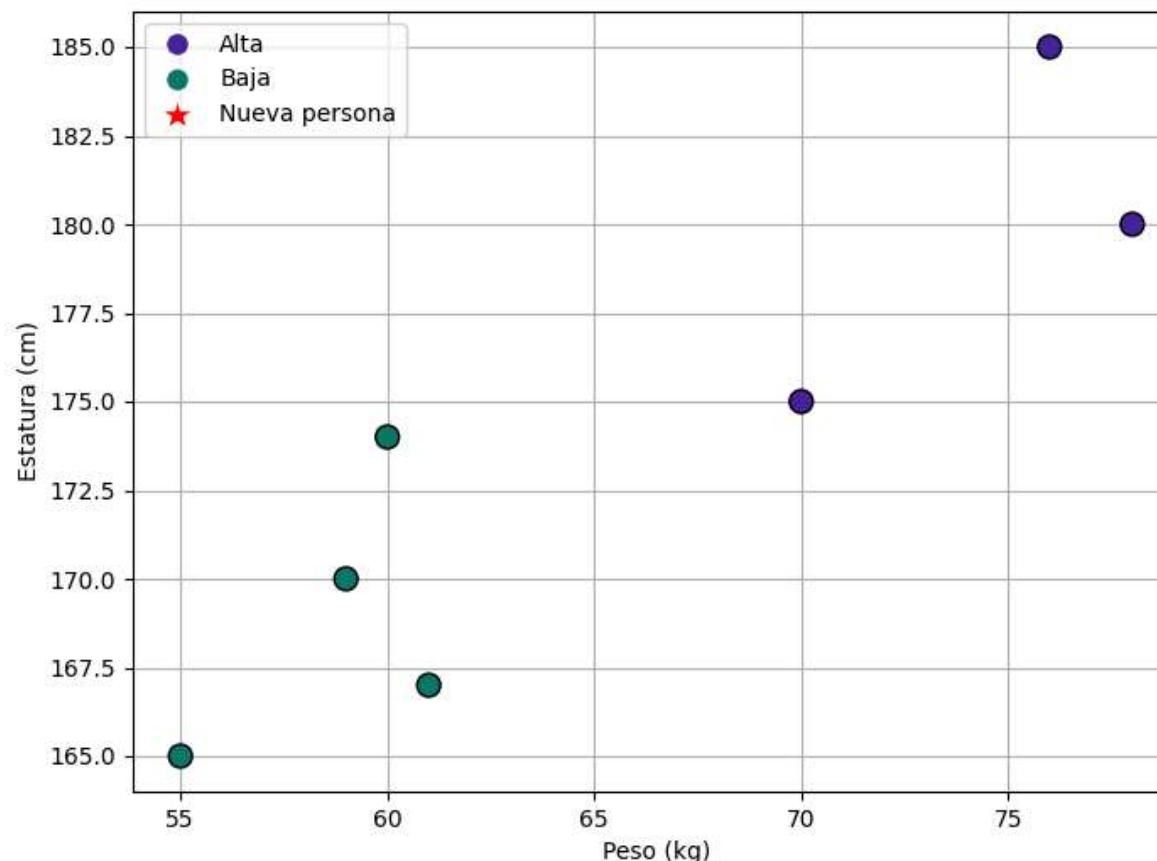
ani_knn_1 = AnimateKNN(knn=model, X_new=X_new, colors=colors, col_names_train=["Peso (kg)", "Estatura (cm)"], class_name="Actividad Física")
plt.close()
HTML(ani_knn_1.to_jshtml())

```



## 3-NN: Actividad Física según Peso (kg) y Estatura (cm)

Dataset de entrenamiento



Progress bar and controls:

- ⏪ ⏴ ⏵ ⏶ ⏷ +

Once  Loop  Reflect

Pregunta: ¿Qué ocurre si solo utilizamos el vecino más cercano k=1?

Que solo mostrará un vecino

```
from IPython.display import HTML

X_new = np.array([68, 170]) # Nueva persona a clasificar

# Crear el modelo con k=1
model = KNN(k=1, dist_func=euclidean_distance)

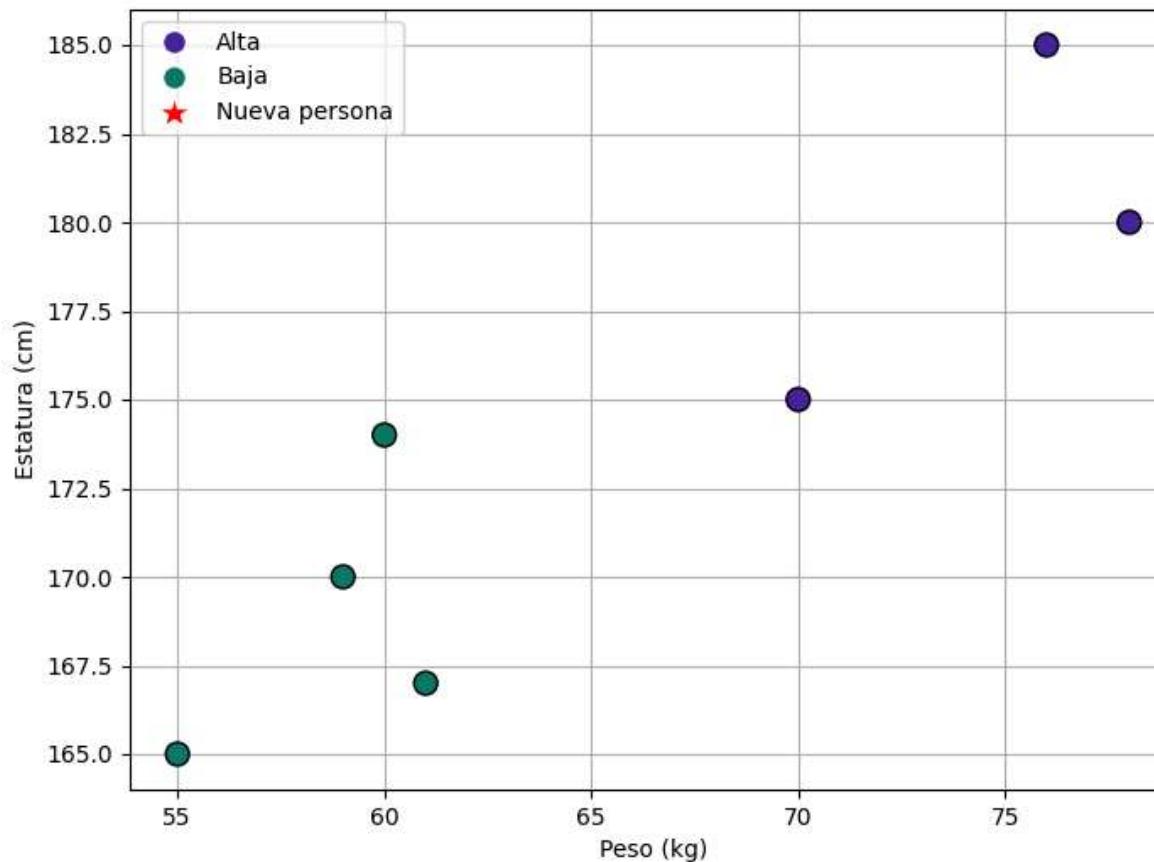
# Entrenar el modelo (en KNN consiste solo en guardar los datos de entrenamiento)
model.fit(X_train=X_train, y_train=y_train)

ani_knn_1 = AnimateKNN(
    knn=model,
    X_new=X_new,
    colors=colors,
    col_names_train=["Peso (kg)", "Estatura (cm)"],
    class_name="Actividad Física",
)
plt.close()
HTML(ani_knn_1.to_jshtml())
```



## 1-NN: Actividad Física según Peso (kg) y Estatura (cm)

Dataset de entrenamiento



█

[-] [⏮] [⏪] [⏸] [⏩] [⏭] [+]

Once  Loop  Reflect

## ▼ 2 La librería sklearn

## 2.1 Reproduciendo el ejemplo anterior

```
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier

# Nuestro modelo
model = KNN(k=3, dist_func=euclidean_distance) # Crear modelo

model.fit(X_train=X_train, y_train=y_train) # Entrenar el modelo

predicted_class_propio = model.predict([X_new]) # Predecir la clase de la nueva persona

# Modelo de sklearn
model_sklearn = KNeighborsClassifier(n_neighbors=3) # Crear modelo

model_sklearn.fit(X_train, y_train) # Entrenar el modelo

predicted_class_sklearn = model_sklearn.predict([X_new]) # Predecir la clase de la nueva persona

print(f"La nueva persona es {dict_clases[predicted_class_sklearn[0]]} (sklearn)") # Ojo: retorna array
print(f"La nueva persona es {dict_clases[predicted_class_propio]} (propio)")


```

→ La nueva persona es Baja (sklearn)  
La nueva persona es Baja (propio)  
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/base.py:493: UserWarning: X does not have valid feature names, but KNeighborsClassifier was fitted with f  
warnings.warn(

Obtener probabilidades: de que sea baja o alta

```
# Obtener las probabilidades de la clasificación
model_sklearn.predict_proba([X_new])[0]
```

→ /usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/base.py:493: UserWarning: X does not have valid feature names, but KNeighborsClassifier was fitted with f  
warnings.warn(  
array([0.33333333, 0.66666667])

Pregunta: ¿Por qué predict y predict\_proba devuelven un array? Porque el método está diseñado para predecir múltiples instancias a la vez, por lo que espera un array.

```
# Predecir varias personas a la vez
X_new = np.array([[68, 170], [80, 180], [60, 160]]) # Array de personas
[dict_clases[i] for i in model_sklearn.predict(X_new)]
```

```
→ /usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/base.py:493: UserWarning: X does not have valid feature names, but KNeighborsClassifier was fitted with f
  warnings.warn(
    ['Baja', 'Alta', 'Baja']
```

## ▼ 2.2 Funcionamiento de los modelos de sklearn

Todos los modelos de sklearn siguen una interfaz común:

Crear el model. Especificando hiperparámetros. Por ejemplo, en -NN, el número de vecinos. Entrenar el modelo (método fit). Utilizando dataset de entrenamiento. Transformar datos (método transform). Utilizar el modelo entrenado para transformar nuevos datos (preprocesamiento). Predecir nuevos datos. Clasificación: métodos predict y predict\_proba. Regresión: método predict

NOTA: Transformando datos: fit\_transform Una vez tenemos un modelo de preprocesamiento entrenado, lo podemos utilizar para transformar los datos que vamos a utilizar con el modelo de predicción. Esto debe hacerse tanto para los datos de entrenamiento como para los de test, y podemos utilizar el método transform después de haber utilizado fit sobre los datos de entrenamiento.

Sin embargo, para los datos de entrenamiento podemos utilizar el método fit\_transform, que entrenará el preprocesador e inmediatamente después transformará los propios datos de entrenamiento, retornándolos ya preprocesados (transformados).

NOTA: Notas sobre los modelos de sklearn En general, los hiperparámetros no se pueden modificar una vez creado el model. Importante: no tiene sentido predecir sin haber entrenado, por lo que llamar a estos métodos sin haber ejecutado fit dará error:

```
from sklearn.exceptions import NotFittedError
try:
    model_without_training = KNeighborsClassifier() # Creamos el objeto pero no entrenamos
    model_without_training.predict(X_new)
except NotFittedError as e:
    print("NotFittedError:", e)
```

NOTA: Si queremos consultar los hiperparámetros de un modelo, podemos hacerlo con el atributo get\_params:

```
model_sklearn.get_params() # Este es el modelo que usamos antes, con k=3
```

```
→ {'algorithm': 'auto',
  'leaf_size': 30,
  'metric': 'minkowski',
```

```
'metric_params': None,  
'n_jobs': None,  
'n_neighbors': 3,  
'p': 2,  
'weights': 'uniform'}
```

## ▼ 2.3 Evaluando los modelos

Hasta ahora simplemente hemos entrenado un modelo y lo hemos utilizado para predecir datos cuyas clases no conocíamos. Normalmente, tras entrenar el modelo queremos conocer su rendimiento antes de desplegarlo para predecir nuevos datos. Para ello, utilizamos un conjunto de test:

NOTA: Los datos de test NO deben ser utilizados para entrenar el modelo.

Esto implica que ninguna de las decisiones que tomemos sobre el preprocessamiento de los datos, sobre los valores de los hiperparámetros, etc. deben ser tomadas en base a los datos de test. Si lo hacemos, se produce un data leak y la evaluación no será fiable.

El procedimiento de evaluación es el siguiente:

Predecir el dataset de test. El modelo ya está entrenado. No se utilizan las etiquetas reales de los datos de test. Comparar las predicciones con las etiquetas reales. Calcular métricas de evaluación. Por ejemplo, el porcentaje de instancias bien clasificadas (accuracy). Veamos un ejemplo de conjunto de test en el problema de clasificación de personas según su actividad física:

Código de visualizar\_predicciones

```
def visualizar_predicciones(X_test: pd.DataFrame, y_test: np.ndarray, y_pred: np.ndarray, title: str, x_label: str, y_label: str, legend_dict: dict = None, x  
fig, ax = plt.subplots(figsize=(5,5))  
  
# Visualizar los puntos de entrenamiento  
ax.scatter(X_test.iloc[:, 0], X_test.iloc[:, 1], c=[colors[c] for c in y_pred],  
          s=100,  
          edgecolor=[colors[y_pred[i]] if y_pred[i] == y_test.iloc[i,0] else "r" for i in range(len(y_pred))],  
          linewidths=2  
)  
  
ax.set_xlabel(x_label)  
ax.set_ylabel(y_label)
```

```

ax.set_title(title)

if x_range is not None:
    ax.set_xlim(x_range)
if y_range is not None:
    ax.set_ylim(y_range)

if legend_dict is not None:
    legend_elements = [
        Line2D([0], [0], marker="o", color="w", markerfacecolor=colors[0], markersize=10, label=legend_dict[0]),
        Line2D([0], [0], marker="o", color="w", markerfacecolor=colors[1], markersize=10, label=legend_dict[1]),
    ]
    plt.legend(handles=legend_elements)

plt.show()

```

Ejemplo:

```

# Cargamos los datos de test (peso y estatura de cada persona de test)
X_test = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/datasets/datos02a_test.csv") # Update the path

# Cargamos las etiquetas de test (nivel de actividad física de cada persona de test)
y_test = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/datasets/datos02a_test_etiquetas.csv") # Update the path

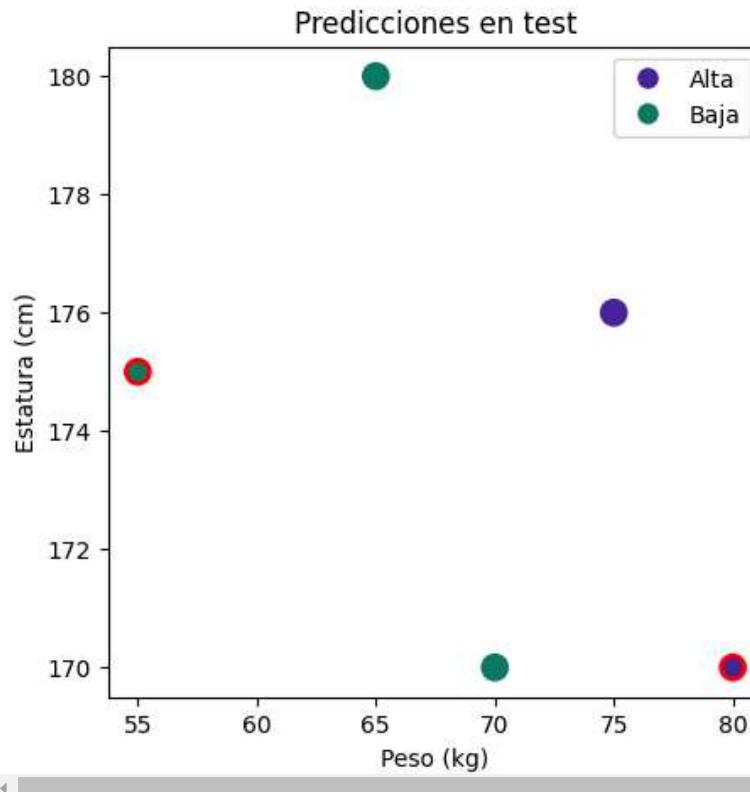
# El modelo ya está entrenado de antes

# Predecir las clases de las personas de test
y_pred = model_sklearn.predict(X_test)

# Mostrar resultados
print(f"Etiquetas predichas:\t{[dict_clases[i] for i in y_pred]}")
print(f"Etiquetas reales:\t{[dict_clases[i] for i in y_test['ActividadFisica']]}")
visualizar_predicciones(X_test, y_test, y_pred, "Predicciones en test", "Peso (kg)", "Estatura (cm)", dict_clases)

```

→ Etiquetas predichas: ['Baja', 'Baja', 'Alta', 'Baja', 'Alta']  
 Etiquetas reales: ['Alta', 'Baja', 'Baja', 'Baja', 'Alta']



No todas las personas han sido clasificadas correctamente. Ahora (que hay pocos datos) vemos bien cuáles si y cuáles no, ¿pero qué pasa cuando el dataset de test tiene muchos más datos? Hay que medir el rendimiento de alguna forma: mediante métricas de evaluación

```
from sklearn.metrics import accuracy_score, confusion_matrix

# Evaluar el modelo
accuracy = accuracy_score(y_test, y_pred) # Accuracy
conf_matrix = confusion_matrix(y_test, y_pred) # Matriz de confusión

print(f"Accuracy: {accuracy:.3f}")
print(f"Matriz de confusión:\n{conf_matrix}")
```

→ Accuracy: 0.600  
 Matriz de confusión:  
 [[1 1]]

[1 2]]

**EJERCICIO:** modelo con datos02b\_train.csv (10 minutos)

Carga los datos de datos02b\_train.csv y entrena un modelo KNN para hacer predicciones con los vecinos más cercanos. Utiliza este modelo para predecir datos02a\_test.csv y obtén el número de instancias bien clasificadas.

¿Mejoran o empeoran las predicciones respecto al modelo con los datos datos02a\_train.csv?

Empieza a programar o a crear código con IA.

**1. Cargar los datos de entrenamiento (datos02b\_train.csv):**

```
df_train_b = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/datasets/datos02b_train.csv")  
  
# Separar las variables (X) de las etiquetas (y)  
X_train_b = df_train_b[["Peso", "Estatura"]]  
y_train_b = df_train_b["ActividadFisica"]
```

**2. Entrenar el modelo KNN con los nuevos datos:**

```
# Crear el modelo con k=3 (igual que antes)  
model_b = KNeighborsClassifier(n_neighbors=3)  
  
# Entrenar el modelo con los nuevos datos  
model_b.fit(X_train_b, y_train_b)
```

**3. Predecir con los datos de prueba (datos02a\_test.csv):**

```
# Cargar los datos de prueba (datos02a_test.csv)
X_test = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/datasets/datos02a_test.csv")

# Predecir las clases de las personas de test
y_pred_b = model_b.predict(X_test)
```

#### 4. Obtener el número de instancias bien clasificadas:

```
# Cargar las etiquetas reales de test (datos02a_test_etiquetas.csv)
y_test = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/datasets/datos02a_test_etiquetas.csv")

# Calcular la precisión (accuracy)
accuracy_b = accuracy_score(y_test, y_pred_b)

print(f"Accuracy con datos02b_train: {accuracy_b:.3f}")
```

→ Accuracy con datos02b\_train: 0.400

#### 5. Comparar con el modelo anterior:

```
print(f"Accuracy con datos02a_train: {accuracy:.3f}") # Accuracy del modelo anterior
print(f"Accuracy con datos02b_train: {accuracy_b:.3f}")

if accuracy_b > accuracy:
    print("Las predicciones mejoran con datos02b_train.csv")
elif accuracy_b < accuracy:
    print("Las predicciones empeoran con datos02b_train.csv")
else:
    print("Las predicciones son iguales con ambos conjuntos de datos")
```

→ Accuracy con datos02a\_train: 0.600  
Accuracy con datos02b\_train: 0.400  
Las predicciones empeoran con datos02b\_train.csv

**Conclusión:** Al ejecutar este código, podrás observar si el modelo entrenado con datos02b\_train.csv produce mejores o peores predicciones en comparación con el modelo anterior. La diferencia en la precisión te dará la respuesta. Espero que esto te ayude a comprender mejor el proceso de entrenamiento y evaluación de modelos KNN.

## ▼ 3 Preprocesamiento de datos

Hasta ahora hemos utilizado los datos directamente al cargarlos. Esto casi nunca es lo correcto, normalmente habrá que revisar los datos de entrenamiento y preprocesarlos antes de entrenar un modelo con ellos. Por ejemplo:

Escalado de características. Si no tienen el mismo rango, las distancias, etc. se ven afectadas. Tratamiento de características categóricas. La mayoría de modelos trabajan con características numéricas, por lo que habrá que codificar las variables cuyo valor no sea numérico.

Tratamiento de valores faltantes. Valores que no existen para alguna instancia en los datos (porque se haya perdido la medida, etc.).

Tratamiento de outliers. Datos que son atípicos y no son útiles para el modelo (pueden deberse a errores en medidas, etc.). En este curso no los vamos a ver porque no nos da tiempo. En sklearn disponéis de varias herramientas para tratarlos. Selección de características. No siempre todas son relevantes para el problema.

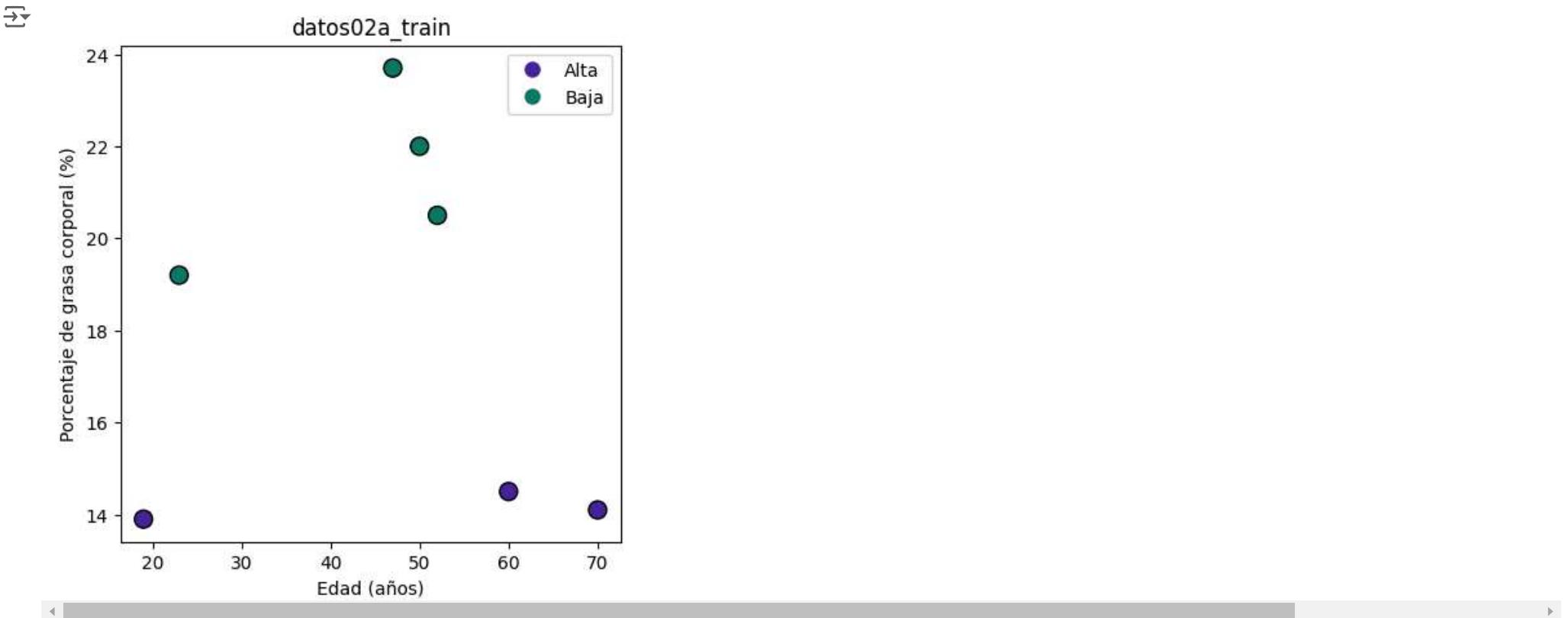
### ▼ 3.1 Escalado de características

Vamos a cargar las dos características adicionales del dataset datos02a\_train.csv: la edad de la persona y su porcentaje de grasa corporal. Y visualizamos estas dos últimas variables

```
df = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/datasets/datos02a_train.csv")

# Separar las variables (X) de las etiquetas (y)
X_train = df[["Edad", "PctGrasaCorporal"]]
y_train = df["ActividadFisica"]

# Visualizar porcentaje de grasa corporal en función de la edad
x_range, y_range = visualizar_datos(X_train, y_train, "datos02a_train", "Edad (años)", "Porcentaje de grasa corporal (%)", dict_clases)
```



¿Qué pasa si ahora queremos predecir el nivel de actividad física de una persona con años y un de grasa corporal? Vamos a utilizar : parece que los tres vecinos más cercanos serían las tres personas con baja actividad de la esquina superior derecha.

```
model = KNN(k=3, dist_func=euclidean_distance)
model.fit(X_train=X_train, y_train=y_train)

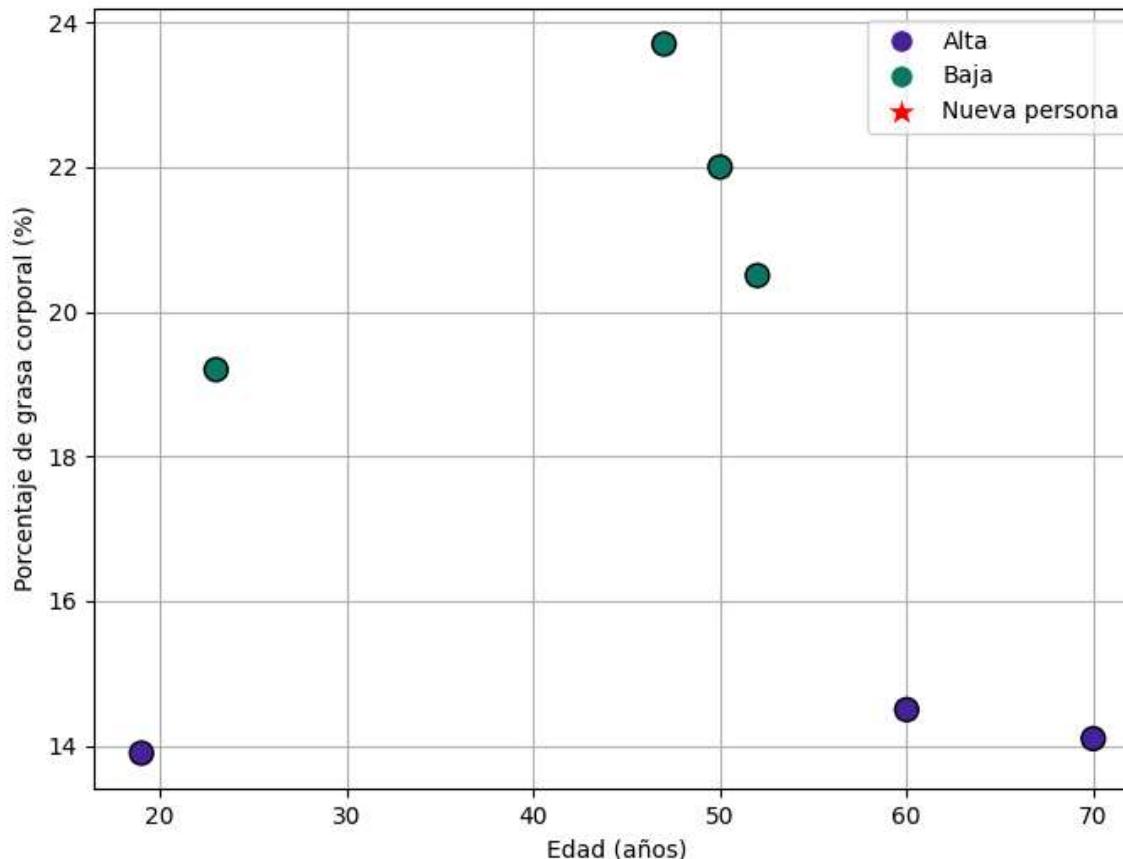
X_new = np.array([65, 23.4]) # Nueva persona a clasificar

ani_knn_3 = AnimateKNN(knn=model, X_new=X_new, colors=colors, col_names_train=["Edad (años)", "Porcentaje de grasa corporal (%)]", class_name="Actividad Física")
plt.close()
HTML(ani_knn_3.to_jshtml())
```



### 3-NN: Actividad Física según Edad (años) y Porcentaje de grasa corporal (%)

Dataset de entrenamiento



Progress bar: [progress bar]

Controls: [-] [⏮] [⏪] [⏸] [⏩] [⏭] [+]

Once  Loop  Reflect

El problema es que la edad y el porcentaje de grasa corporal tienen diferentes escalas! Esto se puede solucionar estandarizando los datos, para que todas las características tengan la misma media y desviación estandar: 1. Todas las características tendrán media . 2. Todas las características tendrán desviación estándar .

Para ello, sklearn proporciona la clase StandardScaler dentro del módulo sklearn.preprocessing, que genera un objeto que nos permite aprender y realizar las transformaciones de la siguiente forma:

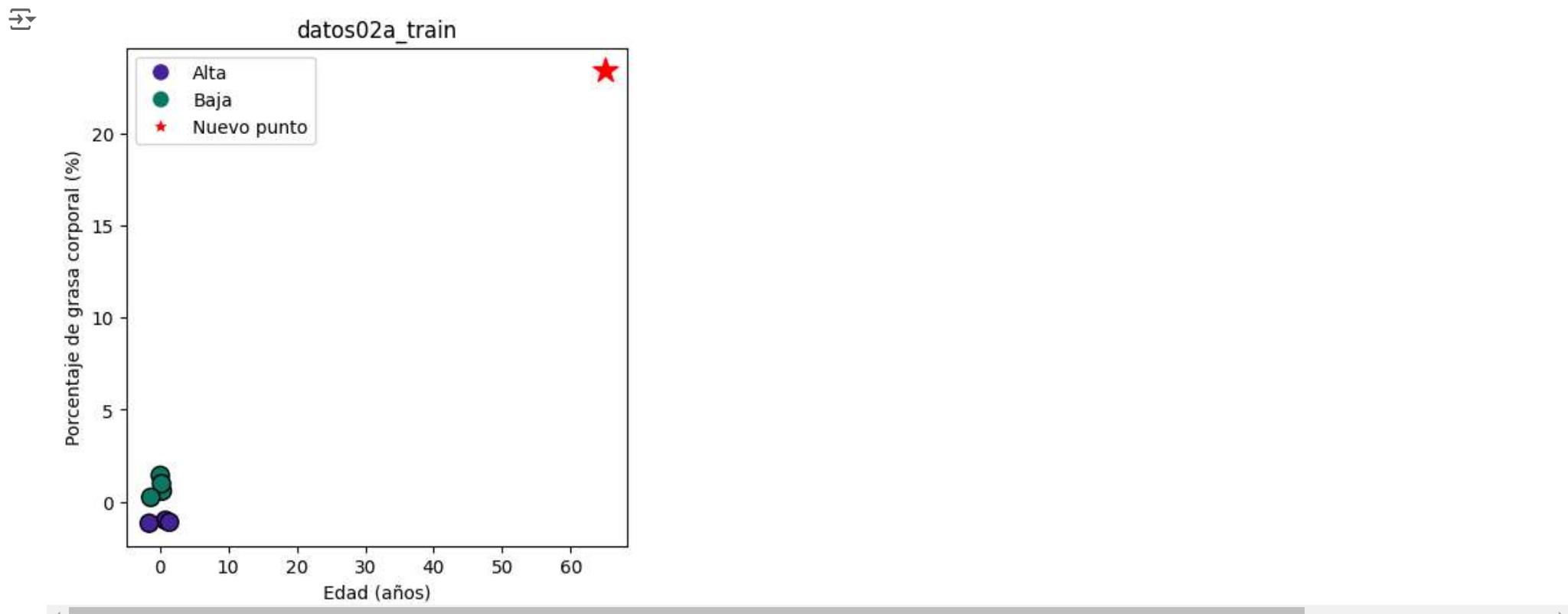
```
from sklearn.preprocessing import StandardScaler  
  
scaler = StandardScaler()  
X_train_scaled = scaler.fit_transform(X_train)
```

NOTA: Debemos estandarizar cada característica por separado StandardScaler actúa independientemente en cada característica:

Para cada columna (característica): Obtiene su media y su desviación estándar. Resta la media y divide por la desviación estándar. Almacena la media y la desviación estándar para poder hacer transformaciones en el futuro.

Ahora la situación habrá cambiado:

```
x_range, y_range = visualizar_datos(X_train_scaled, y_train, "datos02a_train", "Edad (años)", "Porcentaje de grasa corporal (%)", dict_clases, X_new)
```



Pero todavía falta escalar el dato nuevo. **La media y desviación estándar** deben ser las de entrenamiento, ya que no podemos sacar información de los datos de test.

Ahora la predicción será diferente:

```
model = KNN(k=3, dist_func=euclidean_distance)
model.fit(X_train=X_train_scaled, y_train=y_train)

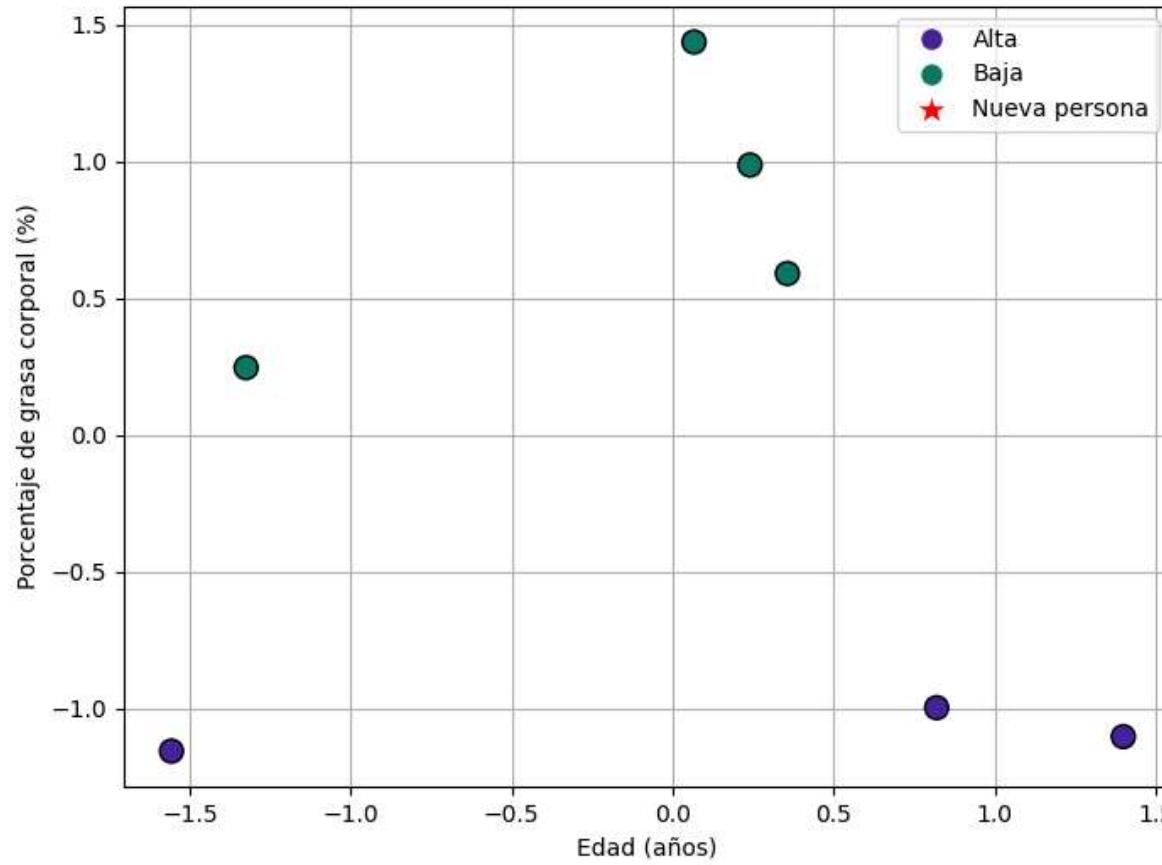
# Escalar el nuevo punto!!
X_new_scaled = scaler.transform([X_new])[0]

ani_knn_4 = AnimateKNN(knn=model, X_new=X_new_scaled, colors=colors, col_names_train=["Edad (años)", "Porcentaje de grasa corporal (%)", "Actividad física"], class_name="Actividad física")
plt.close()
HTML(ani_knn_4.to_jshtml())
```

```
→ /usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/base.py:493: UserWarning: X does not have valid feature names, but StandardScaler was fitted with feature
warnings.warn(
```

### 3-NN: Actividad Física según Edad (años) y Porcentaje de grasa corporal (%)

Dataset de entrenamiento



## 3.2 Tratamiento de características categóricas

Hasta ahora hemos trabajado con variables numéricas. Pero, ¿qué pasa si tenemos variables categóricas? Por ejemplo, si queremos utilizar el estado civil de las personas como información adicional.

```
df = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/datasets/datos04_train.csv")

# Separar las variables (X) de las etiquetas (y)
X_train = df.drop(columns=["ActividadFisica"]) # Quitar la columna de clase
y_train = df["ActividadFisica"]

print(f"Valores de la característica EstadoCivil: {X_train['EstadoCivil'].unique()}")
```

→ Valores de la característica EstadoCivil: ['casado' 'soltero' 'divorciado']

Si intentamos escalar datos no numéricos, obtendremos un error

```
# Escalar las variables numéricas
scaler = StandardScaler()

try:
    X_train_scaled = scaler.fit_transform(X_train)
except ValueError as e:
    print("ValueError:", e)

→ ValueError: could not convert string to float: 'casado'
```

También obtendremos un error si entrenamos un modelo numérico (como k-NN) directamente.

```
# Escalar las variables numéricas
model = KNeighborsClassifier(n_neighbors=3)

try:
    model_sklearn.fit(X_train, y_train) # Tratar de entrenar el modelo
except ValueError as e:
    print("ValueError:", e)

→ ValueError: could not convert string to float: 'casado'
```

La técnica más común para tratar variables categóricas es **One-Hot encoding**:

Para cada columna (característica) categórica: Se obtiene los valores únicos de la columna. Se crea una nueva columna (una nueva característica) para cada valor único. Para cada instancia del dataset y cada columna nueva: Se asigna un si la instancia tiene ese valor y un en caso contrario. En sklearn se puede hacer con la clase OneHotEncoder.

Primero buscamos qué variables son categóricas y cuáles numéricas:

```
# Variables categóricas
categorical_features = X_train.select_dtypes(include=["object"]).columns.tolist()

# Variables numéricas
numeric_features = X_train.select_dtypes(include=["number"]).columns.tolist()

print(f"Las variables numéricas son: {numeric_features}")
print(f"Las variables categóricas son: {categorical_features}")
print(f"Valores de la característica EstadoCivil: {X_train['EstadoCivil'].unique()}")


↳ Las variables numéricas son: ['Peso', 'Estatura', 'Edad', 'PctGrasaCorporal']
Las variables categóricas son: ['EstadoCivil']
Valores de la característica EstadoCivil: ['casado' 'soltero' 'divorciado']
```

Y ahora queremos hacer OneHotEncoding de las variables categóricas y estandarizar las numéricas. Con ColumnTransformer podemos especificar que tipo de preprocessamiento realizamos sobre cada característica:

```
from sklearn.compose import ColumnTransformer
from sklearn.preprocessing import OneHotEncoder

# Estandarizar las numéricas y One-Hot encoding de las categóricas
preprocessor = ColumnTransformer(
    transformers=[
        ("num", StandardScaler(), numeric_features),
        ("cat", OneHotEncoder(), categorical_features)
    ]
)

# Preprocesar los datos de entrenamiento
X_train_processed = preprocessor.fit_transform(X_train)

# Ver cómo han cambiado los datos ahora
print("La primera instancia era originalmente:")
print(X_train.iloc[0]) # Esto es un DataFrame de Pandas
```

```
print("\nLa primera instancia ahora es:")
X_train_processed[0] # Esto es un array de NumPy
```

→ La primera instancia era originalmente:

Peso	80.1
Estatura	172.5
Edad	74
PctGrasaCorporal	17.8
EstadoCivil	casado
Name:	0, dtype: object

La primera instancia ahora es:

```
array([0.55679471, 0.30659255, 1.68853421, 0.46309459, 1.          ,
       0.          , 0.          ])
```

NOTA: ¿Cómo sé qué columnas corresponden a qué variables?

```
def get_onehot_columns(numeric_col_names: list, ohe: OneHotEncoder) -> np.ndarray:
    # Obtener los nombres de las columnas categóricas tras el OneHotEncoding
    categorical_column_names = ohe.get_feature_names_out(categorical_features)

    # Concatenar ambos conjuntos de nombres de columnas
    return np.concatenate([numeric_col_names, categorical_column_names])

ohe = preprocessor.named_transformers_["cat"] # Acceder al OneHotEncoder
```

```
# Convertir el resultado a un DataFrame para visualizarlo con nombres de columnas
X_train_processed_df = pd.DataFrame(X_train_processed, columns=get_onehot_columns(numeric_features, ohe))
```

```
# Mostrar la primera fila del DataFrame resultante
```

```
print("Primera instancia del dataset:\n")
```

```
print(X_train_processed_df.head(1))
```

→ Primera instancia del dataset:

Peso	Estatura	Edad	PctGrasaCorporal	EstadoCivil_casado	\
0	0.556795	0.306593	1.688534	0.463095	1.0
	EstadoCivil_divorciado	EstadoCivil_soltero			
0	0.0	0.0			

Están en el mismo orden que en el DataFrame original, pero las columnas categóricas se han expandido con cada uno de sus valores originales.

### ✓ 3.3 Imputacion de valores faltantes

Los valores faltantes (missing values) ocurren cuando no se dispone del valor de una característica para una instancia en particular.

Hay múltiples técnicas que se pueden emplear para tratar este tipo de errores en el dataset, ya que muchos algoritmos no funcionan con valores desconocidos. Una de las más comunes es la imputación: llenar los valores faltantes siguiendo una regla. En sklearn es posible gracias a la clase SimpleImputer:

La estrategia de imputación (cómo se obtiene el valor nuevo que sustituye al faltante) puede ser:

mean: la media de los valores de la columna. Solo valores numéricos. median: la mediana de los valores de la columna. Solo valores numéricos. most\_frequent: el valor más frecuente de la columna. Para strings y numéricos. constant: un valor constante que se especifica con el parámetro fill\_value. Para strings y numéricos. Para las variables numéricas:

```
from sklearn.impute import SimpleImputer

imp = SimpleImputer(missing_values=np.nan, strategy="mean") # default

print(imp.fit_transform([[1, 2], [np.nan, 3], [7, 6]]))

# Si queremos aplicar la misma imputación sobre otro conjunto de datos
print(imp.transform([[np.nan, 2], [6, np.nan], [7, 6]]))

[[1. 2.]
 [4. 3.]
 [7. 6.]]
 [[4.      2.      ]
 [6.      3.66666667]
 [7.      6.      ]]
```

Para las variables categóricas:

```
df = pd.DataFrame([ ["a", "x"],
                    [np.nan, "y"],
                    ["a", np.nan],
                    ["b", "y"]],
                    dtype="category")

imp = SimpleImputer(strategy="most_frequent")
```

```
print(imp.fit_transform(df))
```

```
→ [[['a' 'x']
  ['a' 'y']
  ['a' 'y']
  ['b' 'y']]
```

### EJERCICIO: preprocesamiento de datos (15 minutos)

El archivo MathLearningDataset.csv contiene datos modificados a partir del dataset Assessing Mathematics Learning in Higher Education, disponible públicamente en el UCI Machine Learning Repository. Es un dataset con datos de estudiantes y preguntas de examen, y la variable objetivo es si la respuesta a cada pregunta es correcta o no (columna Type of Answer).

Carga los datos y visualiza las primeras filas para conocer qué características tiene. Separa los datos de sus etiquetas. Analiza las columnas y comprueba qué técnicas de preprocesamiento son necesarias. Aplica las técnicas de preprocesamiento necesarias.

#### Cargar los datos y visualizar las primeras filas:

```
import pandas as pd

# Cargar el dataset
df = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/datasets/MathLearningDataset.csv")

# Visualizar las primeras filas
df.head()
```

	Student ID	Student Country	Question ID	Type of Answer	Question Level	Topic	Subtopic	Student Age	Response Time (s)
0	647	Ireland	77	0	Basic	Statistics	Statistics	28.0	53.0
1	41	Portugal	77	1	Basic	Statistics	Statistics	20.0	74.0
2	340	Portugal	77	1	Basic	Statistics	Statistics	27.0	64.0
3	641	Italy	77	0	Basic	Statistics	Statistics	18.0	42.0
4	669	Portugal	77	1	Basic	Statistics	Statistics	18.0	30.0

Paso 2: Separar los datos de sus etiquetas

```
# Separar las variables (X) de las etiquetas (y)
X = df.drop(columns=["Type of Answer"]) # Quitar la columna de clase
y = df["Type of Answer"]
```

### Paso 3: Analizar las columnas y determinar el preprocesamiento necesario

```
df.info()
df.describe()
```

```
→ <class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 9546 entries, 0 to 9545
Data columns (total 9 columns):
 #   Column           Non-Null Count  Dtype  
--- 
 0   Student ID       9546 non-null   int64  
 1   Student Country  9463 non-null   object  
 2   Question ID      9546 non-null   int64  
 3   Type of Answer   9546 non-null   int64  
 4   Question Level   9461 non-null   object  
 5   Topic             9473 non-null   object  
 6   Subtopic          9474 non-null   object  
 7   Student Age      9460 non-null   float64 
 8   Response Time (s) 9468 non-null   float64 
dtypes: float64(2), int64(3), object(4)
memory usage: 671.3+ KB
```

	Student ID	Question ID	Type of Answer	Student Age	Response Time (s)
count	9546.000000	9546.000000	9546.000000	9460.000000	9468.000000
mean	775.402263	478.912319	0.468259	22.908879	63.741234
std	460.590559	249.244061	0.499018	4.152163	20.237755
min	26.000000	77.000000	0.000000	17.000000	27.000000
25%	380.000000	323.000000	0.000000	20.000000	49.000000
50%	885.000000	428.000000	0.000000	22.000000	63.000000
75%	1219.000000	571.000000	1.000000	25.000000	78.000000
max	1565.000000	1549.000000	1.000000	40.000000	147.000000

### Paso 4: Aplicar las técnicas de preprocesamiento

```
from sklearn.compose import ColumnTransformer
from sklearn.preprocessing import StandardScaler, OneHotEncoder
from sklearn.impute import SimpleImputer

# Definir las transformaciones
preprocessor = ColumnTransformer(
    transformers=[
        ("num", StandardScaler(), ["Student Age", "Response Time (s)"]), # Columnas numéricas
        ("cat", OneHotEncoder(sparse_output=False, handle_unknown='ignore'), ["Student Country", "Question Level", "Topic", "Subtopic"]), # Columnas categóricas
        ("impute_num", SimpleImputer(strategy="mean"), ["Student Age", "Response Time (s)]),
        ("impute_cat", SimpleImputer(strategy="most_frequent"), ["Student Country", "Question Level", "Topic", "Subtopic"]),
    ]
)

# Aplicar las transformaciones a los datos
X_processed = preprocessor.fit_transform(X)
# Imprime
print(X_processed)

[[1.2262018971700026 -0.5307802753233711 1.0 ... 'Basic' 'Statistics'
  'Statistics']
 [-0.700606781411157 0.5069390562465244 0.0 ... 'Basic' 'Statistics'
  'Statistics']
 [0.9853508123473577 0.012786993594193174 0.0 ... 'Basic' 'Statistics'
  'Statistics']
 ...
 [-0.459755696588512 -0.38253465652767177 0.0 ... 'Basic'
  'Fundamental Mathematics' 'Algebraic expressions']
 [-0.459755696588512 0.062202199859426294 0.0 ... 'Basic'
  'Fundamental Mathematics' 'Algebraic expressions']
 [-0.459755696588512 -1.2225931630366347 0.0 ... 'Basic'
  'Fundamental Mathematics' 'Algebraic expressions']]
```

## ▼ 4 Pipelines

Hasta ahora hemos visto cómo preprocessar los datos de forma manual, haciendo paso a paso todo nosotros. sklearn proporciona una forma más sencilla de hacerlo: los pipelines. Los pipelines representan la secuencia de pasos que se aplican a los datos: métodos de preprocessamiento y modelos de predicción.

Primero cargamos los datos como siempre:

```
# Cargar el conjunto de datos
df = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/datasets/datos05_train.csv")

# Separar las variables (X) de las etiquetas (y)
X_train = df.drop(columns=["ActividadFisica"]) # Quitar la columna de clase
y_train = df["ActividadFisica"]
```

Comprobar el número de instancias y si existen valores faltantes:

```
print(f"Nº de instancias {len(X_train)}\n")
X_train.info()
```

→ Nº de instancias 1500

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 1500 entries, 0 to 1499
Data columns (total 5 columns):
 #   Column      Non-Null Count  Dtype  
---  --  
 0   Peso         1480 non-null   float64 
 1   Estatura     1484 non-null   float64 
 2   Edad          1484 non-null   float64 
 3   PctGrasaCorporal  1491 non-null   float64 
 4   EstadoCivil    1486 non-null   object  
dtypes: float64(4), object(1)
memory usage: 58.7+ KB
```

Comprobar el rango de valores de las variables numéricas:

```
X_train.describe()
```

	Peso	Estatura	Edad	PctGrasaCorporal
<b>count</b>	1480.000000	1484.000000	1484.000000	1491.000000
<b>mean</b>	73.341659	168.992790	46.064016	16.425865
<b>std</b>	21.757760	11.276414	16.566524	7.176750
<b>min</b>	40.000000	139.300000	18.000000	5.000000
<b>25%</b>	61.175000	160.900000	32.000000	13.100000
<b>50%</b>	71.400000	168.500000	45.000000	15.900000
<b>75%</b>	81.600000	176.550000	60.250000	18.800000
<b>max</b>	298.361170	201.300000	74.000000	98.042779

Como hay valores faltantes, características categóricas y las características numéricas no están en el mismo rango, tenemos que realizar un preprocesamiento de los datos. En nuestro caso queríamos aplicar los siguientes pasos:

Características categóricas: Imputar valores faltantes con el valor más frecuente. One-Hot encoding de cada característica. Características numéricas: Imputar valores faltantes con la media. Estandarizar los valores de cada columna. Sobre todas las características preprocesadas: Entrenar un modelo -NN. Y además cuando queramos predecir nuevos datos, también tendremos que aplicar los mismos pasos de preprocesamiento (el paso 3.1. se sustituye por predicción).

La clase Pipeline de sklearn.pipeline permite integrar todos los anteriores pasos en un único "bloque".

```
from sklearn.pipeline import Pipeline

categorical_features = X_train.select_dtypes(include=["object"]).columns.tolist() # Variables categóricas
numeric_features = X_train.select_dtypes(include=["number"]).columns.tolist() # Variables numéricas

# Primer pipeline: preprocesar las variables numéricas
numeric_transformer = Pipeline(steps=[("imputer", SimpleImputer(strategy="mean")), ("scaler", StandardScaler())])

# Segundo pipeline: preprocesar las variables categóricas
categorical_transformer = Pipeline(
    steps=[("imputer", SimpleImputer(strategy="most_frequent")), ("encoder", OneHotEncoder(handle_unknown="ignore"))]
)

# Create a pipeline de preprocesamiento
preprocessor = ColumnTransformer(
    transformers=[
```

```

        ("num", numeric_transformer, numeric_features),
        ("cat", categorical_transformer, categorical_features),
    ]
)

```

preprocessor



Este procesador hay que entrenarlo sobre los datos de entrenamiento, y luego transformar tanto los datos de entrenamiento como los de test.

```

# Preprocesar los datos de entrenamiento
X_train_processed = preprocessor.fit_transform(X_train)

# Ver cómo han cambiado los datos ahora
print("La primera instancia era originalmente:")
print(X_train.iloc[0]) # Esto es un DataFrame de Pandas

print("\nLa primera instancia después del preprocesamiento es:")
X_train_processed[0] # Esto es un array de NumPy

```

La primera instancia era originalmente:

Peso	80.1
Estatura	172.5
Edad	74.0
PctGrasaCorporal	17.8
EstadoCivil	casado
Name:	0, dtype: object

La primera instancia después del preprocesamiento es:

```

array([0.31281494, 0.31279935, 1.69592889, 0.19211176, 1.          ,
       0.          , 0.          ])

```

Ahora que tenemos el paso de preprocessamiento creado, falta completar el pipeline con el modelo de predicción. Esto permitirá crear un único

```
# Incluir el clasificador en el pipeline
model = KNeighborsClassifier(n_neighbors=3)

# Crear el pipeline final
pipeline = Pipeline(steps=[
    ("preprocessor", preprocessor), # Primer paso: preprocessador los datos
    ("classifier", model)         # Segundo paso: clasificar los datos
])

pipeline
```

