

Machine Learning en el estudio del Alzheimer. Aplicaciones desde la ingeniería para la clínica

Carmen Jiménez Mesa



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



DaSCI

Instituto Andaluz de Investigación en
Data Science and Computational Intelligence

Sobre mi: Carmen Jiménez Mesa



Investigadora postdoctoral (PhD 2023)

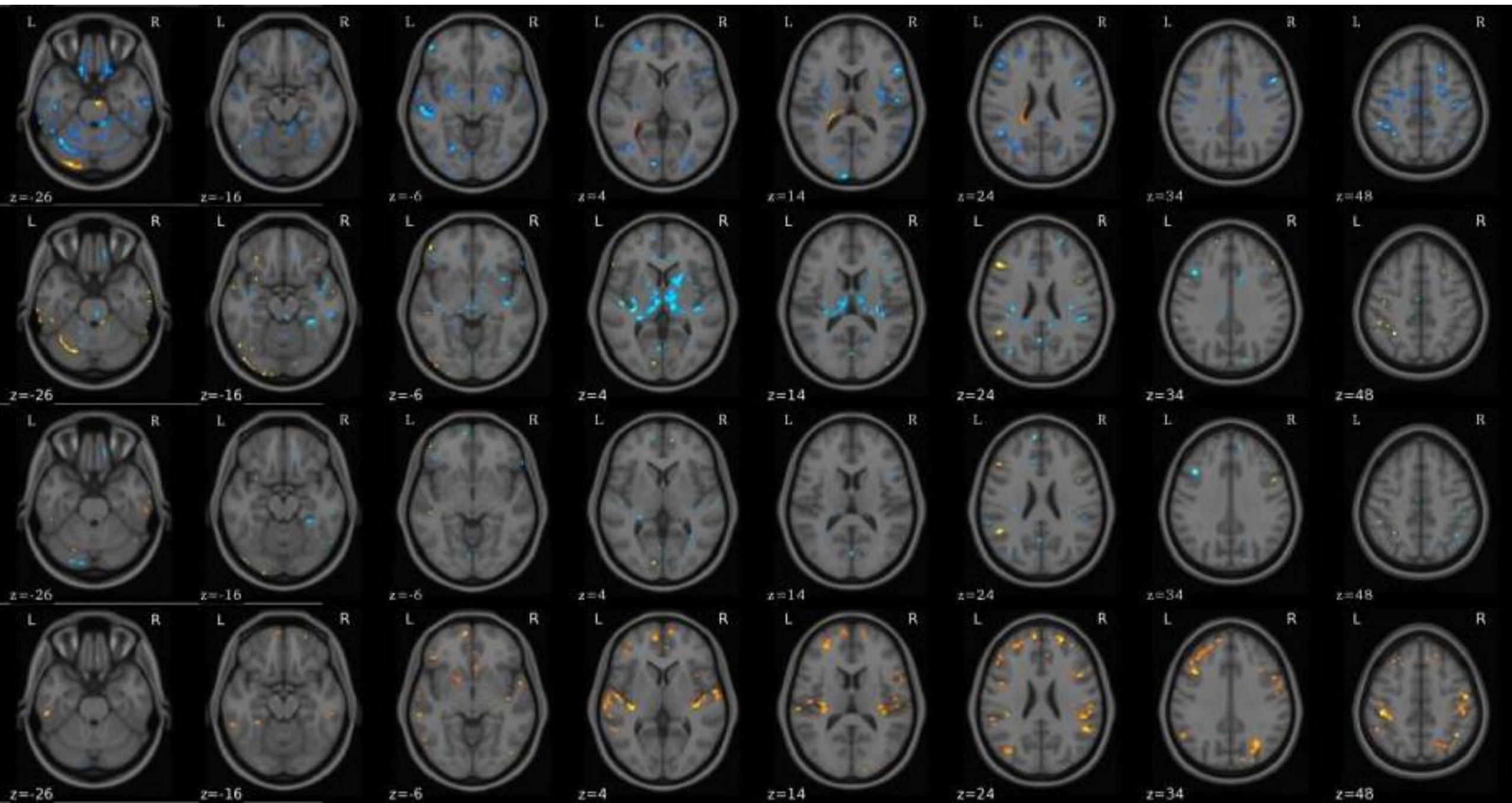
Signal Processing and Biomedical Applications (SiPBA)
Departamento de Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones
Universidad de Granada



Línea de investigación: procesamiento de señales biomédicas, especialmente neuroimagen, a través de la aplicación de aprendizaje máquina. Generación de sistemas de ayuda al diagnóstico (sistemas CAD)



carmenj@ugr.es



The image features a 4x6 grid of 24 axial brain MRI slices. Each slice is labeled with 'L' for left and 'R' for right at the top. The slices are arranged in three rows of two columns. The first row shows slices at z = -20, z = -16, z = -6, z = 4, z = 14, z = 24, z = 34, and z = 48. The second row shows slices at z = -26, z = -16, z = -6, z = 4, z = 14, z = 24, z = 34, and z = 48. The third row shows slices at z = -26, z = -16, z = -6, z = 4, z = 14, z = 24, z = 34, and z = 48. A large, light blue, cloud-like shape is centered over the grid, containing the text 'Enfermedad de Parkinson' in bold black font. The cloud has a white outline and is semi-transparent, allowing the brain slices to be seen through it. The text is centered within the cloud.

Enfermedad de Parkinson

The background of the slide is a grid of 20 axial brain MRI slices. The slices are arranged in 4 rows and 5 columns. The first and last columns show slices with colored overlays (blue, yellow, green) indicating specific brain regions. The middle three columns show slices with different colored overlays. A large, light blue, cloud-like shape is centered over the grid, containing the text 'Enfermedad de Parkinson' and 'Trastorno del Espectro Autista'.

Enfermedad de Parkinson

Trastorno del Espectro Autista



Enfermedad de Parkinson

Trastorno del Espectro Autista

Esquizofrenia

The background of the slide is a grid of 20 axial brain MRI slices. Each slice is labeled with 'L' for left and 'R' for right. The slices are arranged in a 4x5 grid. The first column shows slices at z = -26, -16, -6, and 4. The second column shows slices at z = 14, 24, 34, and 48. The third column shows slices at z = -26, -16, -6, and 4. The fourth column shows slices at z = 14, 24, 34, and 48. The fifth column shows slices at z = -26, -16, -6, and 4. The slices are mostly grayscale, but some have colored overlays (blue, yellow, green) indicating specific regions of interest or abnormalities.

Enfermedad de Parkinson

Trastorno del Espectro Autista

Tumores

Esquizofrenia

The background of the slide is a grid of 20 axial brain MRI slices. Each slice is labeled with 'L' for left and 'R' for right at the top. Below each slice is a z-axis coordinate. The slices show various colored overlays: blue, yellow, and green. A large, light blue cloud shape is centered on the slide, containing five text labels.

Enfermedad de Parkinson

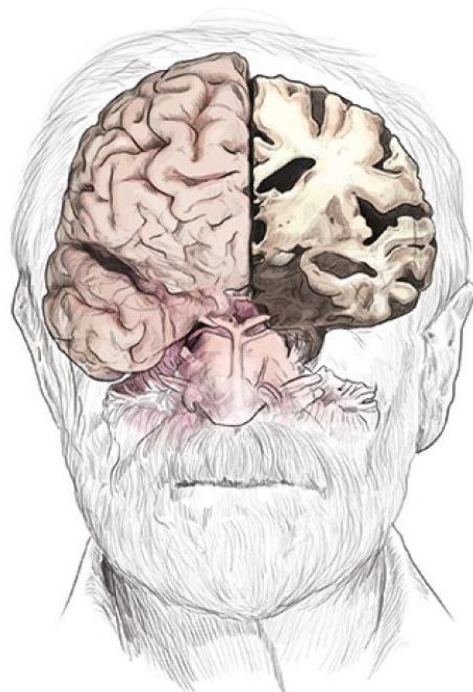
Trastorno del Espectro Autista

Tumores

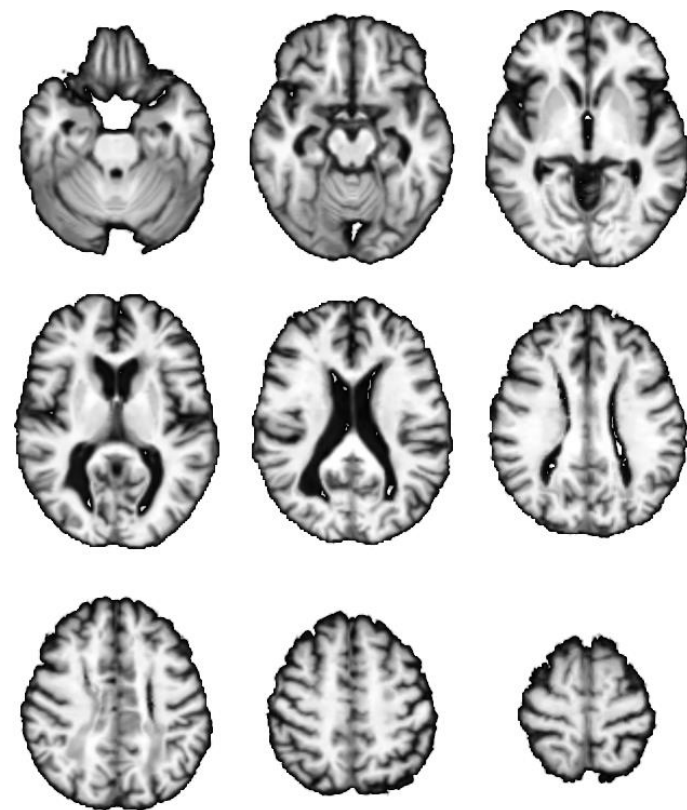
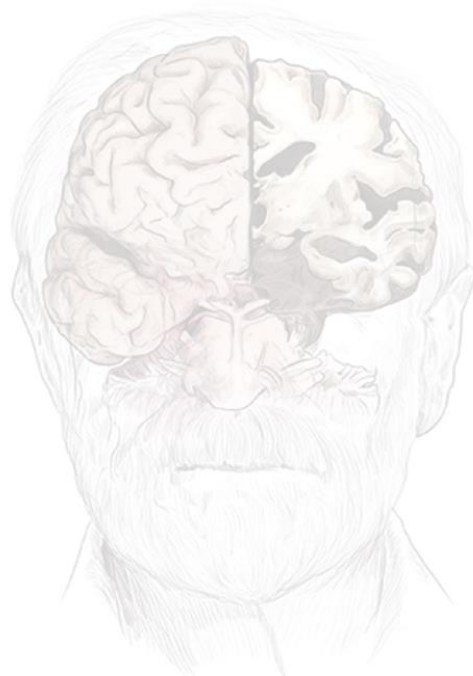
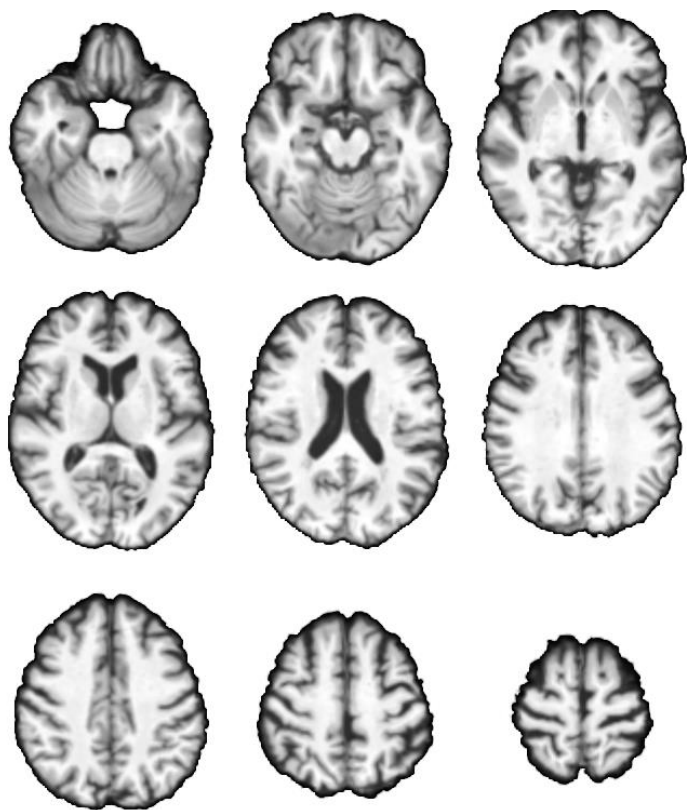
Esquizofrenia

Enfermedad de Alzheimer

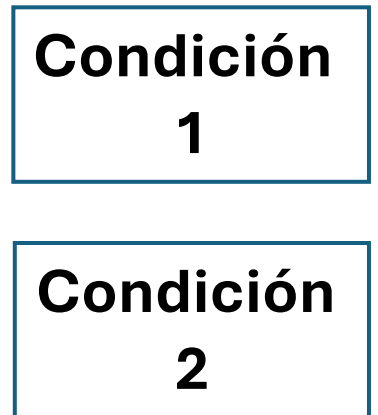
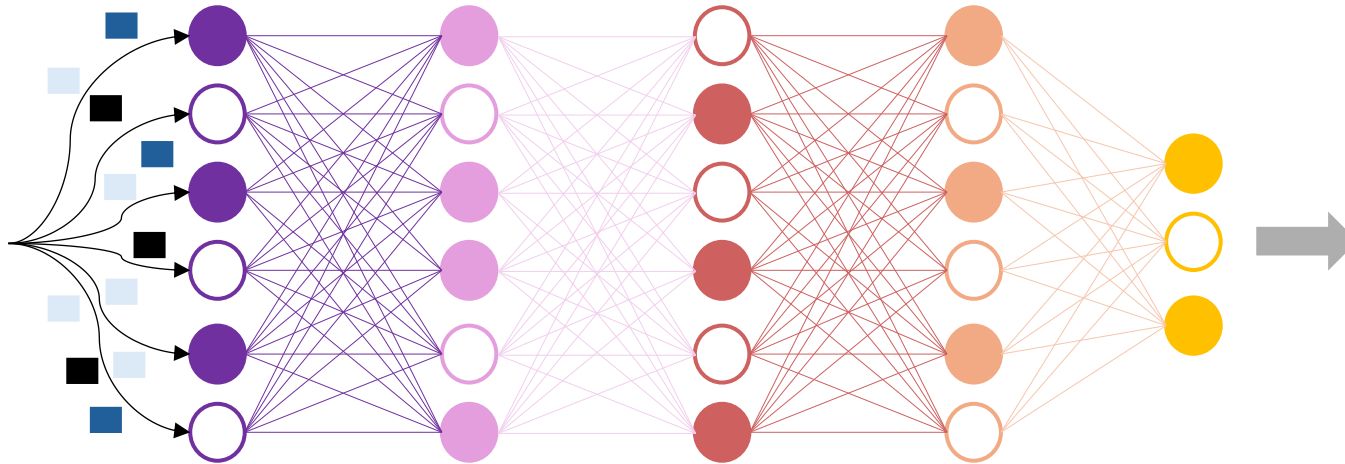
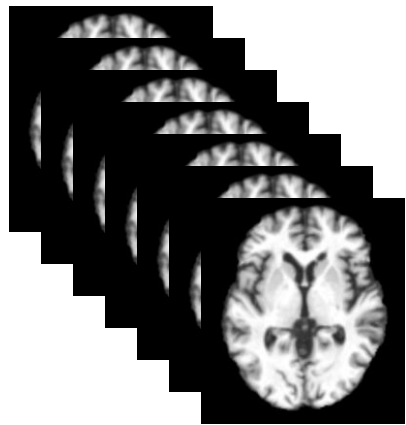
ENFERMEDAD DE ALZHEIMER



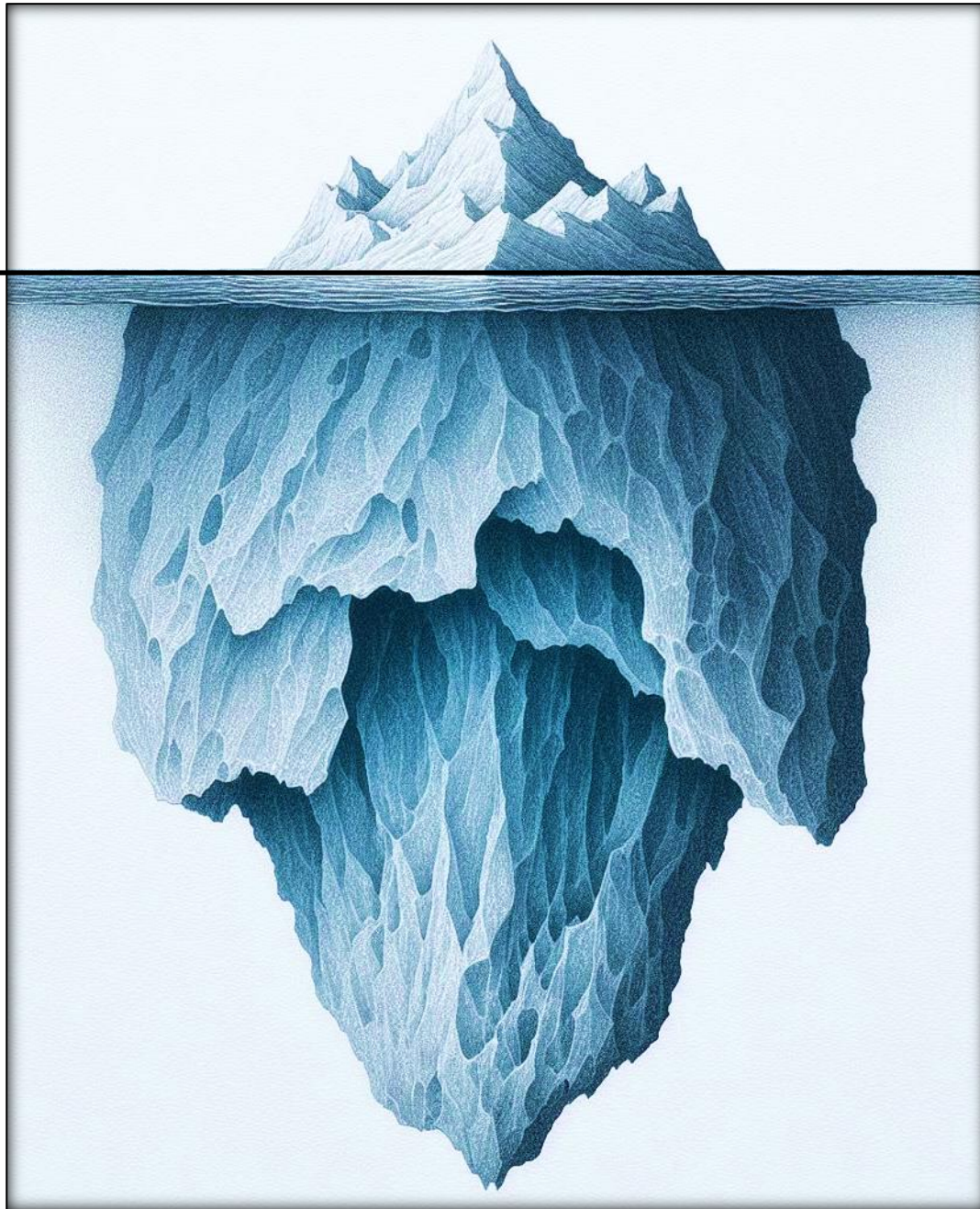
ENFERMEDAD DE ALZHEIMER



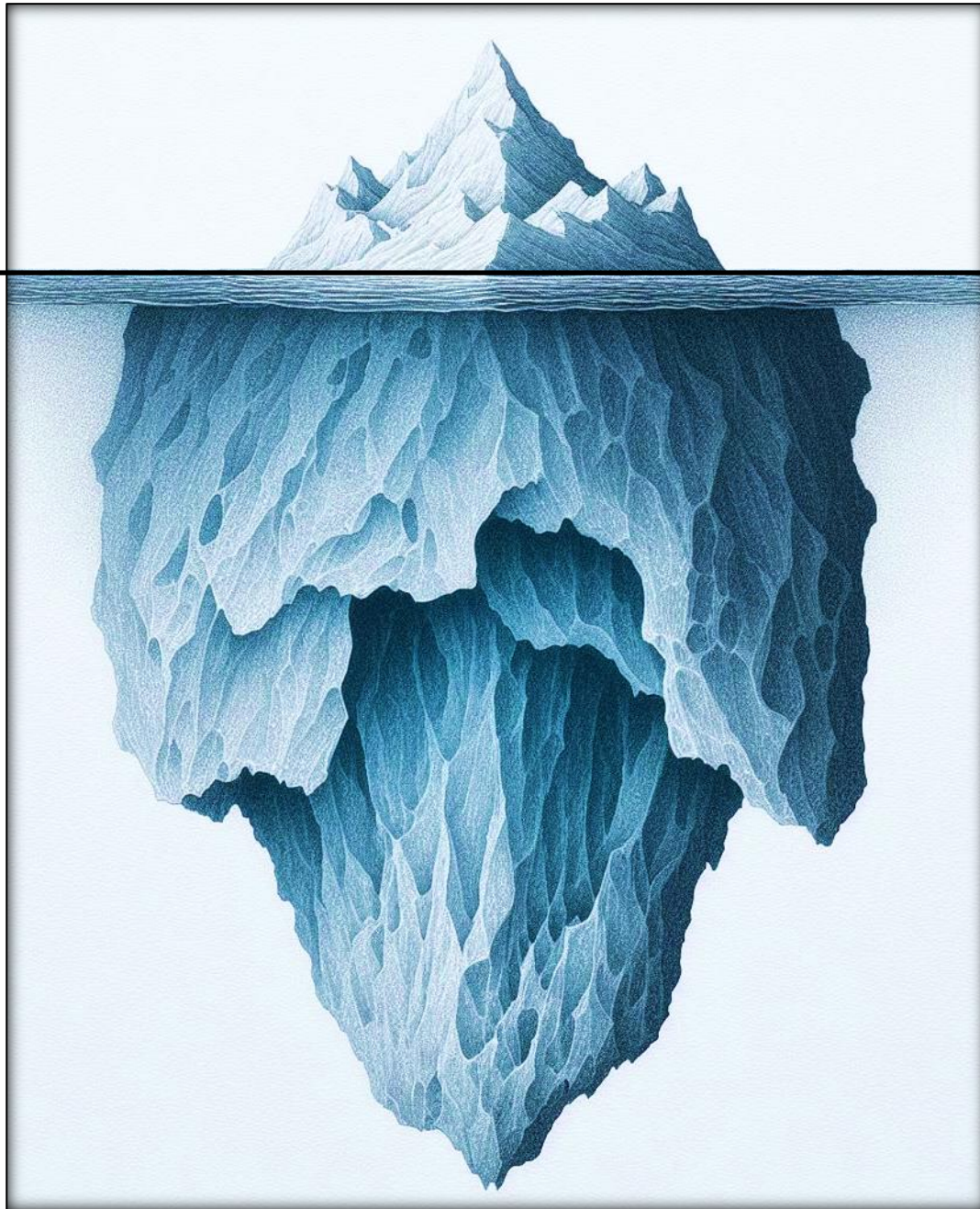
Modelo de aprendizaje máquina





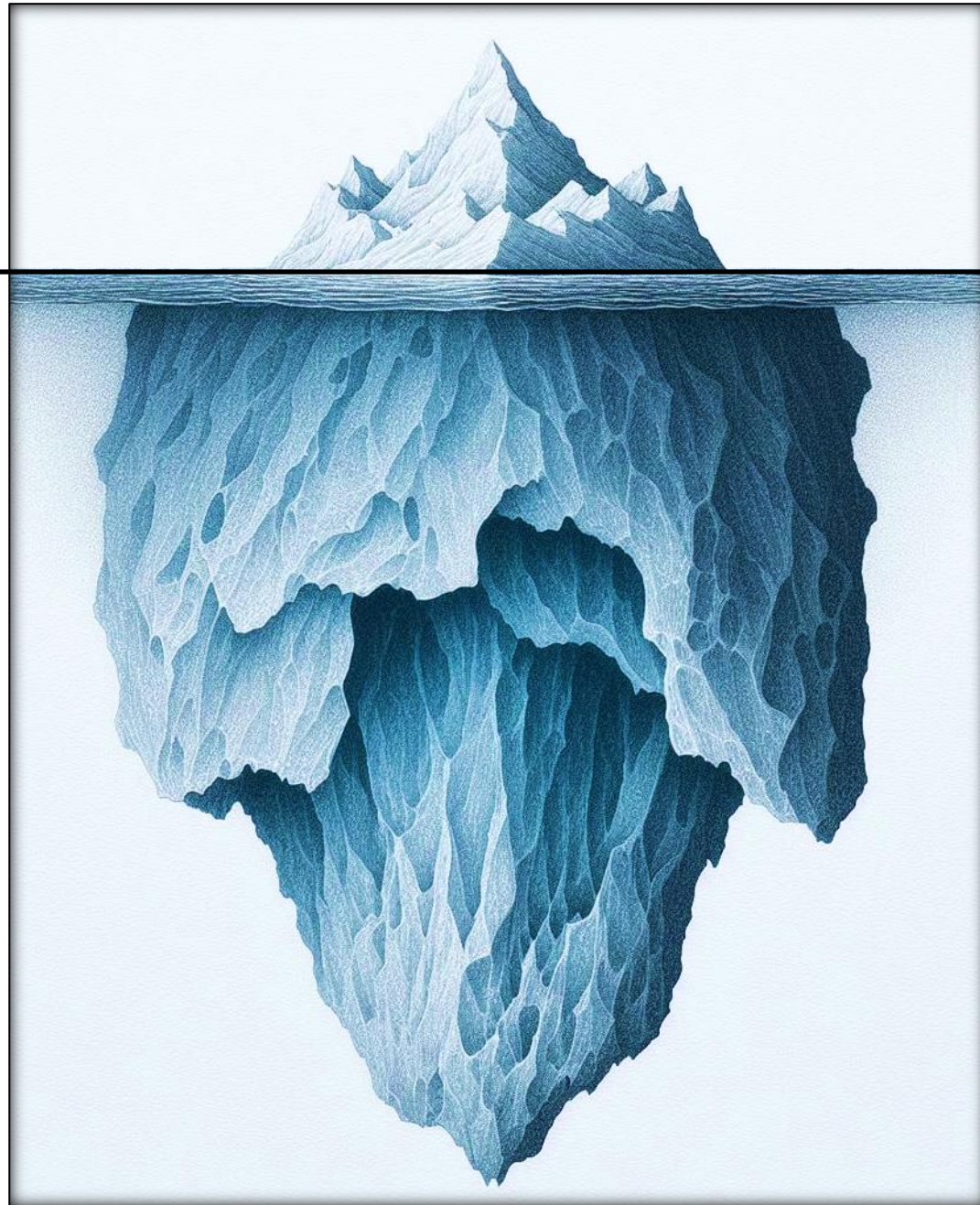


Diseñar/Seleccionar el algoritmo



Diseñar/Seleccionar el algoritmo

Explicabilidad



Diseñar/Seleccionar el algoritmo

Explicabilidad

Burocracia / Acuerdos

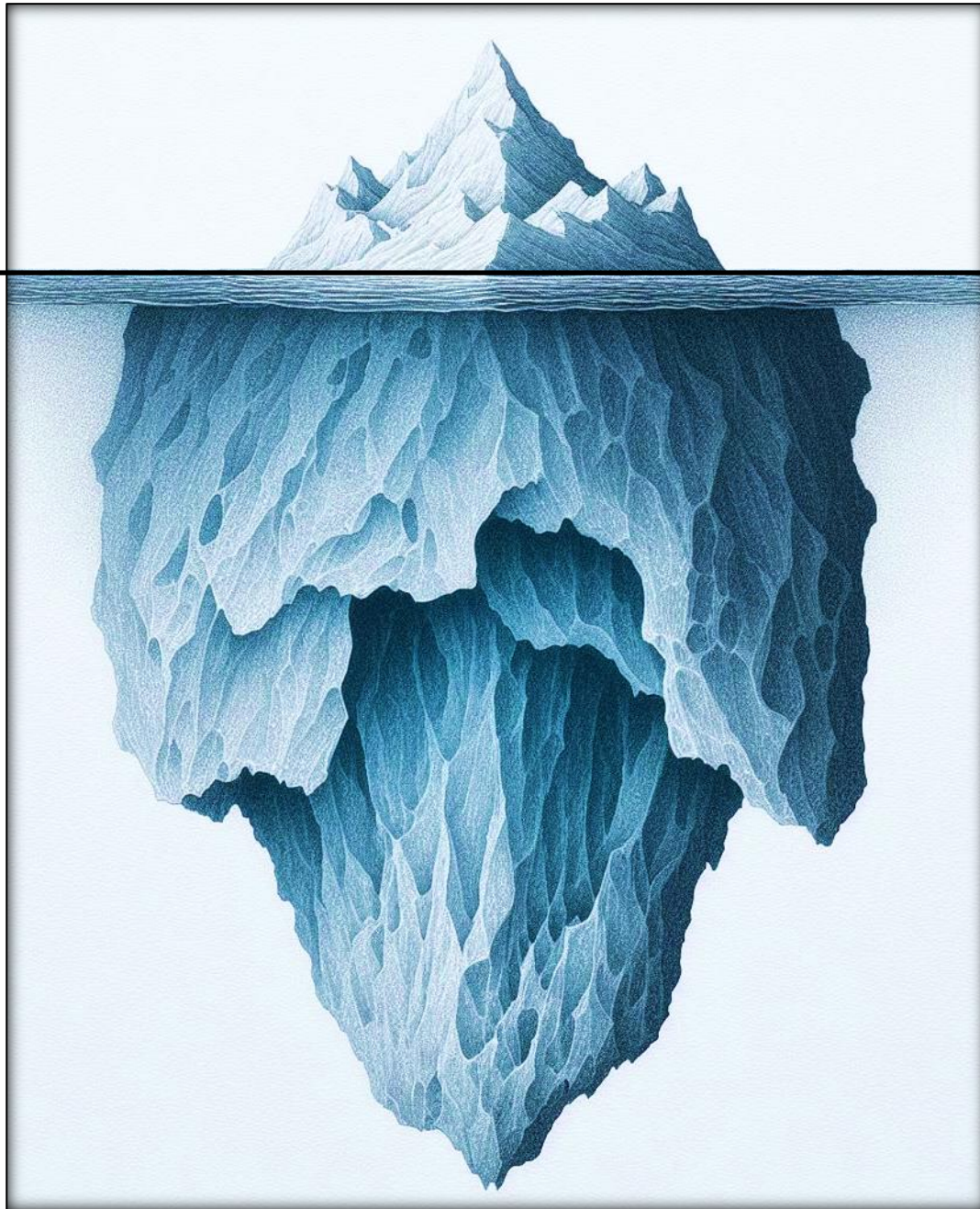
Consentimiento del paciente

Tomar imágenes en hospitales

Procesado de imagen

Diferencias de imágenes entre centros

Diferencias entre las imágenes



Diseñar/Seleccionar el algoritmo

Explicabilidad

Burocracia / Acuerdos

Consentimiento del paciente

**Problema del pequeño
tamaño muestral**

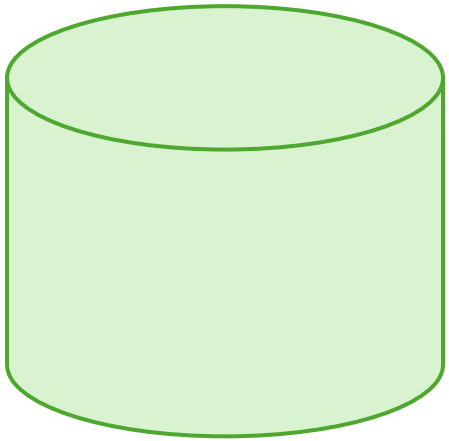
Diferencias de imágenes entre centros

Diferencias entre las imágenes

PROCESO DE APRENDIZAJE

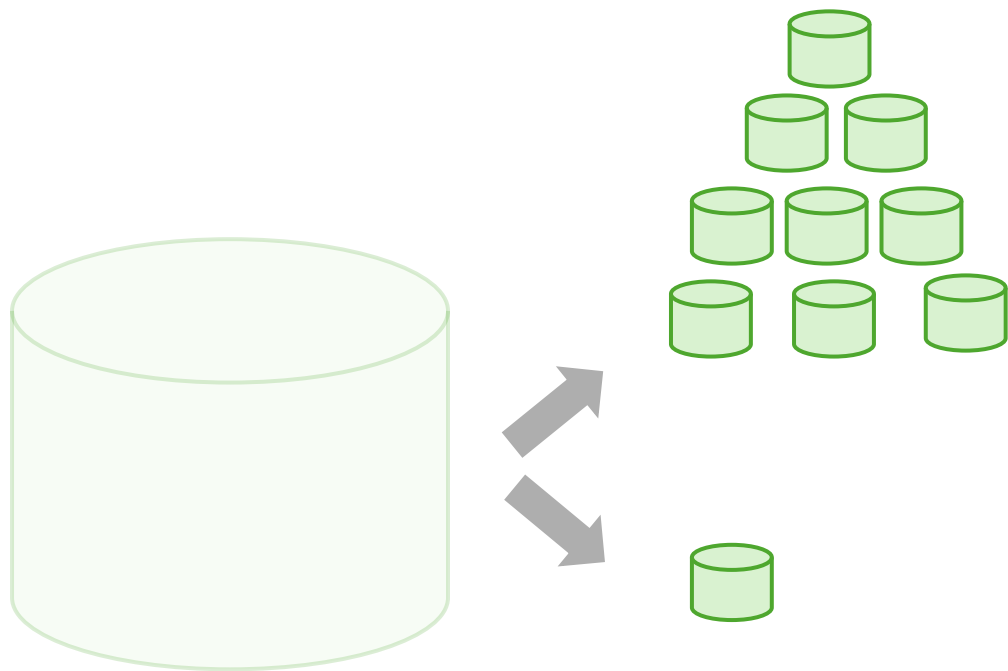
VALIDACIÓN CRUZADA

BASE DE DATOS



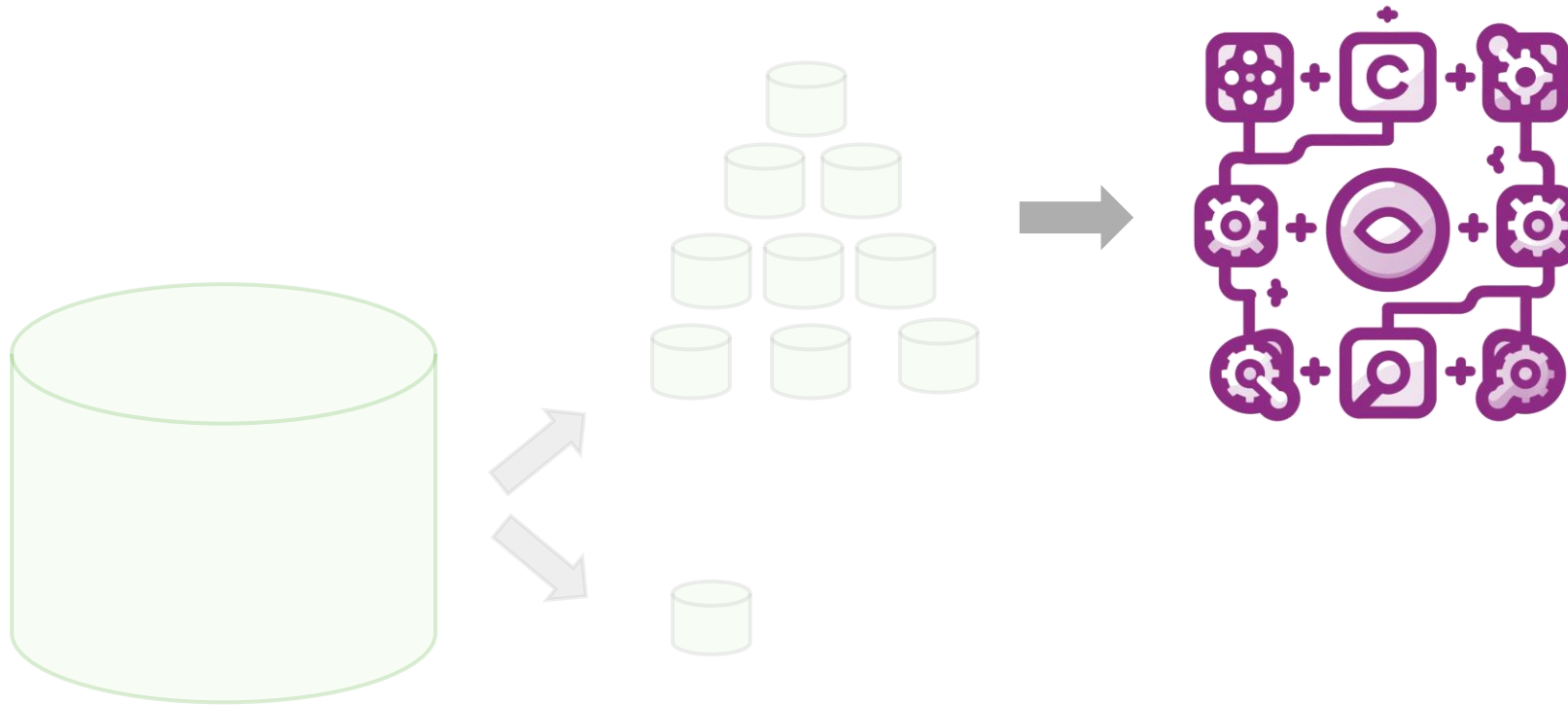
PROCESO DE APRENDIZAJE

VALIDACIÓN CRUZADA



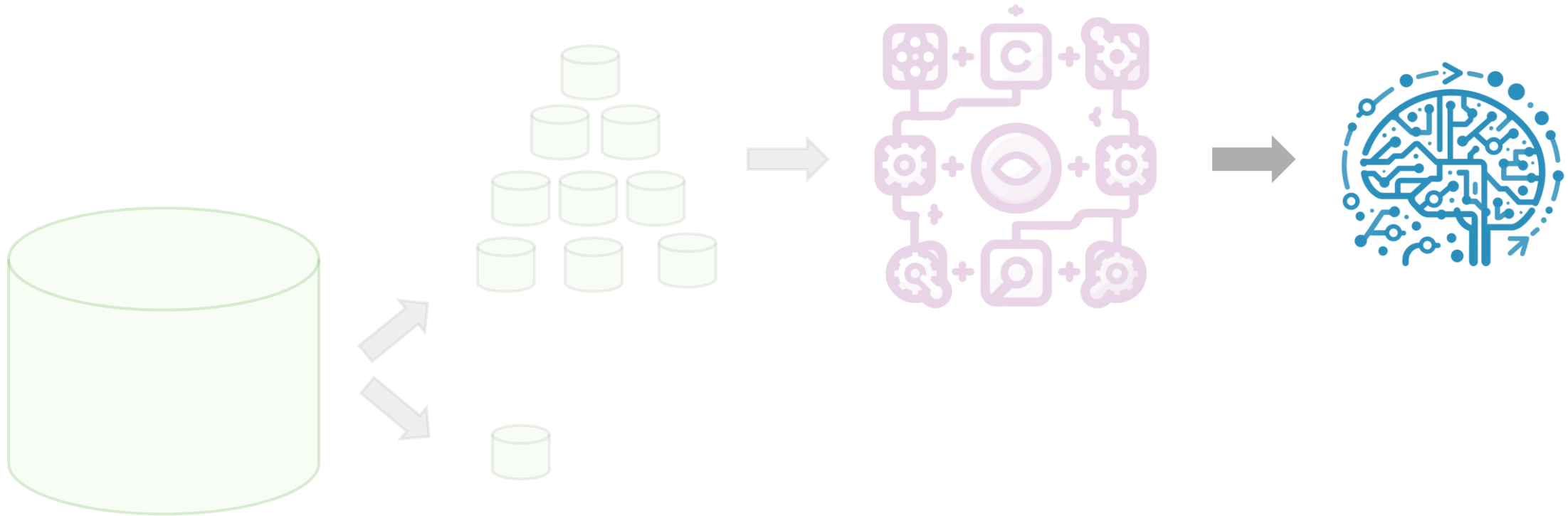
PROCESO DE APRENDIZAJE

VALIDACIÓN CRUZADA



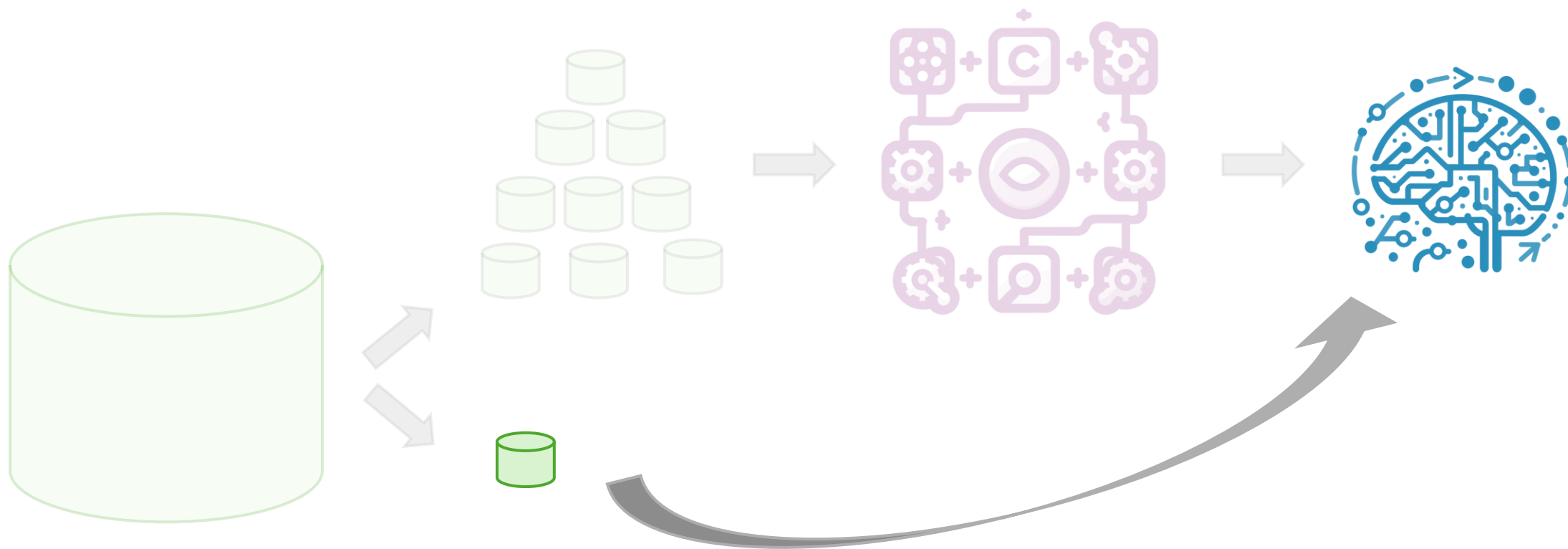
PROCESO DE APRENDIZAJE

VALIDACIÓN CRUZADA



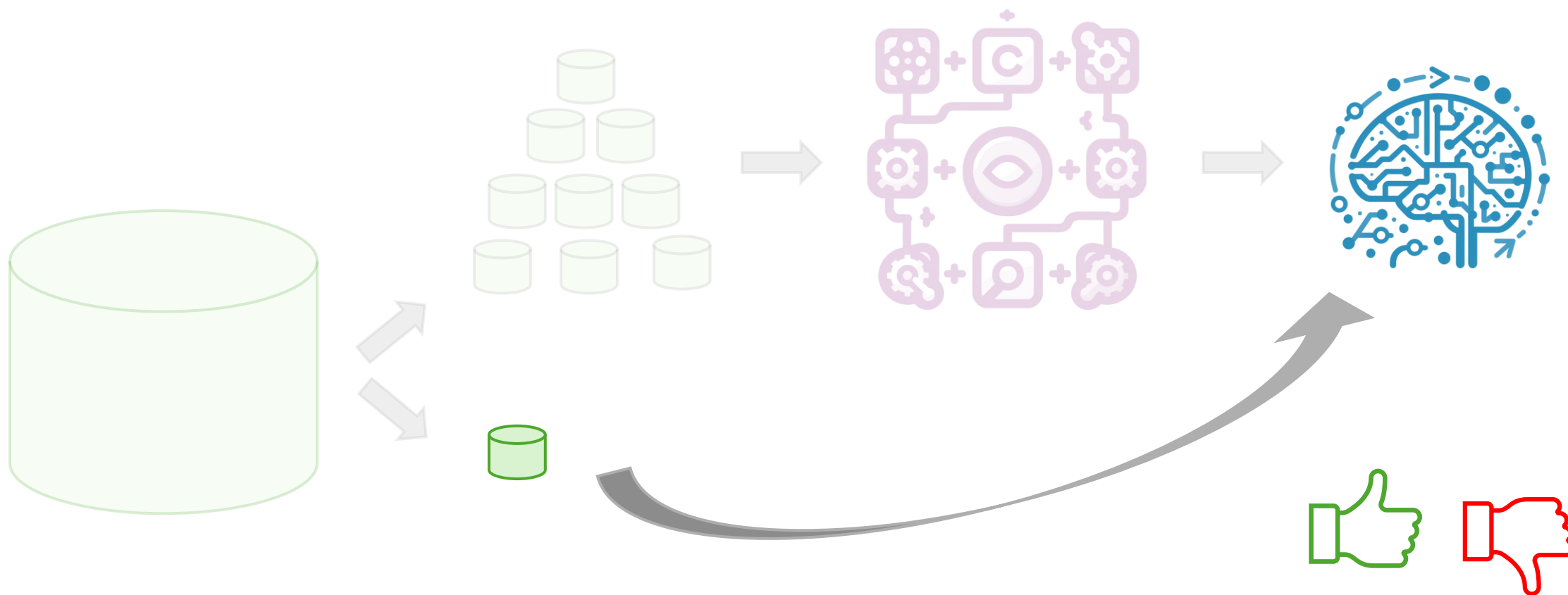
PROCESO DE APRENDIZAJE

VALIDACIÓN CRUZADA



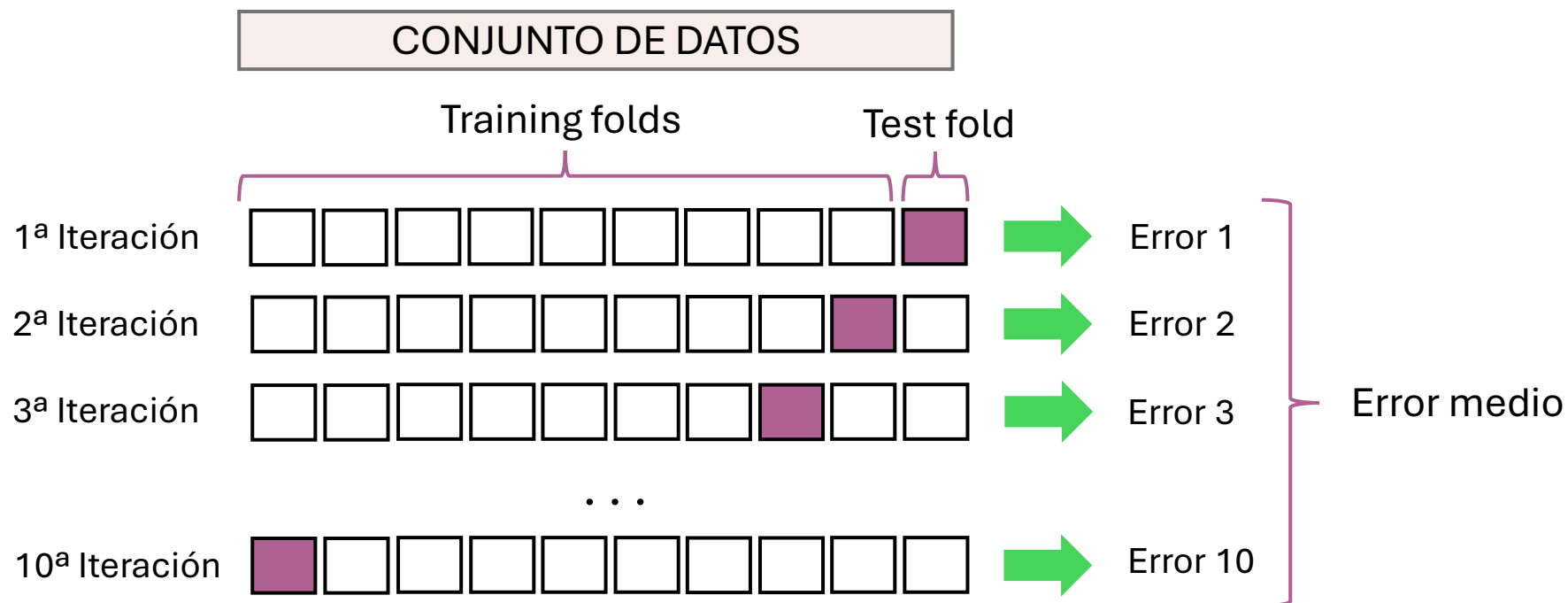
PROCESO DE APRENDIZAJE

VALIDACIÓN CRUZADA



PROCESO DE APRENDIZAJE

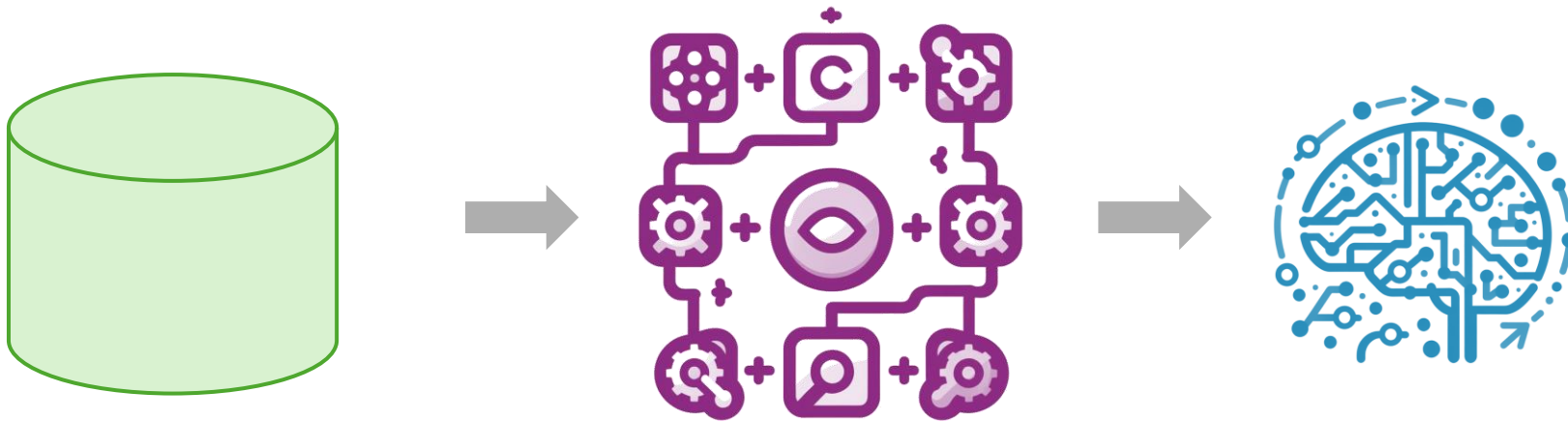
VALIDACIÓN CRUZADA: 10-Fold



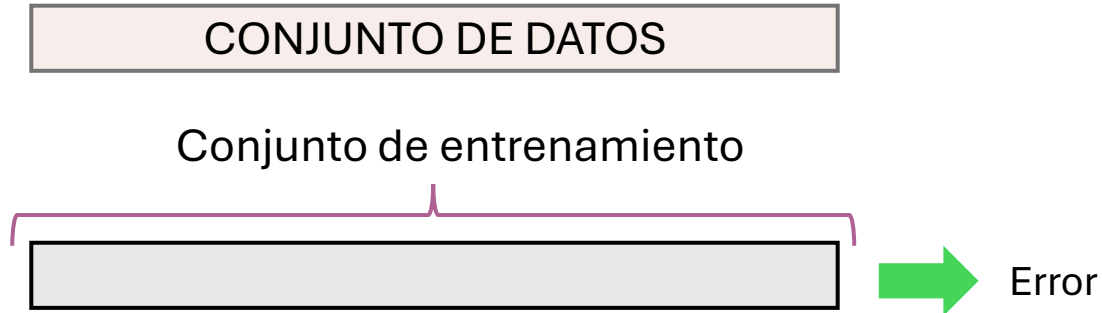
$$\hat{E}_L^{KCV} = \frac{1}{\text{card}(S^k)} \sum_{i \in S^k} I\{L_{S^{(k)}}(x_i) \neq y_i\}$$

PROCESO DE APRENDIZAJE

PROPUESTO



PROCESO DE APRENDIZAJE RESUSTITUCIÓN CON CORRECCIÓN



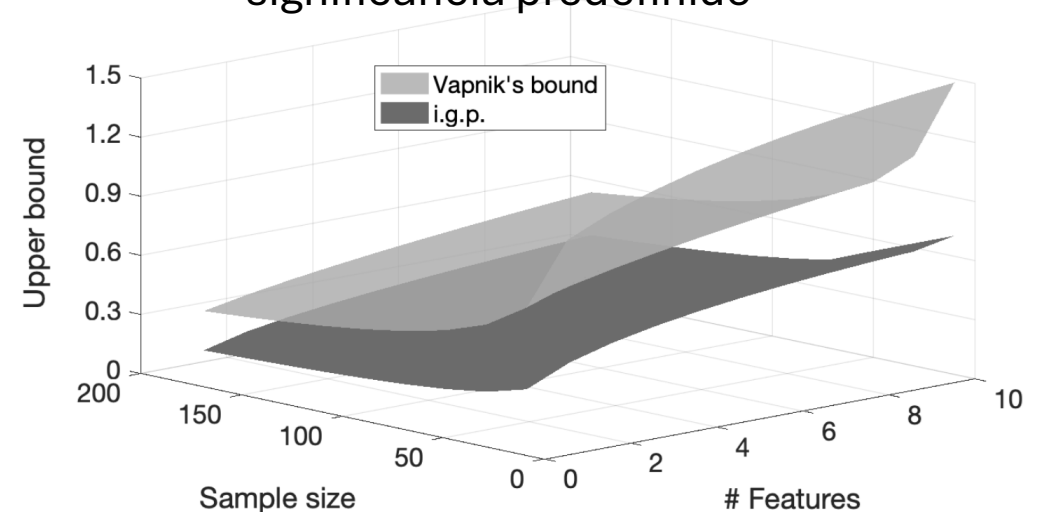
$$\hat{E}_L^{RUB} = \hat{E}_L^{resub} + \mu \quad \text{Límite superior}$$

$$\hat{E}_L^{resub} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I\{L_S(x_i) \neq y_i\}$$

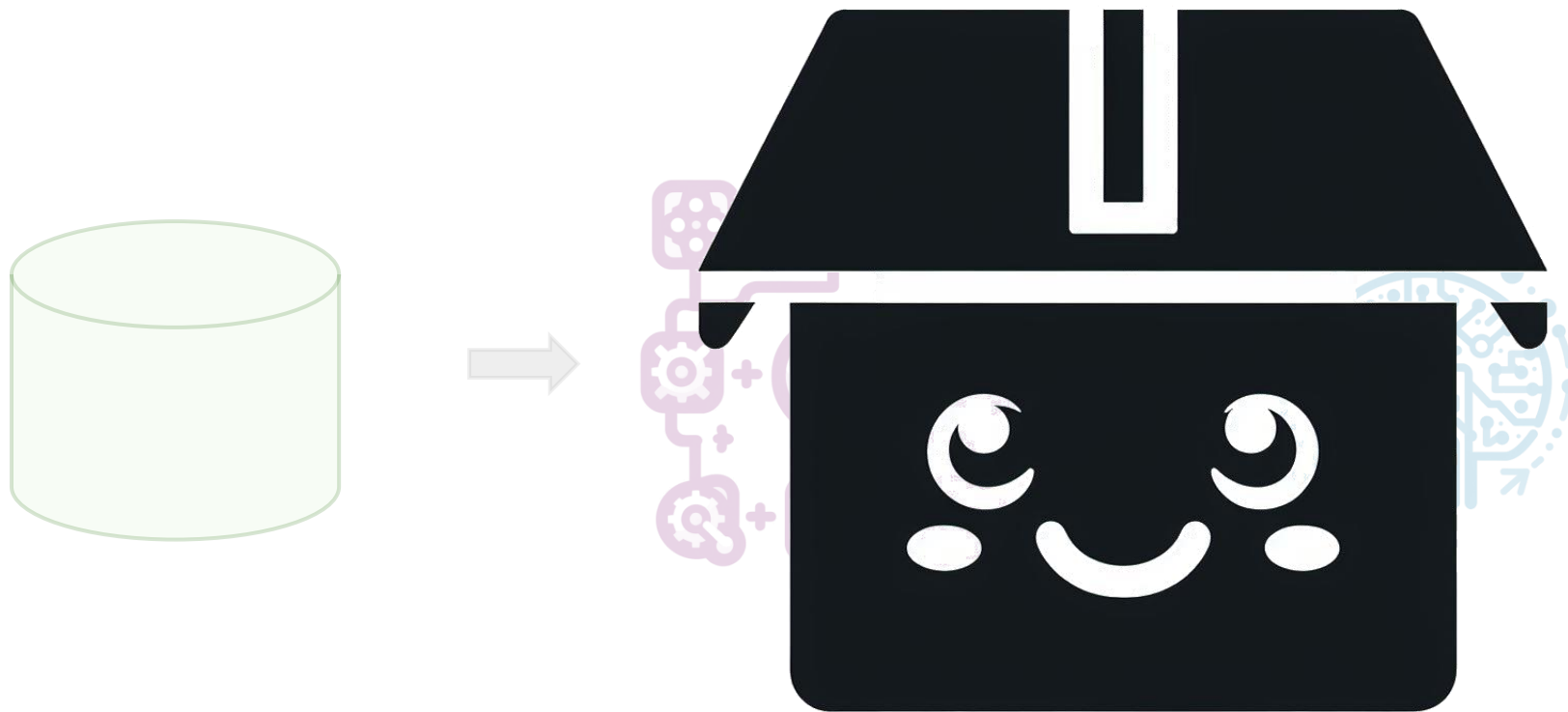
$$\mu_{VC} \leq \sqrt{\frac{h \left(\ln \left(\frac{2n}{h} \right) + 1 \right) - \ln \left(\frac{\eta}{4} \right)}{n}}$$

$$i.g.p. \leq \sqrt{\frac{1}{2n} \ln \frac{2 \sum_{k=0}^{d-1} \binom{n-1}{k}}{\eta}}$$

Dependiente del número de muestras,
de características y de un nivel de
significancia predefinido

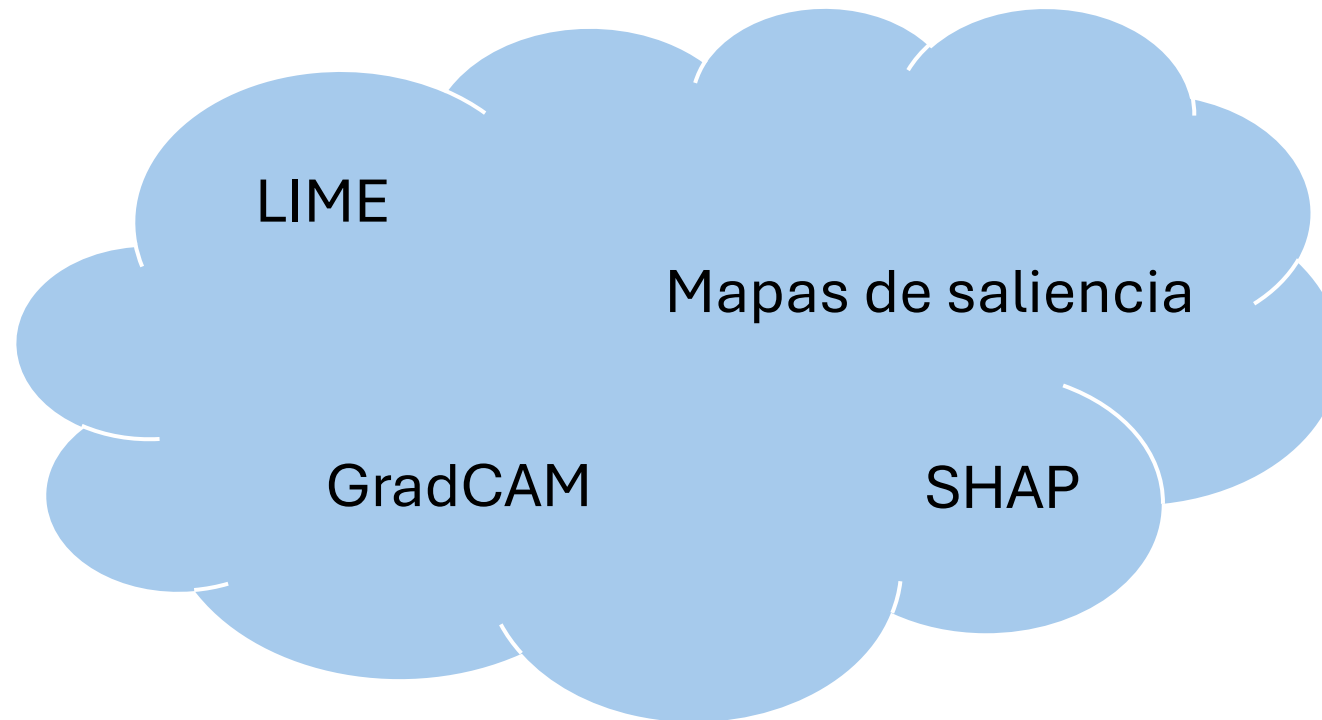


PROCESO DE APRENDIZAJE PROPUESTO



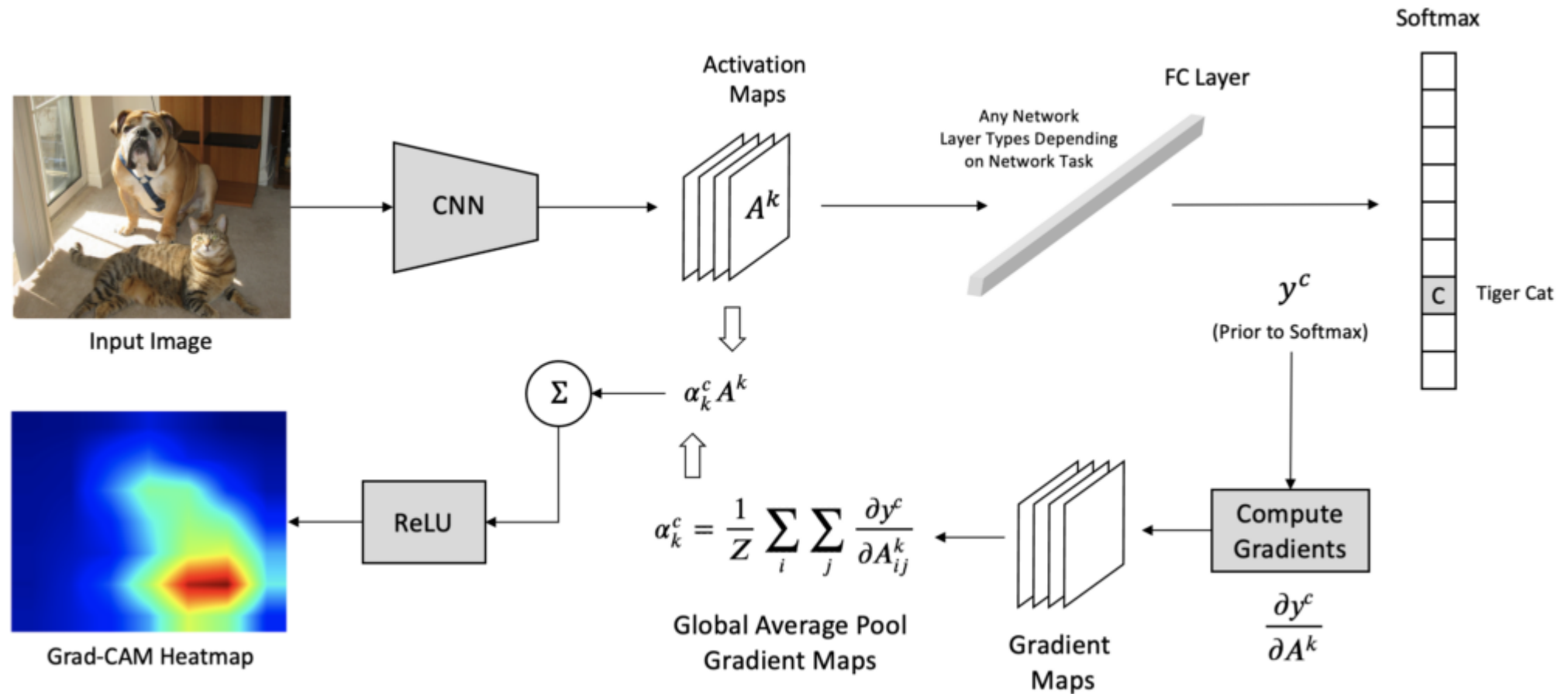
Técnicas de **EXPLICABILIDAD** en Machine Learning

Capacidad de un modelo de aprendizaje automático para ser entendido y explicado de manera clara y comprensible por los humanos



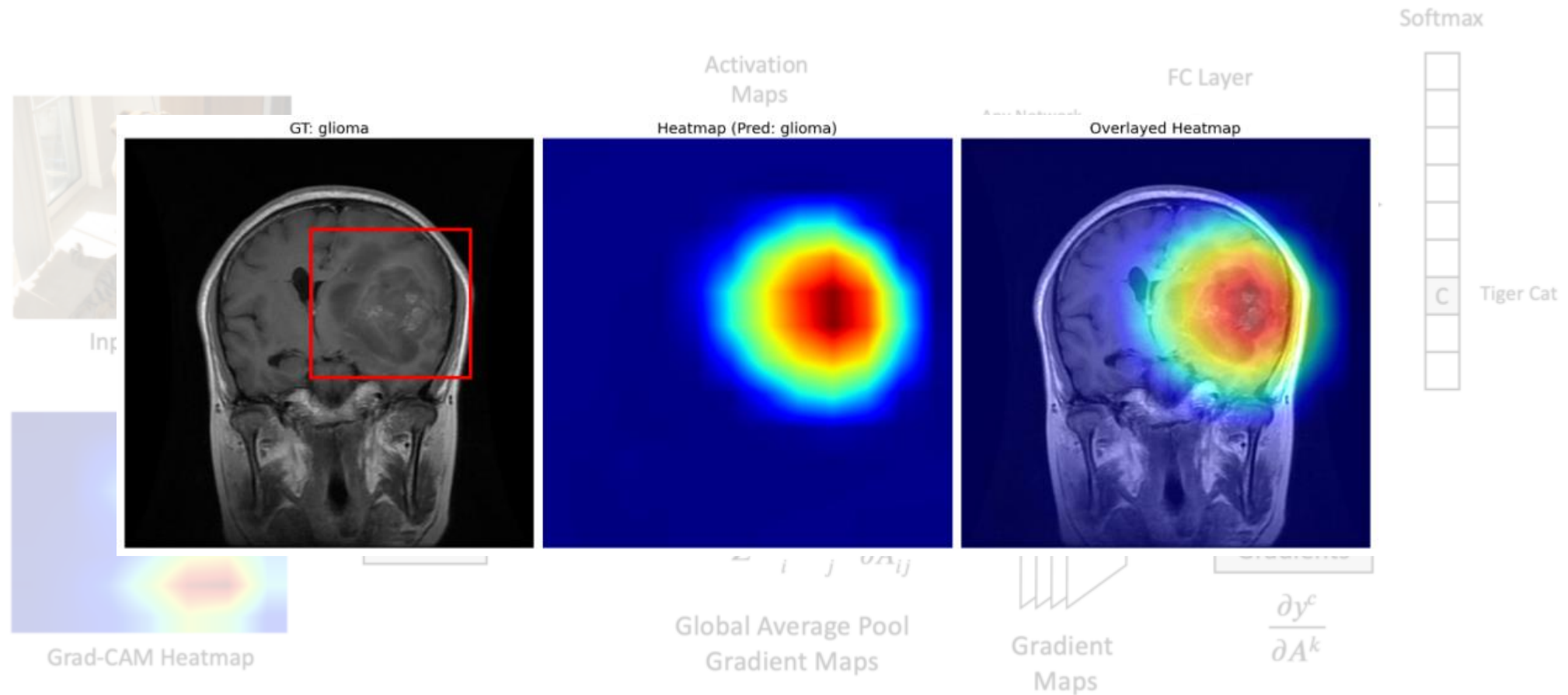
Técnicas de **EXPLICABILIDAD**

Grad-CAM



Técnicas de **EXPLICABILIDAD**

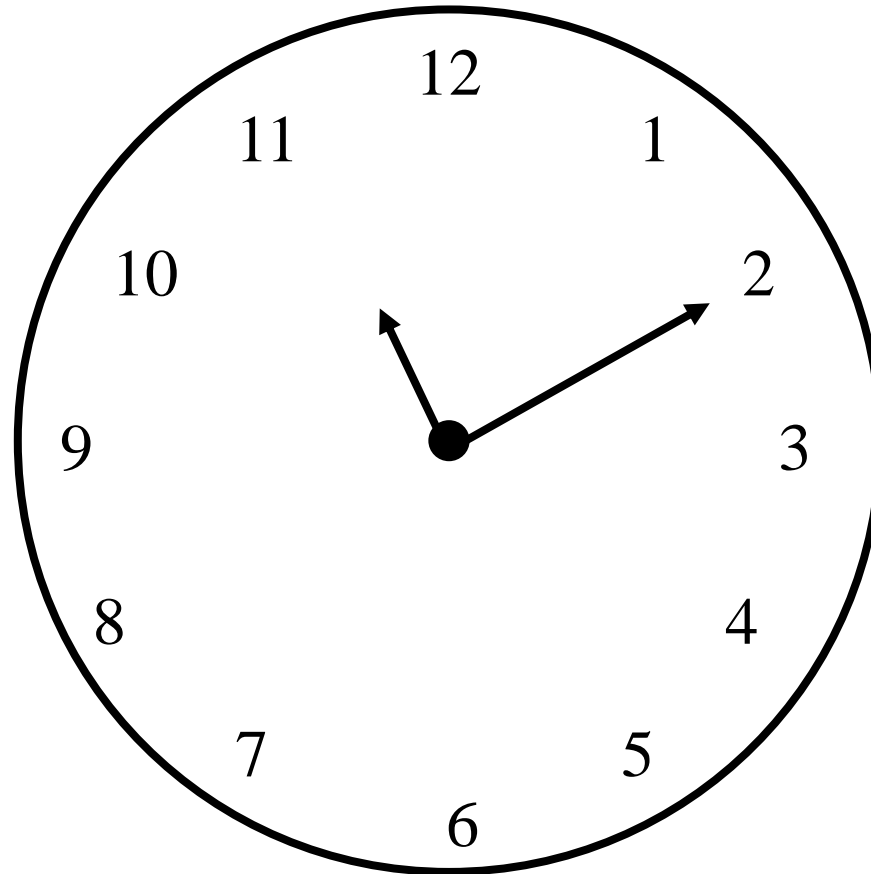
Grad-CAM



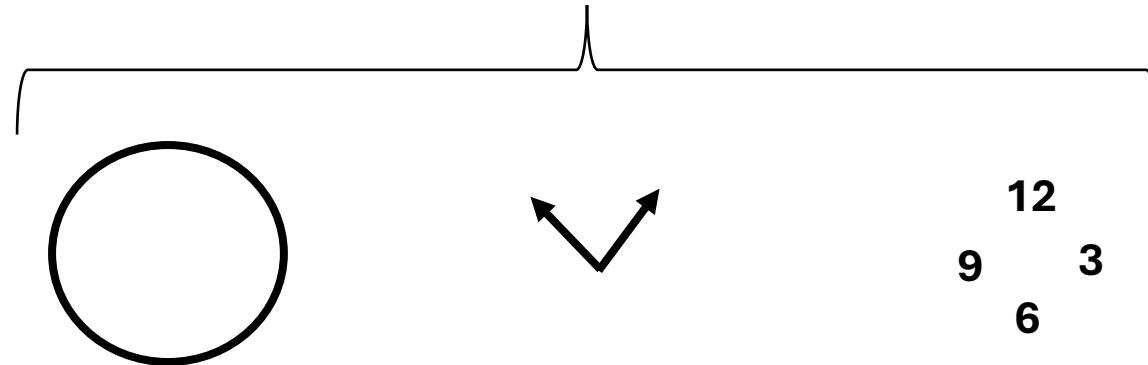
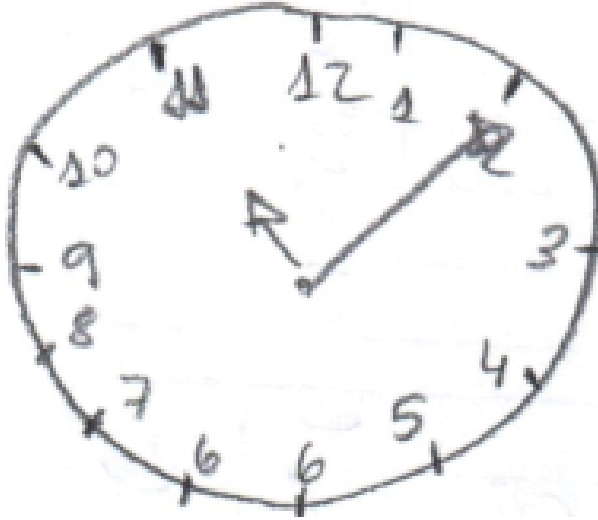
GradCAM – Enhancing Neural Network Interpretability in the Realm of Explainable AI

<https://learnopencv.com/intro-to-gradcam/>

Test del Reloj



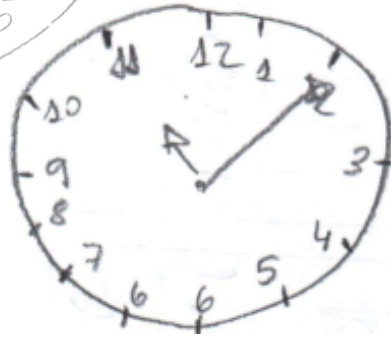
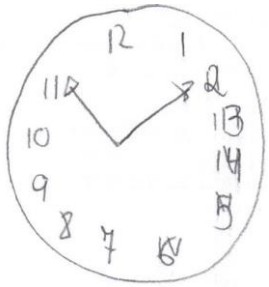
Test del Reloj



Personas sanas

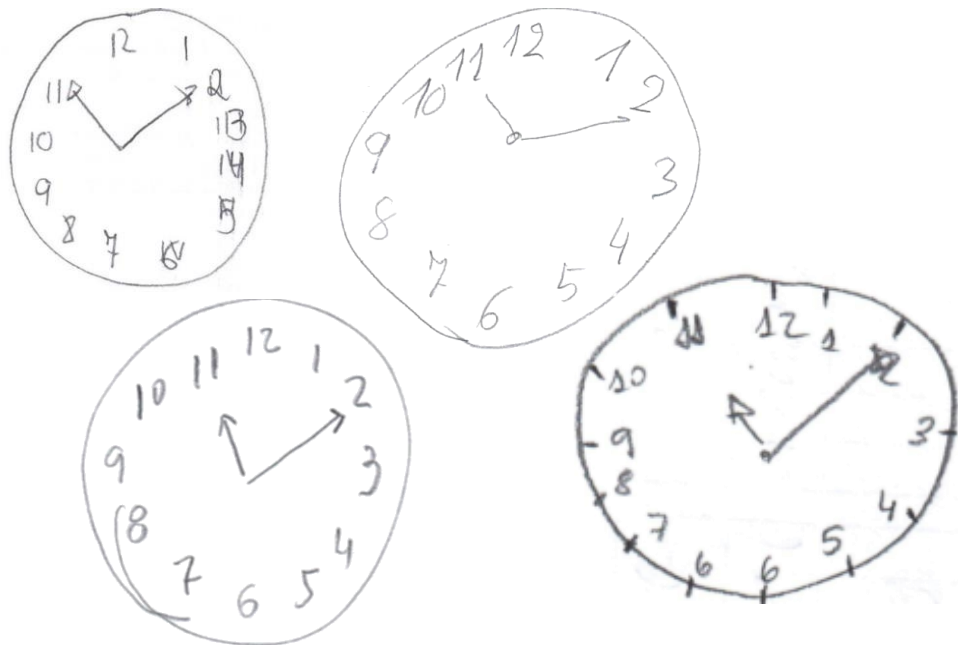
Personas con demencia

Personas sanas

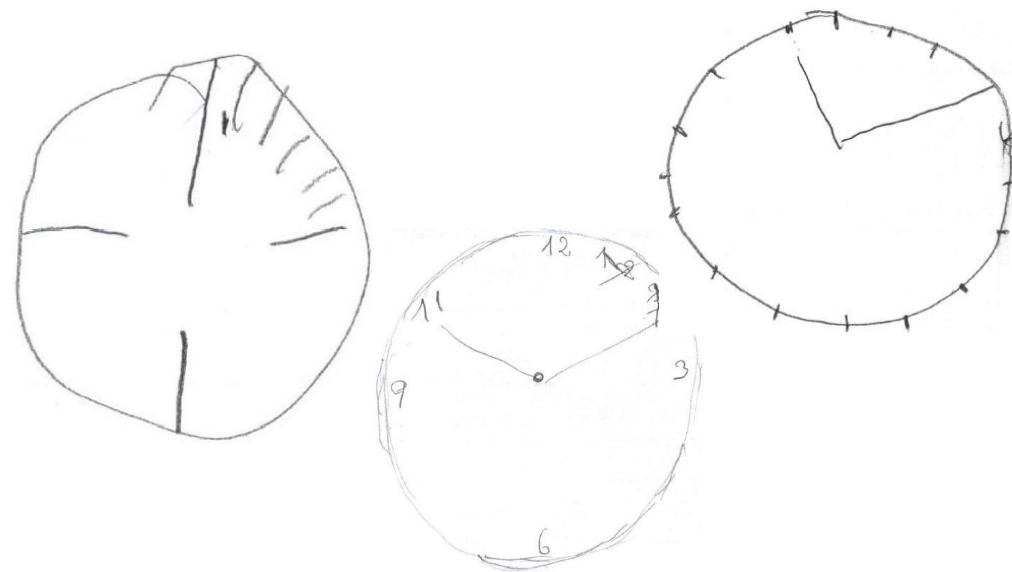


Personas con demencia

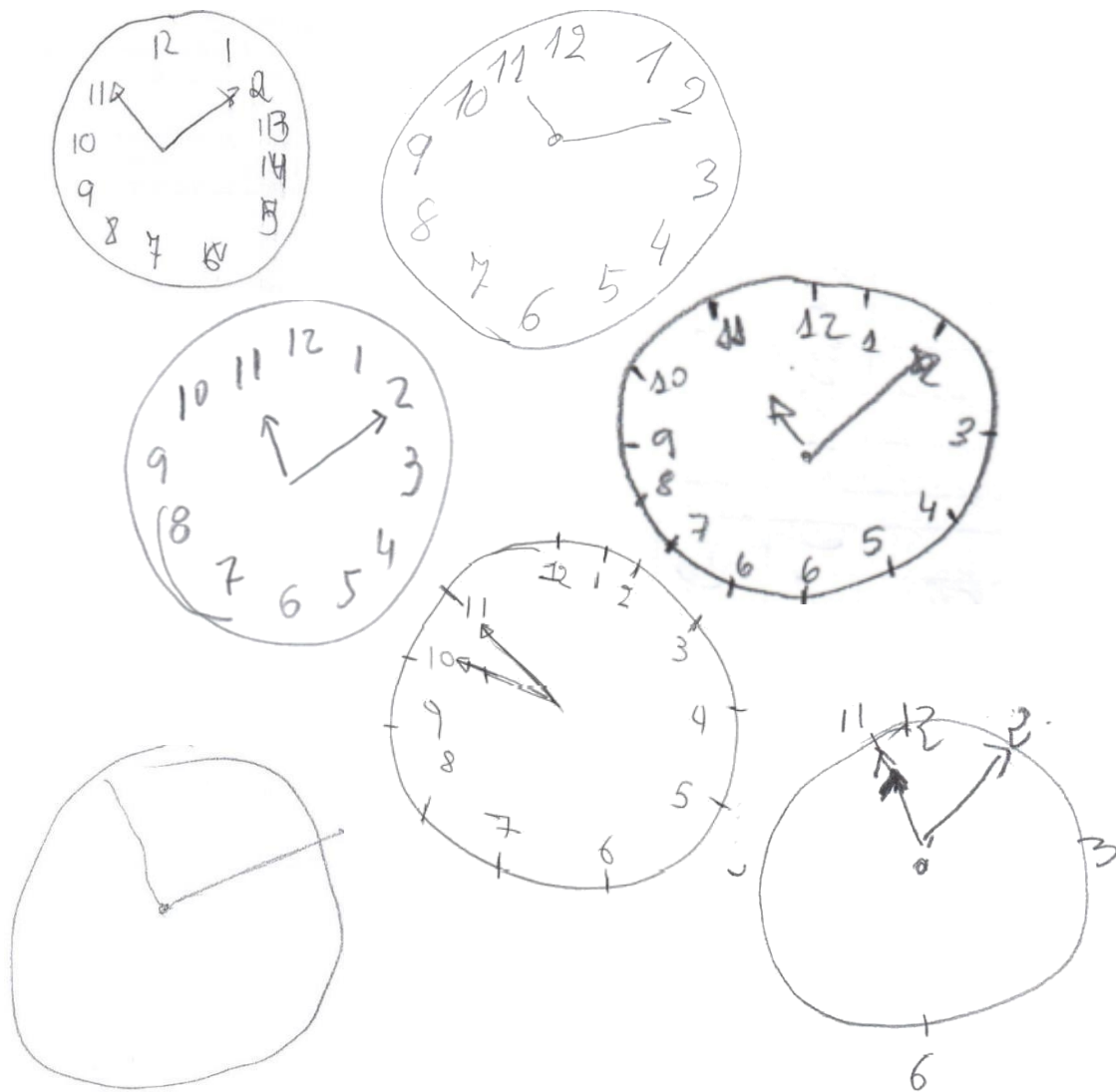
Personas sanas



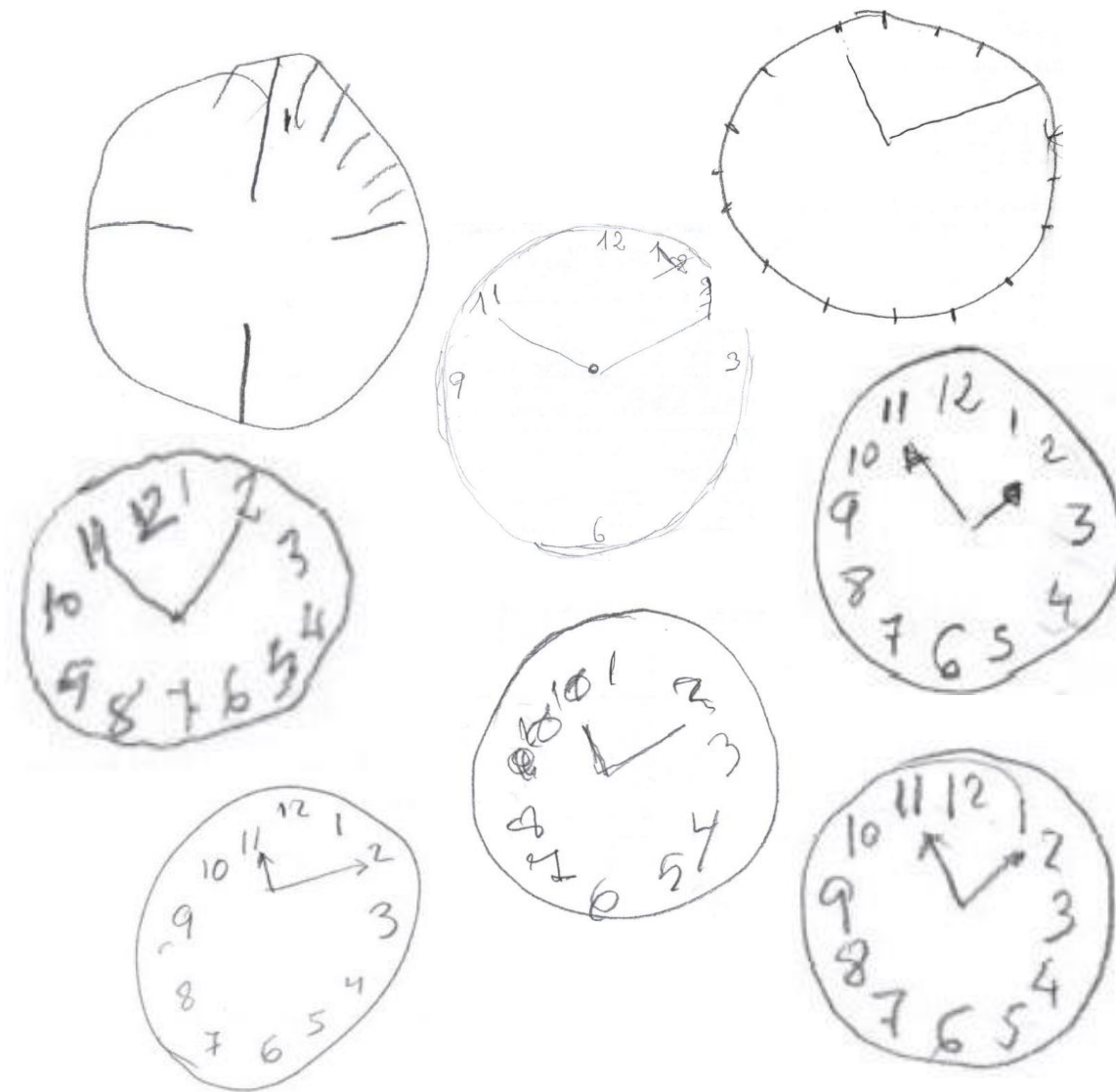
Personas con demencia

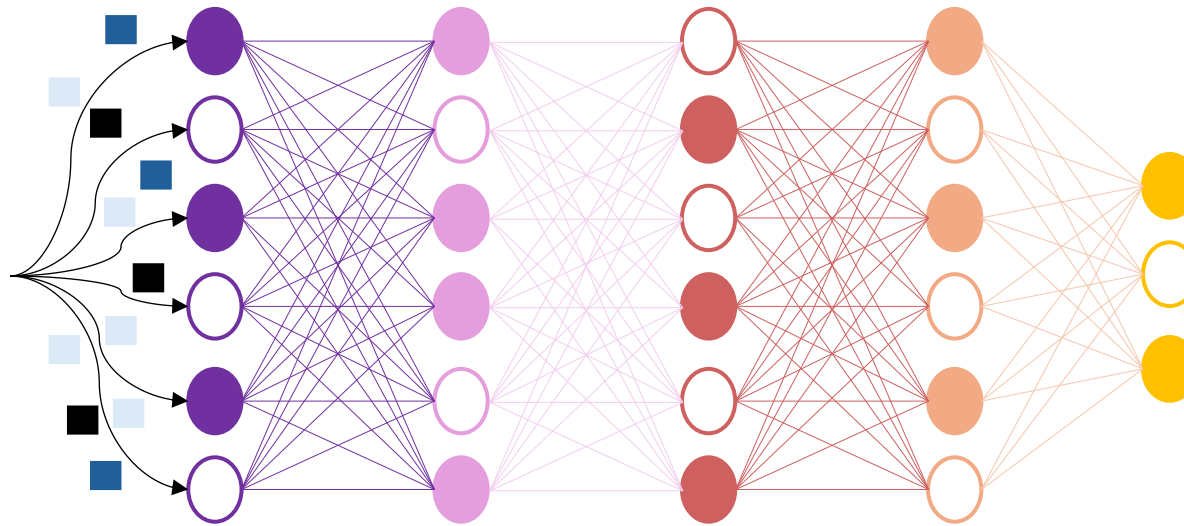
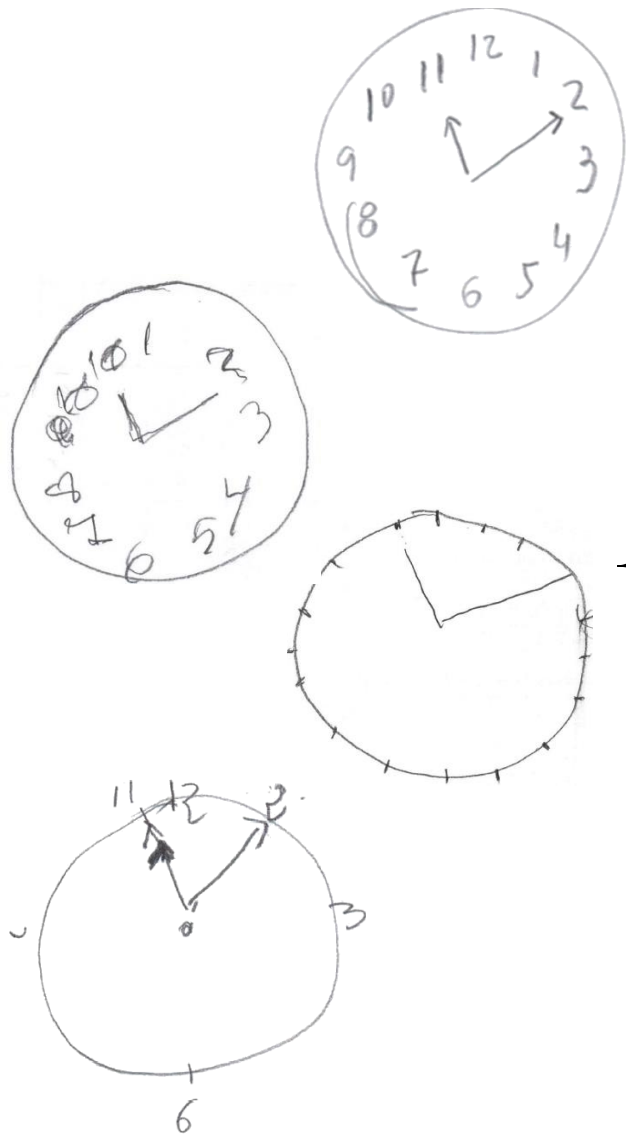


Personas sanas



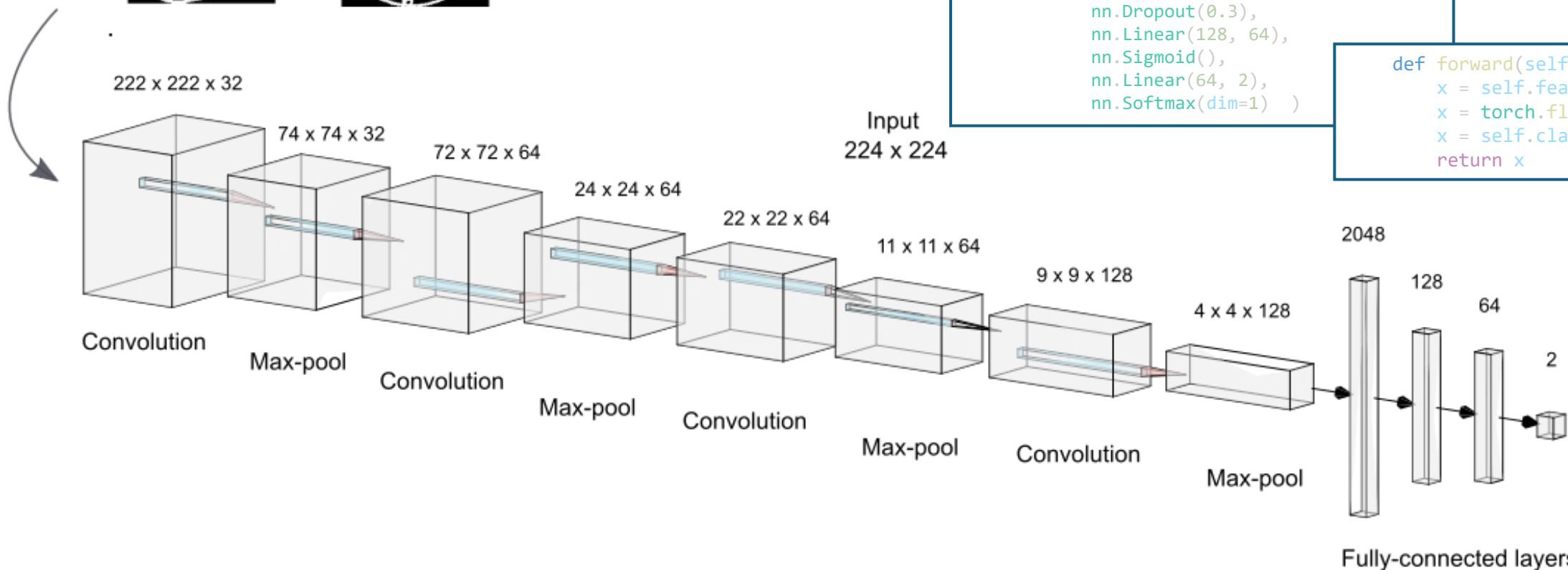
Personas con demencia





HC
(Healthy control)

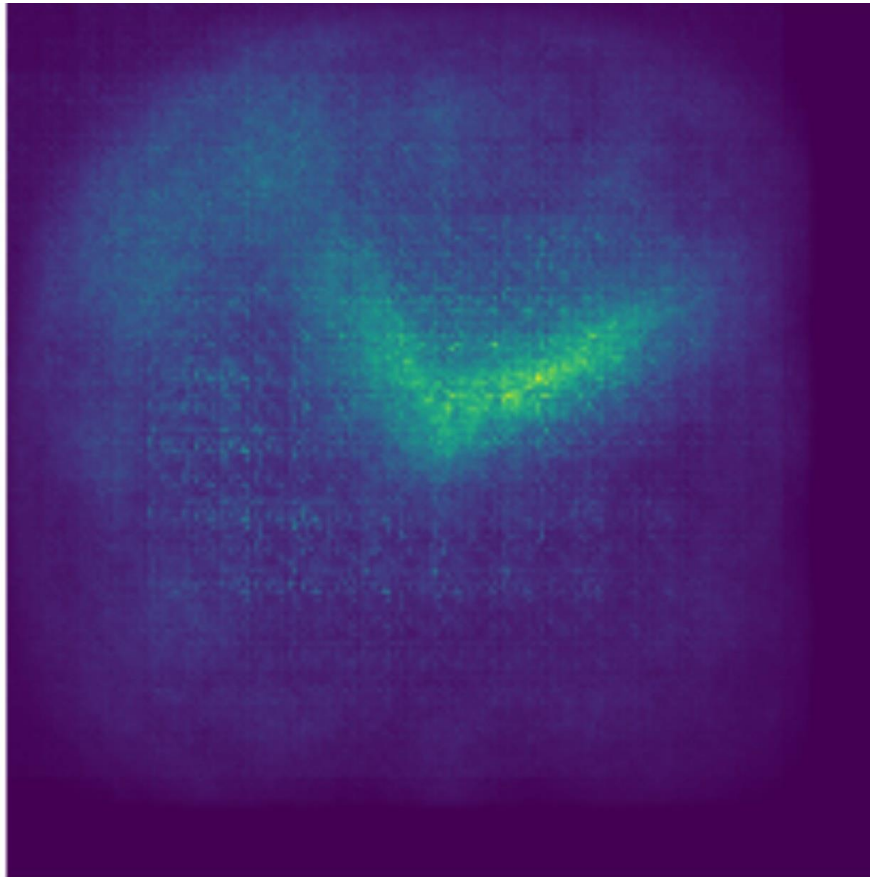
CI (Cognitive
impairment)



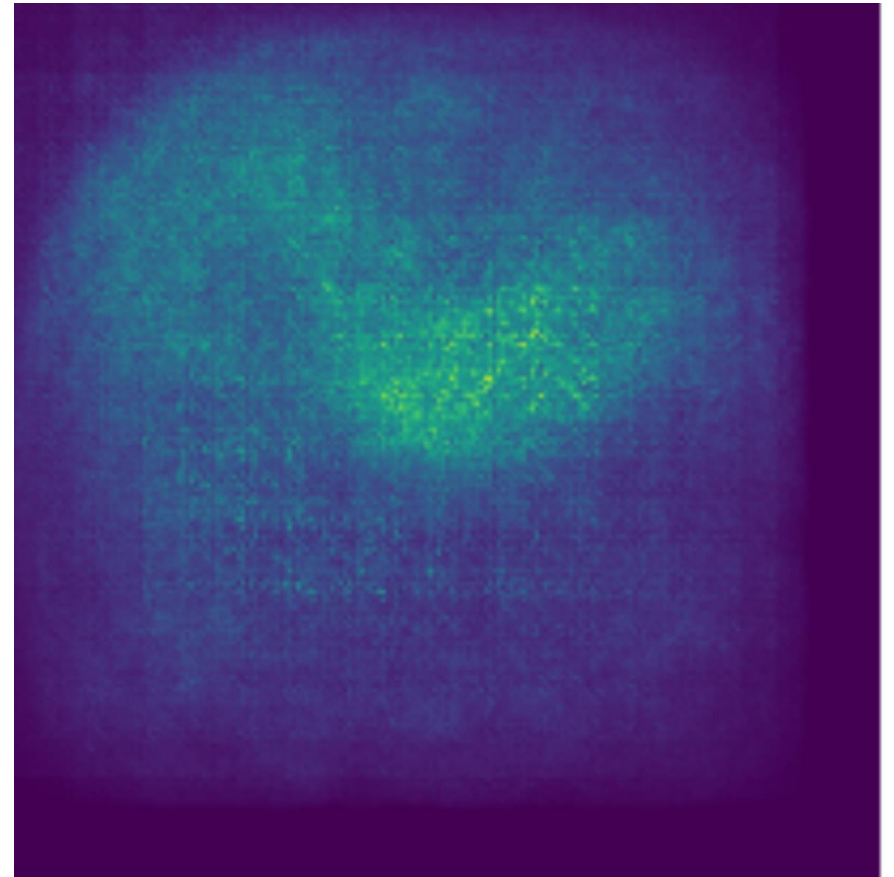
```
class redconv(nn.Module):
    def __init__(self):
        super(redconv, self).__init__()
        self.features = nn.Sequential(
            conv_block(1,32),
            nn.MaxPool2d(3),
            conv_block(32,64),
            nn.MaxPool2d(3),
            conv_block(64,64),
            nn.MaxPool2d(2),
            conv_block(64,128),
            nn.MaxPool2d(2),
        )
        self.classifier = nn.Sequential(
            nn.Dropout(0.3),
            nn.Linear(2048, 128),
            nn.Sigmoid(),
            nn.Dropout(0.3),
            nn.Linear(128, 64),
            nn.Sigmoid(),
            nn.Linear(64, 2),
            nn.Softmax(dim=1) )
```

```
def forward(self, x):
    x = self.features(x)
    x = torch.flatten(x, 1)
    x = self.classifier(x)
    return x
```

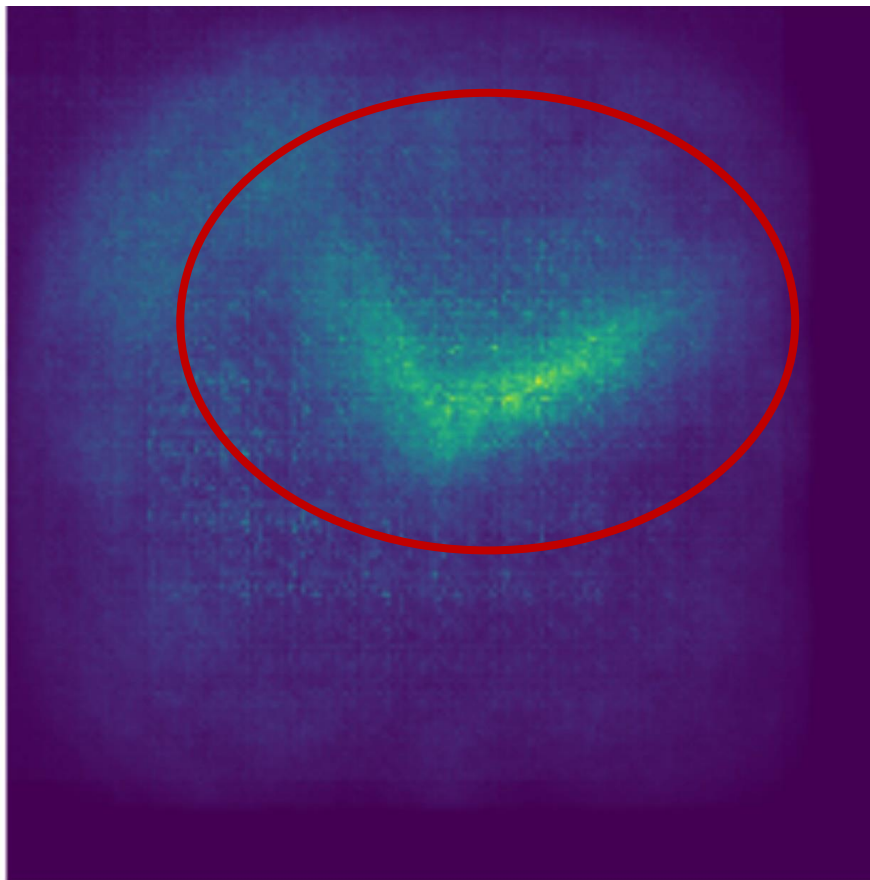
Personas sanas



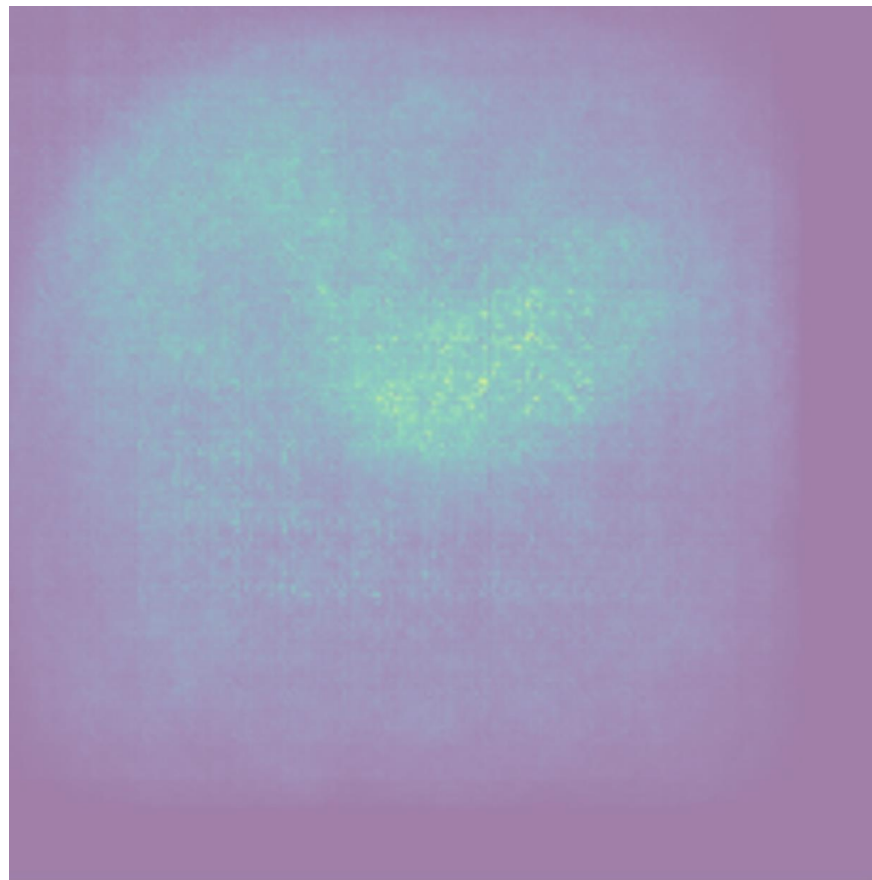
Personas con Alzheimer



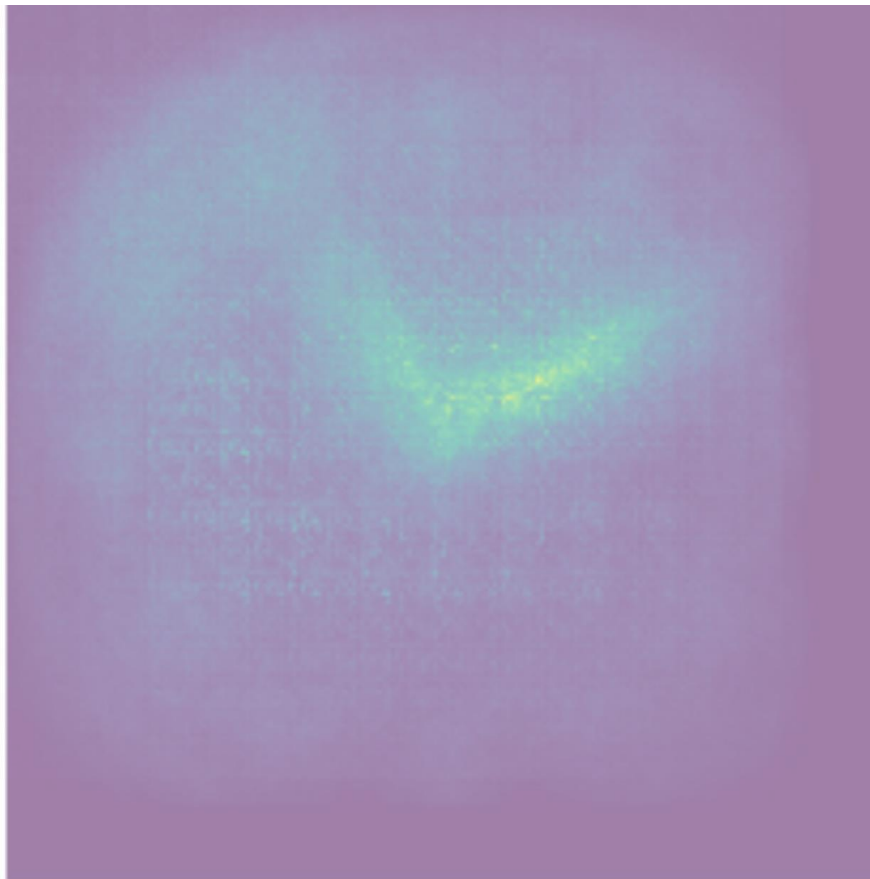
Personas sanas



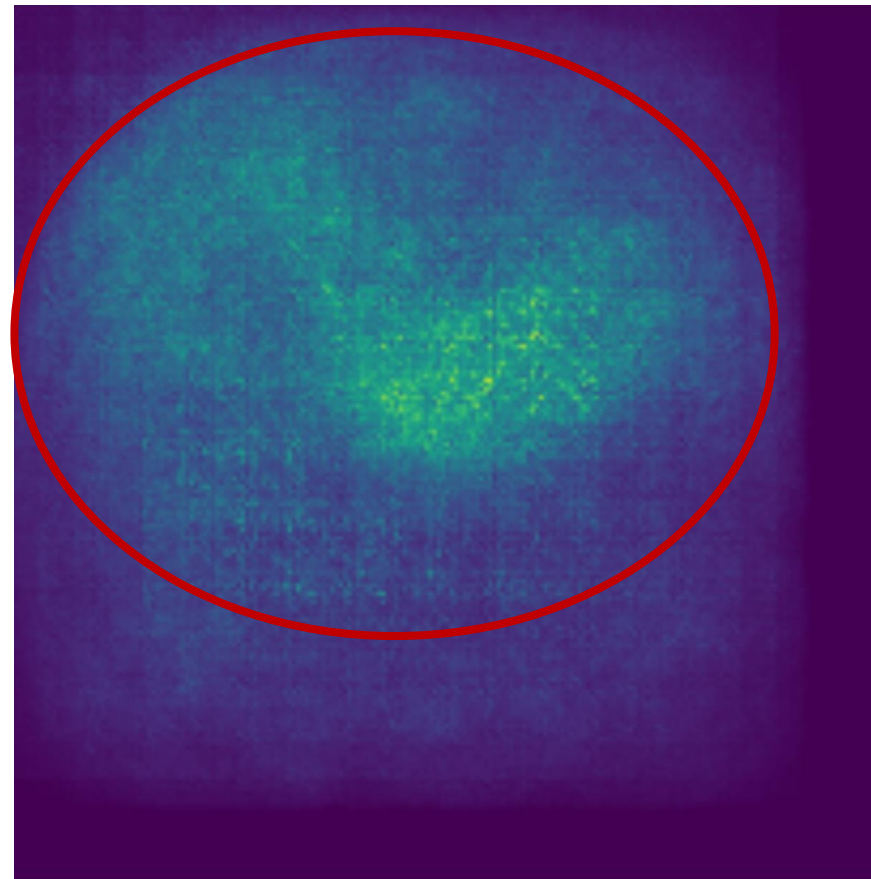
Personas con Alzheimer



Personas sanas



Personas con Alzheimer



CONCLUSIONES

- La colaboración con el equipo médico es clave para aplicar IA en el ámbito clínico y garantizar la **relevancia** de los estudios realizados.
- Un desafío crucial es abordar la **maldición de la dimensionalidad**, especialmente con el auge del análisis de datos ómicos.



Machine Learning en el estudio del Alzheimer. Aplicaciones desde la ingeniería para la clínica



Carmen Jiménez Mesa

✉ carmenj@ugr.es



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



DaSCI

Instituto Andaluz de Investigación en
Data Science and Computational Intelligence