

Estimación de la calidad de imágenes médicas 3D por medio de aprendizaje automático

Curso: Ingeniería Informática 2022-2023.

Autor: Brian Sena Simons.

Tutor: Dr. Pablo Mesejo Santiago.

Co-Tutor: Dr. Enrique Bermejo Nievas.

Granada, 19 de agosto de 2023



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

ETSIIT

Escuela Técnica Superior
de Ingenierías Informática
y de Telecomunicación



Índice

- 1 Introducción
 - Contexto
 - Subproblemas
 - Motivación
 - Objetivos
- 2 Estado del arte
 - Búsquedas Scopus
 - Estado del arte IQA
 - Estado del arte PCQA
 - Estado del arte en imágenes médicas
- 3 Materiales y métodos
 - Materiales
 - Métodos
 - Entorno
- 4 Experimentación
 - Protocolo de validación
 - Modelo NR3DQA
 - Modelo VQA-PC
- 5 Conclusiones y trabajos futuros
 - Conclusiones

Contexto

- **La información visual** es cada vez más importante.
 - Tanto para el entretenimiento como para el ámbito biomédico.
- La estimación de calidad es la tarea de medir y cuantificar la calidad perceptual humana de una imagen (IQA).
 - Factores importantes: contenido, contraste, distorsiones y la percepción humana

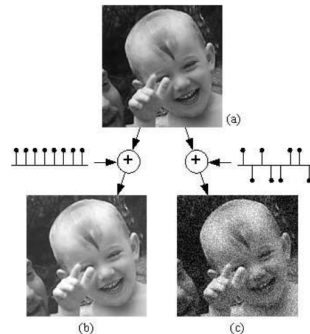


Figura: Imágenes distorsionadas equidistantes¹

¹Kalpna Seshadrinathan, Thrasyvoulos Pappas, Robert Safranek, Junqing Chen, Zhou Wang, Hamid Sheikh y Alan Bovik. "Image Quality Assessment". En: *The Essential Guide to Image Processing* (2009), págs. 553-595.

Contexto

- **La información visual** es cada vez más importante.
 - Tanto para el entretenimiento como para el ámbito biomédico.
- La estimación de calidad es la tarea de medir y cuantificar la calidad perceptual humana de una imagen (IQA).
 - Factores importantes: contenido, contraste, distorsiones y la percepción humana

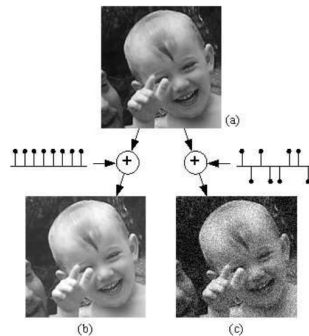


Figura: Imágenes distorsionadas equidistantes¹

¹Seshadrinathan, Pappas, Safranek, Chen, Wang, Sheikh y Bovik, "Image Quality Assessment".

Contexto

- **La información visual** es cada vez más importante.
 - Tanto para el entretenimiento como para el ámbito biomédico.
- La estimación de calidad es la **tarea de medir y cuantificar** la calidad perceptual humana de una imagen (IQA).
 - Factores importantes: **contenido**, **contraste**, **distorsiones** y la **percepción humana**

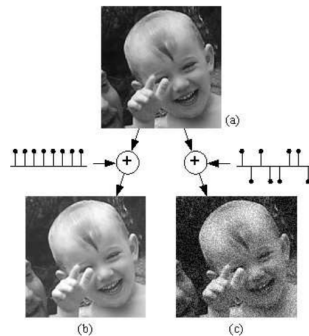


Figura: Imágenes distorsionadas equidistantes¹

¹Seshadrinathan, Pappas, Safranek, Chen, Wang, Sheikh y Bovik, "Image Quality Assessment".

Contexto

- **La información visual** es cada vez más importante.
 - Tanto para el entretenimiento como para el ámbito biomédico.
- La estimación de calidad es la **tarea de medir y cuantificar** la calidad perceptual humana de una imagen (IQA).
 - Factores importantes: **contenido, contraste, distorsiones y la percepción humana**

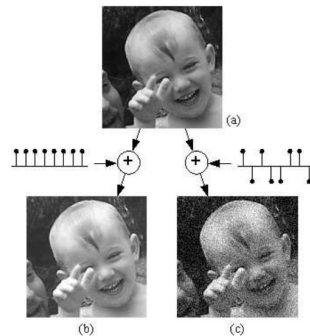


Figura: Imágenes distorsionadas equidistantes¹

¹Seshadrinathan, Pappas, Safranek, Chen, Wang, Sheikh y Bovik, "Image Quality Assessment".

Estimación con referencia

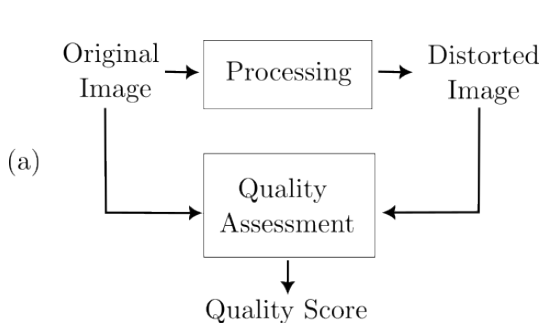


Figura: Problema con referencia (FR).

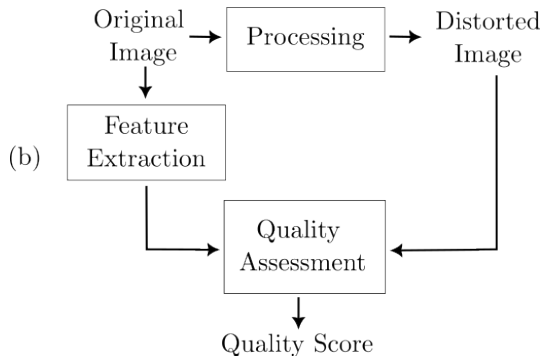


Figura: Problema con referencia reducida (RR).

Estimación sin referencia

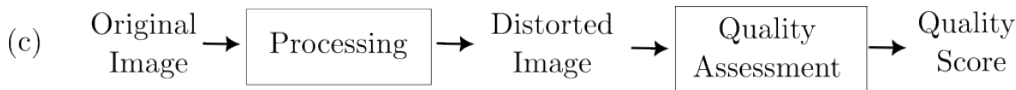


Figura: Problema sin referencia (NR).

- 1 El subproblema más **difícil**.
- 2 Debemos disponer de conocimientos sobre:
 - Naturaleza de las imágenes.
 - Efecto de las distorsiones.
- 3 Este TFG aborda la estimación, **sin referencia**, de calidad de imágenes médicas 3D.

Estimación sin referencia

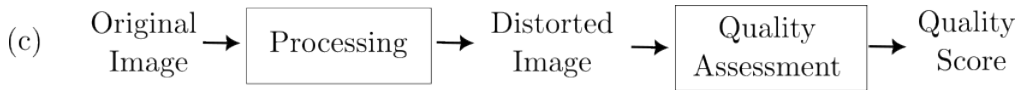


Figura: Problema sin referencia (NR).

- 1 El subproblema más **difícil**.
- 2 Debemos disponer de conocimientos sobre:
 - 1 Naturaleza de las imágenes.
 - 2 Efecto de las distorsiones.
- 3 Este TFG aborda la estimación, **sin referencia**, de calidad de imágenes médicas 3D.

Estimación sin referencia



Figura: Problema sin referencia (NR).

- 1 El subproblema más **difícil**.
- 2 Debemos disponer de conocimientos sobre:
 - 1 Naturaleza de las imágenes.
 - 2 Efecto de las distorsiones.
- 3 Este TFG aborda la estimación, **sin referencia**, de calidad de imágenes médicas 3D.

Subproblemas

Estimación sin referencia

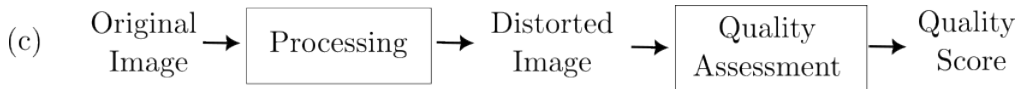


Figura: Problema sin referencia (NR).

- 1 El subproblema más **difícil**.
- 2 Debemos disponer de conocimientos sobre:
 - 1 Naturaleza de las imágenes.
 - 2 Efecto de las distorsiones.
- 3 Este TFG aborda la estimación, **sin referencia**, de calidad de imágenes médicas 3D.

Estimación sin referencia

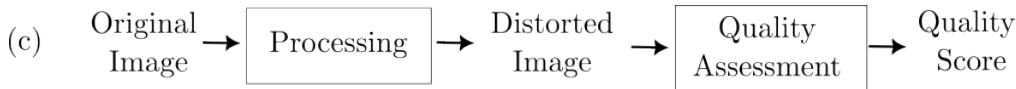


Figura: Problema sin referencia (NR).

- 1 El subproblema más **difícil**.
- 2 Debemos disponer de conocimientos sobre:
 - 1 Naturaleza de las imágenes.
 - 2 Efecto de las distorsiones.
- 3 **Este TFG** aborda la estimación, **sin referencia**, de calidad de imágenes médicas 3D.

Aplicaciones

- 1 **Comparativa** entre algoritmos de compresión.
- 2 Recuperación de la información.
- 3 Evaluar errores de transmisión.

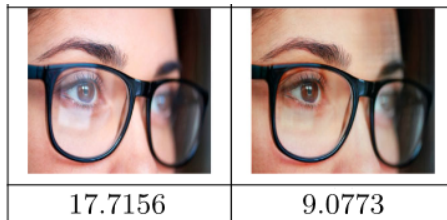


Figura: Eliminación de reflejos en imágenes² con medida de calidad BRISQUE³

³Maimoona Rafiq, Usama Bajwa, Ghulam Gilanie y Waqas Anwar. "Reconstruction of scene using corneal reflection". En: *Multimedia Tools and Applications* 80 (jun. de 2021), págs. 1-17.

³Anish Mittal, Anush Krishna Moorthy y Alan Conrad Bovik. "No-reference image quality assessment in the spatial domain". En: *IEEE Transactions on Image Processing (TIP)* 21.12 (2012), págs. 4695-4708.

Aplicaciones

- 1 **Comparativa** entre algoritmos de compresión.
- 2 **Recuperación** de la información.
- 3 **Evaluar** errores de transmisión.



Figura: Eliminación de reflejos en imágenes² con medida de calidad BRISQUE³

³Rafiq, Bajwa, Gilanie y Anwar, "Reconstruction of scene using corneal reflection".

³Mittal, Moorthy y Bovik, "No-reference image quality assessment in the spatial domain".

Aplicaciones

- 1 **Comparativa** entre algoritmos de compresión.
- 2 **Recuperación** de la información.
- 3 **Evaluar** errores de transmisión.

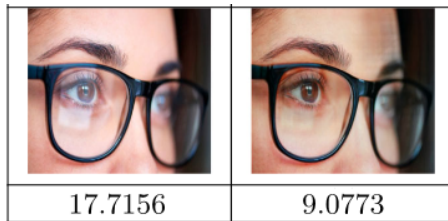


Figura: Eliminación de reflejos en imágenes² con medida de calidad BRISQUE³

³Rafiq, Bajwa, Gilanie y Anwar, "Reconstruction of scene using corneal reflection".

³Mittal, Moorthy y Bovik, "No-reference image quality assessment in the spatial domain".

Problemáticas

- El número de métodos propuestos para 3D **decrece sustancialmente**.
- La naturaleza de las imágenes médicas **reduce** la precisión de modelos IQA estándares.
- No hay **ningún** método aplicado **directamente** a imágenes médicas 3D.

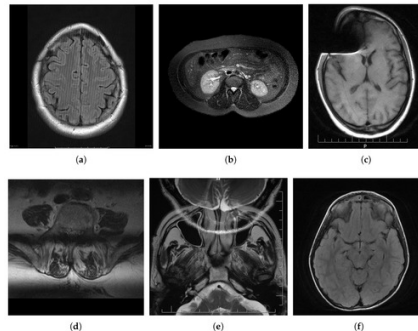


Figura: Ejemplo de distorsiones médicas⁴.

⁴Igor Stepien y Mariusz Oszust. "A Brief Survey on No-Reference Image Quality Assessment Methods for Magnetic Resonance Images". En: *Journal of Imaging* 8.6 (2022).

Problemáticas

- El número de métodos propuestos para 3D **decrece sustancialmente**.
- La naturaleza de las imágenes médicas **reduce** la precisión de modelos IQA estándares.
- No hay **ningún** método aplicado **directamente** a imágenes médicas 3D.

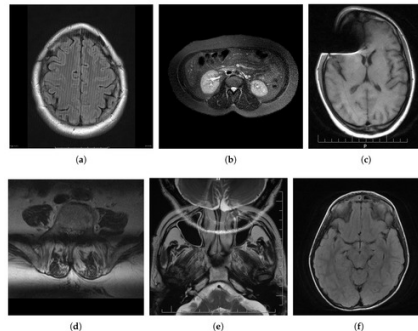


Figura: Ejemplo de distorsiones médicas⁴.

⁴Stepien y Oszust, "A Brief Survey on No-Reference Image Quality Assessment Methods for Magnetic Resonance Images".

Problemáticas

- El número de métodos propuestos para 3D **decrece sustancialmente**.
- La naturaleza de las imágenes médicas **reduce** la precisión de modelos IQA estándares.
- No hay **ningún** método aplicado **directamente** a imágenes médicas 3D.

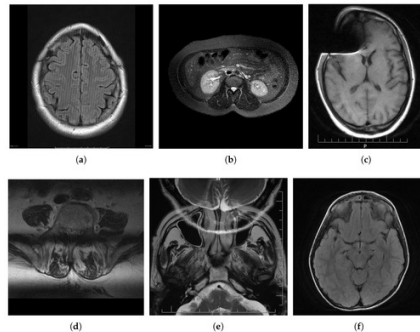


Figura: Ejemplo de distorsiones médicas⁴.

⁴Stepien y Oszust, "A Brief Survey on No-Reference Image Quality Assessment Methods for Magnetic Resonance Images".

Motivación

- Cada vez **más frecuentemente** se emplean volúmenes tridimensionales.
- No obstante, las distorsiones **afectan al volumen 3D generado**.
- Las contribuciones relativas al IQA en la medicina resulta en:
 - Reducción de costes.
 - Reducción de tiempo de consulta.
 - Mejora de calidad del diagnóstico.

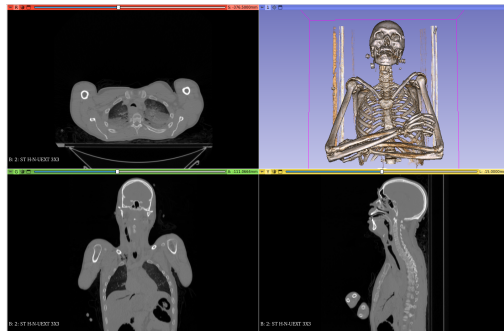


Figura: Ejemplo de visualización 3D (Slicer⁵).

⁵Andriy Fedorov et al. “3D Slicer as an image computing platform for the Quantitative Imaging Network”. En: *Magnetic Resonance Imaging* 30.9 (2012), págs. 1323-1341.

Motivación

- Cada vez **más frecuentemente** se emplean volúmenes tridimensionales.
- No obstante, las distorsiones **afectan al volumen 3D generado**.
- Las contribuciones relativas al IQA en la medicina resulta en:
 - Reducción de costes.
 - Reducción de tiempo de consulta.
 - Mejora de calidad del diagnóstico.

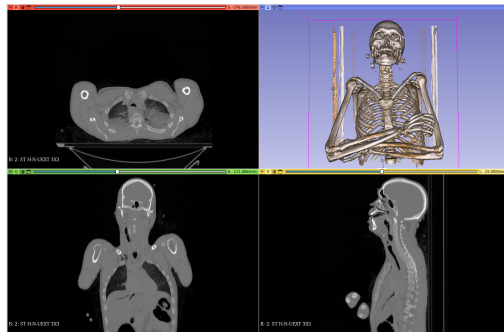


Figura: Ejemplo de visualización 3D (Slicer⁵).

⁵Fedorov et al., “3D Slicer as an image computing platform for the Quantitative Imaging Network”.

Motivación

- Cada vez **más frecuentemente** se emplean volúmenes tridimensionales.
- No obstante, las distorsiones **afectan al volumen 3D generado**.
- Las contribuciones relativas al IQA en la medicina resulta en:
 - Reducción de costes.
 - Reducción de tiempo de consulta.
 - Mejora de calidad del diagnóstico.

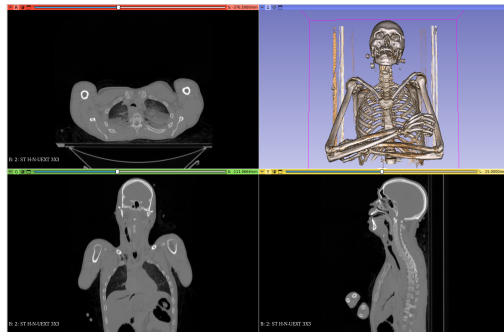


Figura: Ejemplo de visualización 3D (Slicer⁵).

⁵Fedorov et al., “3D Slicer as an image computing platform for the Quantitative Imaging Network”.

Motivación

- Cada vez **más frecuentemente** se emplean volúmenes tridimensionales.
- No obstante, las distorsiones **afectan al volumen 3D generado**.
- Las contribuciones relativas al IQA en la medicina resulta en:
 - Reducción de costes.
 - Reducción de tiempo de consulta.
 - Mejora de calidad del diagnóstico.

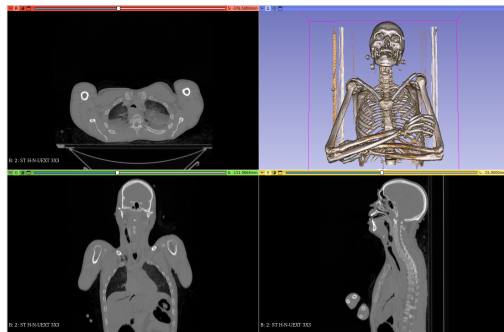


Figura: Ejemplo de visualización 3D (Slicer⁵).

⁵Fedorov et al., “3D Slicer as an image computing platform for the Quantitative Imaging Network”.

Motivación

- Cada vez **más frecuentemente** se emplean volúmenes tridimensionales.
- No obstante, las distorsiones **afectan al volumen 3D generado**.
- Las contribuciones relativas al IQA en la medicina resulta en:
 - Reducción de costes.
 - Reducción de tiempo de consulta.
 - Mejora de calidad del diagnóstico.

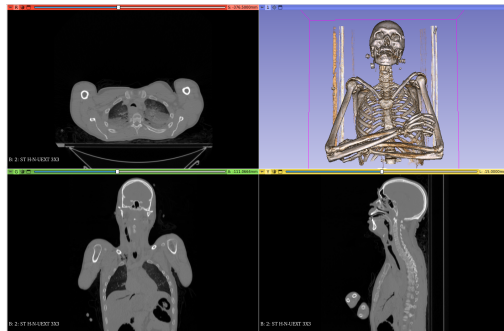


Figura: Ejemplo de visualización 3D (Slicer⁵).

⁵Fedorov et al., “3D Slicer as an image computing platform for the Quantitative Imaging Network”.

Motivación

- Cada vez **más frecuentemente** se emplean volúmenes tridimensionales.
- No obstante, las distorsiones **afectan al volumen 3D generado**.
- Las contribuciones relativas al IQA en la medicina resulta en:
 - Reducción de costes.
 - Reducción de tiempo de consulta.
 - Mejora de calidad del diagnóstico.

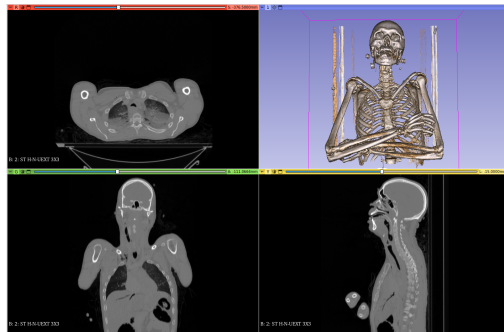


Figura: Ejemplo de visualización 3D (Slicer⁵).

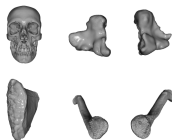
⁵Fedorov et al., “3D Slicer as an image computing platform for the Quantitative Imaging Network”.

Objetivos

Objetivos

- 1 Estudió exhaustivo del estado del arte.
- 2 Generación de datos sintéticos.
- 3 Validar métodos más prometedores.

Imágenes Originales



[...]

[...]

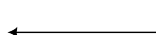
Generar
Distorsiones
(Sección 4.1.3)

Imágenes Distorsionadas



[...]

[...]

Generar
Etiquetas
(Sección 4.1.4)Entrenar y
Validar
(Sección 5)Estimación
de Calidad

Tendencia Scopus

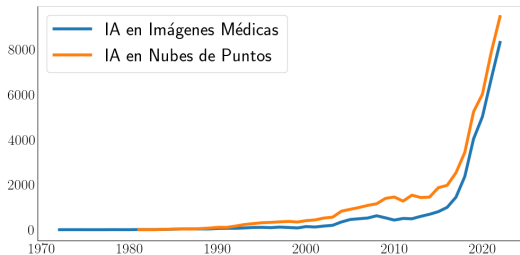


Figura: Aprendizaje automático en medicina (azul) y nubes de puntos (naranja). **Ambos superan los 6000 documentos.**

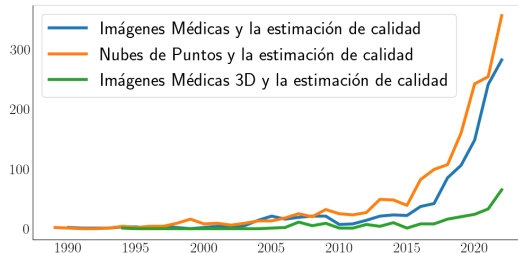


Figura: Estimación de calidad en imágenes médicas (azul), nubes de puntos (naranja) y en imágenes médicas 3D (verde). Esta última, tan solo llega a **60 publicaciones**

Estado del arte FR-IQA

- 1 Están basados en los avances del conocimiento sobre el sistema visual humano (HVS):
 - 1 Cuantificación de la señal.
 - 2 La **sensibilidad al contraste**.
 - 3 Hipótesis de percepción a través de: brillo, contraste y **estructuras**.
 - 4 La **saliencia visual**.
 - 5 Empleo de **modelos DL**.

Métrica	LIVE		
	SRCC	PLCC	RMSE
PSNRHVS	0.919	0.903	12.540
UQI	0.894	0.899	11.982
SSIM	0.948	0.845	8.946
VSI	0.952	0.948	8.682
DSS	0.962	0.931	9.961
CD-MMF	0.981	0.980	5.413
WaDIQaM	0.970	0.980	-

Tabla: Progreso de las métricas FR conforme avanza los conocimientos del HVS, ML y DL⁶.

⁶Yuzhen Niu, Yini Zhong, Wenzhong Guo, Yiqing Shi y Peikun Chen. "2D and 3D Image Quality Assessment: A Survey of Metrics and Challenges". En: *IEEE Access* 7 (2019), págs. 782-801.

Estado del arte FR-IQA

- 1 Están basados en los avances del conocimiento sobre el sistema visual humano (HVS):
 - 1 Cuantificación de la señal.
 - 2 La **sensibilidad al contraste**.
 - 3 Hipótesis de percepción a través de: brillo, contraste y **estructuras**.
 - 4 La **saliencia visual**.
 - 5 Empleo de **modelos DL**.

Métrica	LIVE		
	SRCC	PLCC	RMSE
PSNRHVS	0.919	0.903	12.540
UQI	0.894	0.899	11.982
SSIM	0.948	0.845	8.946
VSI	0.952	0.948	8.682
DSS	0.962	0.931	9.961
CD-MMF	0.981	0.980	5.413
WaDIQaM	0.970	0.980	-

Tabla: Progreso de las métricas FR conforme avanza los conocimientos del HVS, ML y DL⁶.

⁶Niu, Zhong, Guo, Shi y Chen, "2D and 3D Image Quality Assessment: A Survey of Metrics and Challenges".

Estado del arte FR-IQA

- 1 Están basados en los avances del conocimiento sobre el sistema visual humano (HVS):
 - 1 Cuantificación de la señal.
 - 2 La **sensibilidad al contraste**.
 - 3 Hipótesis de percepción a través de: brillo, contraste y **estructuras**.
 - 4 La **saliencia visual**.
 - 5 Empleo de **modelos DL**.

Métrica	LIVE		
	SRCC	PLCC	RMSE
PSNRHVS	0.919	0.903	12.540
UQI	0.894	0.899	11.982
SSIM	0.948	0.845	8.946
VSI	0.952	0.948	8.682
DSS	0.962	0.931	9.961
CD-MMF	0.981	0.980	5.413
WaDIQaM	0.970	0.980	-

Tabla: Progreso de las métricas FR conforme avanza los conocimientos del HVS, ML y DL⁶.

⁶Niu, Zhong, Guo, Shi y Chen, "2D and 3D Image Quality Assessment: A Survey of Metrics and Challenges".

Estado del arte FR-IQA

- 1 Están basados en los avances del conocimiento sobre el sistema visual humano (HVS):
 - 1 Cuantificación de la señal.
 - 2 La **sensibilidad al contraste**.
 - 3 Hipótesis de percepción a través de: brillo, contraste y **estructuras**.
 - 4 La **saliencia visual**.
 - 5 Empleo de **modelos DL**.

Métrica	LIVE		
	SRCC	PLCC	RMSE
PSNRHVS	0.919	0.903	12.540
UQI	0.894	0.899	11.982
SSIM	0.948	0.845	8.946
VSI	0.952	0.948	8.682
DSS	0.962	0.931	9.961
CD-MMF	0.981	0.980	5.413
WaDIQaM	0.970	0.980	-

Tabla: Progreso de las métricas FR conforme avanza los conocimientos del HVS, ML y DL⁶.

⁶Niu, Zhong, Guo, Shi y Chen, "2D and 3D Image Quality Assessment: A Survey of Metrics and Challenges".

Estado del arte FR-IQA

- 1 Están basados en los avances del conocimiento sobre el sistema visual humano (HVS):
 - 1 Cuantificación de la señal.
 - 2 La **sensibilidad al contraste**.
 - 3 Hipótesis de percepción a través de: brillo, contraste y **estructuras**.
 - 4 La **saliencia visual**.
 - 5 Empleo de **modelos DL**.

Métrica	LIVE		
	SRCC	PLCC	RMSE
PSNRHVS	0.919	0.903	12.540
UQI	0.894	0.899	11.982
SSIM	0.948	0.845	8.946
VSI	0.952	0.948	8.682
DSS	0.962	0.931	9.961
CD-MMF	0.981	0.980	5.413
WaDIQaM	0.970	0.980	-

Tabla: Progreso de las métricas FR conforme avanza los conocimientos del HVS, ML y DL⁶.

⁶Niu, Zhong, Guo, Shi y Chen, "2D and 3D Image Quality Assessment: A Survey of Metrics and Challenges".

Estado del arte NR-IQA

- 1 Métricas basadas en **tipos específicos de distorsiones**.
- 2 Métricas basadas en estadísticas de escenas naturales (NSS).
- 3 Métricas basadas en aprendizaje automático.
- 4 Métricas basadas en aprendizaje profundo.

Métrica	LIVE		
	SROCC	PLCC	RMSE
BRISQUE	0.940	0.942	-
LGP	0.957	0.954	7.901
IQA-CNN	0.956	0.953	-
DIQaM-NR	0.960	0.972	-
Hallucinated-IQA	0.982	0.982	-

Tabla: Progreso de las métricas NR al utilizar métodos cada vez más complejos⁷.

⁷Niu, Zhong, Guo, Shi y Chen, "2D and 3D Image Quality Assessment: A Survey of Metrics and Challenges".

Estado del arte NR-IQA

- 1 Métricas basadas en **tipos específicos de distorsiones**.
- 2 Métricas basadas en **estadísticas de escenas naturales** (NSS).
- 3 Métricas basadas en **aprendizaje automático**.
- 4 Métricas basadas en **aprendizaje profundo**.

Métrica	LIVE		
	SROCC	PLCC	RMSE
BRISQUE	0.940	0.942	-
LGP	0.957	0.954	7.901
IQA-CNN	0.956	0.953	-
DIQaM-NR	0.960	0.972	-
Hallucinated-IQA	0.982	0.982	-

Tabla: Progreso de las métricas NR al utilizar métodos cada vez más complejos⁷.

⁷Niu, Zhong, Guo, Shi y Chen, "2D and 3D Image Quality Assessment: A Survey of Metrics and Challenges".

Estado del arte NR-IQA

- 1 Métricas basadas en **tipos específicos de distorsiones**.
- 2 Métricas basadas en **estadísticas de escenas naturales** (NSS).
- 3 Métricas basadas en **aprendizaje automático**.
- 4 Métricas basadas en **aprendizaje profundo**.

Métrica	LIVE		
	SROCC	PLCC	RMSE
BRISQUE	0.940	0.942	-
LGP	0.957	0.954	7.901
IQA-CNN	0.956	0.953	-
DIQaM-NR	0.960	0.972	-
Hallucinated-IQA	0.982	0.982	-

Tabla: Progreso de las métricas NR al utilizar métodos cada vez más complejos⁷.

⁷Niu, Zhong, Guo, Shi y Chen, "2D and 3D Image Quality Assessment: A Survey of Metrics and Challenges".

Estado del arte NR-IQA

- 1 Métricas basadas en **tipos específicos de distorsiones**.
- 2 Métricas basadas en **estadísticas de escenas naturales** (NSS).
- 3 Métricas basadas en **aprendizaje automático**.
- 4 Métricas basadas en **aprendizaje profundo**.

Métrica	LIVE		
	SROCC	PLCC	RMSE
BRISQUE	0.940	0.942	-
LGP	0.957	0.954	7.901
IQA-CNN	0.956	0.953	-
DIQaM-NR	0.960	0.972	-
Hallucinated-IQA	0.982	0.982	-

Tabla: Progreso de las métricas NR al utilizar métodos cada vez más complejos⁷.

⁷Niu, Zhong, Guo, Shi y Chen, "2D and 3D Image Quality Assessment: A Survey of Metrics and Challenges".

Estado del arte PCQA

1 Extracción de características del vecindario del punto.

- 1 Características geométricas.
- 2 Características lumínicas.

2 Métodos para casos específicos.

3 Métodos genéricos por ML.

4 Métodos genéricos por DL.

- 1 Proyecciones 2D.
- 2 Interpretación 3D directa.
- 3 Mixto.

MODELO	STJU-PCQA		WPC	
	PLCC	SRCC	PLCC	SRCC
IT-PCQA	0.58	0.63	0.55	0.54
NR3DQA	0.7382	0.7144	0.6514	0.6479
GPA-Net	0.806	0.78	-	-
ResSCNN	0.86	0.81	0.72	0.75
VQA-PC	0.8635	0.8509	0.7976	0.7968
MM-PCQA	0.92	0.91	0.83	0.83

Tabla: Resumen del estado del arte de modelos NR-PCQA en dos datasets SJTU y WPC.

Estado del arte PCQA

1 Extracción de características del vecindario del punto.

1 Características **geométricas**.

2 Características **lumínicas**.

2 Métodos para casos específicos.

3 Métodos genéricos por ML.

4 Métodos genéricos por DL.

1 Proyecciones 2D.

2 Interpretación 3D directa.

3 Mixto.

MODELO	STJU-PCQA		WPC	
	PLCC	SRCC	PLCC	SRCC
IT-PCQA	0.58	0.63	0.55	0.54
NR3DQA	0.7382	0.7144	0.6514	0.6479
GPA-Net	0.806	0.78	-	-
ResSCNN	0.86	0.81	0.72	0.75
VQA-PC	0.8635	0.8509	0.7976	0.7968
MM-PCQA	0.92	0.91	0.83	0.83

Tabla: Resumen del estado del arte de modelos NR-PCQA en dos datasets SJTU y WPC.

Estado del arte PCQA

1 Extracción de características del vecindario del punto.

- 1 Características **geométricas**.
- 2 Características **lumínicas**.

2 Métodos para casos específicos.

3 Métodos genéricos por ML.

4 Métodos genéricos por DL.

- Proyecciones 2D.
- Interpretación 3D directa.
- Mixto.

MODELO	STJU-PCQA		WPC	
	PLCC	SRCC	PLCC	SRCC
IT-PCQA	0.58	0.63	0.55	0.54
NR3DQA	0.7382	0.7144	0.6514	0.6479
GPA-Net	0.806	0.78	-	-
ResSCNN	0.86	0.81	0.72	0.75
VQA-PC	0.8635	0.8509	0.7976	0.7968
MM-PCQA	0.92	0.91	0.83	0.83

Tabla: Resumen del estado del arte de modelos NR-PCQA en dos datasets SJTU y WPC.

Estado del arte PCQA

- 1 Extracción de características del vecindario del punto.
 - 1 Características **geométricas**.
 - 2 Características **lumínicas**.
- 2 Métodos para casos específicos.
- 3 Métodos genéricos por ML.
- 4 Métodos genéricos por DL.
 - Proyecciones 2D.
 - Interpretación 3D directa.
 - Mixto.

MODELO	STJU-PCQA		WPC	
	PLCC	SRCC	PLCC	SRCC
IT-PCQA	0.58	0.63	0.55	0.54
NR3DQA	0.7382	0.7144	0.6514	0.6479
GPA-Net	0.806	0.78	-	-
ResSCNN	0.86	0.81	0.72	0.75
VQA-PC	0.8635	0.8509	0.7976	0.7968
MM-PCQA	0.92	0.91	0.83	0.83

Tabla: Resumen del estado del arte de modelos NR-PCQA en dos datasets SJTU y WPC.

Estado del arte PCQA

- 1 Extracción de características del vecindario del punto.
 - 1 Características **geométricas**.
 - 2 Características **lumínicas**.
- 2 Métodos para casos específicos.
- 3 Métodos genéricos por ML.
- 4 Métodos genéricos por DL.
 - Proyecciones 2D.
 - Interpretación 3D directa.
 - Mixto.

MODELO	STJU-PCQA		WPC	
	PLCC	SRCC	PLCC	SRCC
IT-PCQA	0.58	0.63	0.55	0.54
NR3DQA	0.7382	0.7144	0.6514	0.6479
GPA-Net	0.806	0.78	-	-
ResSCNN	0.86	0.81	0.72	0.75
VQA-PC	0.8635	0.8509	0.7976	0.7968
MM-PCQA	0.92	0.91	0.83	0.83

Tabla: Resumen del estado del arte de modelos NR-PCQA en dos datasets SJTU y WPC.

Estado del arte PCQA

- 1 Extracción de características del vecindario del punto.
 - 1 Características **geométricas**.
 - 2 Características **lumínicas**.
- 2 Métodos para casos específicos.
- 3 Métodos genéricos por ML.
- 4 Métodos genéricos por DL.
 - 1 Proyecciones 2D.
 - 2 Interpretación 3D directa.
 - 3 Mixto.

MODELO	STJU-PCQA		WPC	
	PLCC	SRCC	PLCC	SRCC
IT-PCQA	0.58	0.63	0.55	0.54
NR3DQA	0.7382	0.7144	0.6514	0.6479
GPA-Net	0.806	0.78	-	-
ResSCNN	0.86	0.81	0.72	0.75
VQA-PC	0.8635	0.8509	0.7976	0.7968
MM-PCQA	0.92	0.91	0.83	0.83

Tabla: Resumen del estado del arte de modelos NR-PCQA en dos datasets SJTU y WPC.

Estado del arte PCQA

- ➊ Extracción de características del vecindario del punto.
 - ➊ Características **geométricas**.
 - ➋ Características **lumínicas**.
- ➋ Métodos para casos específicos.
- ➌ Métodos genéricos por ML.
- ➍ Métodos genéricos por DL.
 - ➊ **Proyecciones 2D**.
 - ➋ Interpretación 3D directa.
 - ➌ Mixto.

MODELO	STJU-PCQA		WPC	
	PLCC	SRCC	PLCC	SRCC
IT-PCQA	0.58	0.63	0.55	0.54
NR3DQA	0.7382	0.7144	0.6514	0.6479
GPA-Net	0.806	0.78	-	-
ResSCNN	0.86	0.81	0.72	0.75
VQA-PC	0.8635	0.8509	0.7976	0.7968
MM-PCQA	0.92	0.91	0.83	0.83

Tabla: Resumen del estado del arte de modelos NR-PCQA en dos datasets SJTU y WPC.

Estado del arte PCQA

- 1 Extracción de características del vecindario del punto.
 - 1 Características **geométricas**.
 - 2 Características **lumínicas**.
- 2 Métodos para casos específicos.
- 3 Métodos genéricos por ML.
- 4 Métodos genéricos por DL.
 - 1 **Proyecciones 2D**.
 - 2 **Interpretación 3D directa**.
 - 3 Mixto.

MODELO	STJU-PCQA		WPC	
	PLCC	SRCC	PLCC	SRCC
IT-PCQA	0.58	0.63	0.55	0.54
NR3DQA	0.7382	0.7144	0.6514	0.6479
GPA-Net	0.806	0.78	-	-
ResSCNN	0.86	0.81	0.72	0.75
VQA-PC	0.8635	0.8509	0.7976	0.7968
MM-PCQA	0.92	0.91	0.83	0.83

Tabla: Resumen del estado del arte de modelos NR-PCQA en dos datasets SJTU y WPC.

Estado del arte PCQA

- 1 Extracción de características del vecindario del punto.
 - 1 Características **geométricas**.
 - 2 Características **lumínicas**.
- 2 Métodos para casos específicos.
- 3 Métodos genéricos por ML.
- 4 Métodos genéricos por DL.
 - 1 **Proyecciones 2D**.
 - 2 **Interpretación 3D directa**.
 - 3 **Mixto**.

MODELO	STJU-PCQA		WPC	
	PLCC	SRCC	PLCC	SRCC
IT-PCQA	0.58	0.63	0.55	0.54
NR3DQA	0.7382	0.7144	0.6514	0.6479
GPA-Net	0.806	0.78	-	-
ResSCNN	0.86	0.81	0.72	0.75
VQA-PC	0.8635	0.8509	0.7976	0.7968
MM-PCQA	0.92	0.91	0.83	0.83

Tabla: Resumen del estado del arte de modelos NR-PCQA en dos datasets SJTU y WPC.

Estado del arte en imágenes médicas

- 1 **No existe** una imagen o representación “sin distorsión” en la medicina.
- 2 Los métodos **actuales** utilizan adaptaciones **IQA** para exámenes médicos específicos como **MRI**.
- 3 No se ha encontrado nada específico en la literatura sobre métodos aplicados a reconstrucciones 3D.

Datos públicos SJTU

- 1 **10 nubes de puntos** de referencia.
- 2 7 tipos de **distorsiones**: compresión, ruido al color, ruido geométrico, ruido gaussiano y combinación entre ellas.
- 3 6 niveles de intensidad.
- 4 Total de 420 nubes de puntos.



Figura: Ejemplo de conjuntos de datos SJTU⁸

⁸Qian Yang, Haichuan Chen, Zhihua Ma, Yue Xu, Rui Tang y Jian Sun. "Predicting the Perceptual Quality of Point Cloud: A 3D-to-2D Projection-Based Exploration". En: *IEEE Transactions on Multimedia* (2020).

Materiales

Datos públicos SJTU

- 1 10 nubes de puntos de referencia.
- 2 7 tipos de **distorsiones**: compresión, ruido al color, ruido geométrico, ruido gaussiano y combinación entre ellas.
- 3 6 niveles de intensidad.
- 4 Total de 420 nubes de puntos.



Figura: Ejemplo de conjuntos de datos SJTU⁸

⁸Yang, Chen, Ma, Xu, Tang y Sun, "Predicting the Perceptual Quality of Point Cloud: A 3D-to-2D Projection-Based Exploration".

Datos públicos SJTU

- 1 **10 nubes de puntos** de referencia.
- 2 **7 tipos de distorsiones:** compresión, ruido al color, ruido geométrico, ruido gaussiano y combinación entre ellas.
- 3 **6 niveles** de intensidad.
- 4 **Total de 420 nubes de puntos.**



Figura: Ejemplo de conjuntos de datos SJTU⁸

⁸Yang, Chen, Ma, Xu, Tang y Sun, "Predicting the Perceptual Quality of Point Cloud: A 3D-to-2D Projection-Based Exploration".

Datos públicos SJTU

- 1 **10 nubes de puntos** de referencia.
- 2 **7 tipos de distorsiones:** compresión, ruido al color, ruido geométrico, ruido gaussiano y combinación entre ellas.
- 3 **6 niveles** de intensidad.
- 4 **Total de 420 nubes de puntos.**

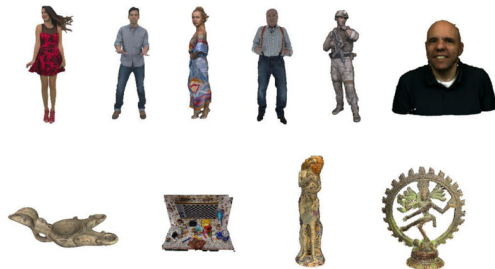


Figura: Ejemplo de conjuntos de datos SJTU⁸

⁸Yang, Chen, Ma, Xu, Tang y Sun, "Predicting the Perceptual Quality of Point Cloud: A 3D-to-2D Projection-Based Exploration".

Datos públicos WPC

- 1 25 nubes de puntos de referencia.
- 2 5 tipos de **distorsiones**: *sumuestreo*, *ruido gaussiano*, *trisoup*, *V-PCC* y *octree*.
- 3 Longitud de **intensidades variantes**.
- 4 Total de 741 nubes de puntos.

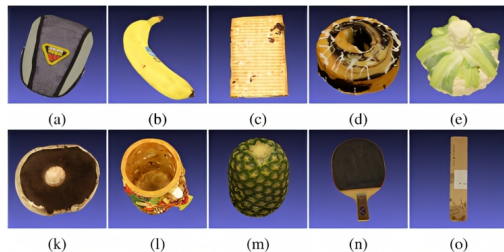


Figura: Ejemplo de conjuntos de datos WPC⁹

⁹Qi Liu, Honglei Su, Zhengfang Duanmu, Wentao Liu y Zhou Wang. "Perceptual Quality Assessment of Colored 3D Point Clouds". En: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (TVCG)* (2022), págs. 1-1.

Materiales

Datos públicos WPC

- 1 25 nubes de puntos de referencia.
- 2 5 tipos de **distorsiones**: sumuestreo, ruido gaussiano, *trisoup*, V-PCC y *octree*.
- 3 Longitud de **intensidades variantes**.
- 4 Total de 741 nubes de puntos.

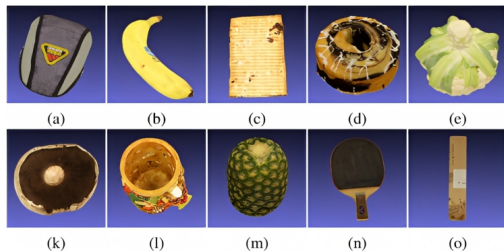


Figura: Ejemplo de conjuntos de datos WPC⁹

⁹Liu, Su, Duanmu, Liu y Wang, “Perceptual Quality Assessment of Colored 3D Point Clouds”.

Materiales

Datos públicos WPC

- 1 25 nubes de puntos de referencia.
- 2 5 tipos de **distorsiones**: sumuestreo, ruido gaussiano, *trisoup*, V-PCC y *octree*.
- 3 Longitud de **intensidades variantes**.
- 4 Total de 741 nubes de puntos.

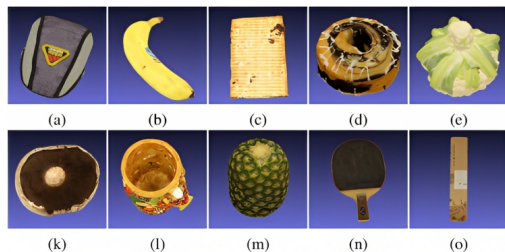


Figura: Ejemplo de conjuntos de datos WPC⁹

⁹Liu, Su, Duanmu, Liu y Wang, “Perceptual Quality Assessment of Colored 3D Point Clouds”.

Materiales

Datos públicos WPC

- 1 25 nubes de puntos de referencia.
- 2 5 tipos de **distorsiones**: sumuestreo, ruido gaussiano, *trisoup*, V-PCC y *octree*.
- 3 Longitud de **intensidades variantes**.
- 4 Total de 741 nubes de puntos.

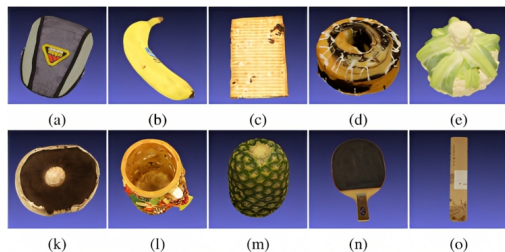


Figura: Ejemplo de conjuntos de datos WPC⁹

⁹Liu, Su, Duanmu, Liu y Wang, "Perceptual Quality Assessment of Colored 3D Point Clouds".

Datos públicos LS-PCQA

- 1 104 nubes de puntos de referencia.
- 2 31 tipos de distorsiones.
- 3 7 niveles de intensidad.
- 4 Total de 22000 nubes de puntos.

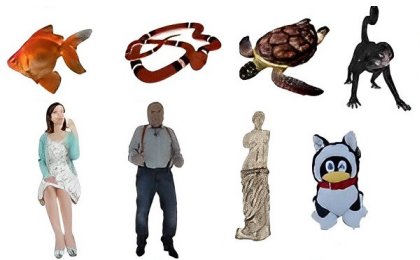


Figura: Ejemplo de conjuntos de datos LS-PCQA¹⁰

¹⁰Yipeng Liu, Qi Yang, Yiling Xu y Le Yang. "Point Cloud Quality Assessment: Dataset Construction and Learning-based No-Reference Metric". En: (2022). arXiv: 2012.11895.

Datos públicos LS-PCQA

- 1 104 nubes de puntos de referencia.
- 2 31 tipos de distorsiones.
- 3 7 niveles de intensidad.
- 4 Total de 22000 nubes de puntos.

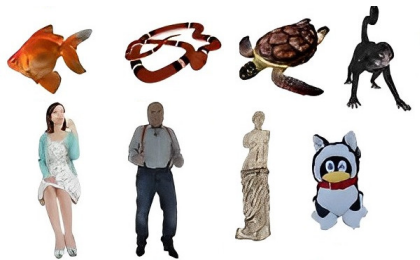


Figura: Ejemplo de conjuntos de datos LS-PCQA¹⁰

¹⁰Liu, Yang, Xu y Yang, "Point Cloud Quality Assessment: Dataset Construction and Learning-based No-Reference Metric".

Datos públicos LS-PCQA

- 1 104 nubes de puntos de referencia.
- 2 31 tipos de distorsiones.
- 3 7 niveles de intensidad.
- 4 Total de 22000 nubes de puntos.



Figura: Ejemplo de conjuntos de datos LS-PCQA¹⁰

¹⁰Liu, Yang, Xu y Yang, "Point Cloud Quality Assessment: Dataset Construction and Learning-based No-Reference Metric".

Datos públicos LS-PCQA

- 1 104 nubes de puntos de referencia.
- 2 31 tipos de distorsiones.
- 3 7 niveles de intensidad.
- 4 Total de 22000 nubes de puntos.



Figura: Ejemplo de conjuntos de datos LS-PCQA¹⁰

¹⁰Liu, Yang, Xu y Yang, "Point Cloud Quality Assessment: Dataset Construction and Learning-based No-Reference Metric".

Materiales

Datos médicos

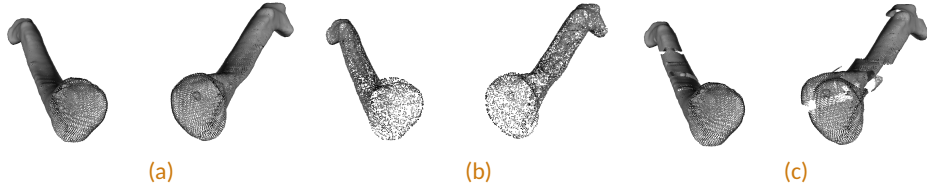


Figura: Ejemplo de distorsiones generadas sobre clavículas, donde (a) es la imagen original, (b) la distorsionada por submuestreo y (c) por movimiento local.

- 1 11 nubes de puntos de referencia.
- 2 5 tipos de distorsiones: submuestreo, compresión, ruido, rotación y movimiento local.
- 3 7 niveles de intensidad para un total de 385 nubes de puntos.

Materiales

Datos médicos

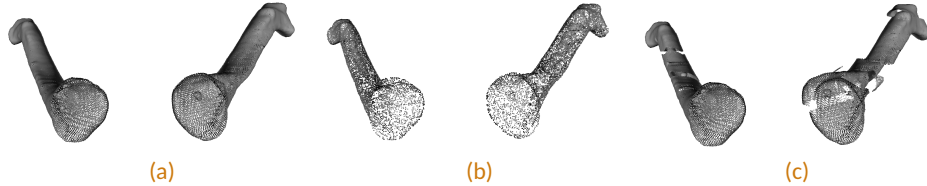


Figura: Ejemplo de distorsiones generadas sobre clavículas, donde (a) es la imagen original, (b) la distorsionada por submuestreo y (c) por movimiento local.

- ❶ 11 nubes de puntos de referencia.
- ❷ 5 tipos de **distorsiones**: submuestreo, compresión, ruido, rotación y movimiento local.
- ❸ 7 niveles de intensidad para un total de 385 nubes de puntos.

Materiales

Datos médicos

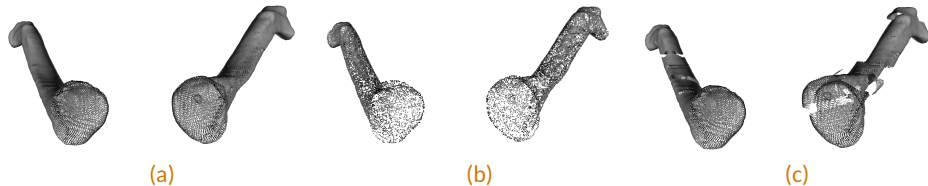


Figura: Ejemplo de distorsiones generadas sobre clavículas, donde (a) es la imagen original, (b) la distorsionada por submuestreo y (c) por movimiento local.

- ❶ 11 nubes de puntos de referencia.
- ❷ 5 tipos de **distorsiones**: submuestreo, compresión, ruido, rotación y movimiento local.
- ❸ 7 niveles de intensidad para un **total de 385 nubes de puntos**.

Métricas

Correlación lineal de Pearson

$$PLCC(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2}}$$

Evalúa si existe una **relación lineal** entre conjuntos.

Correlación de orden de rango de Kendall

$$KROCC(x, y) = \frac{C-D}{\frac{1}{2}m(m-1)}$$

Evalúa la **concordancia y discordancia** de relación entre pares.

Correlación de rangos de Spearman

$$SROCC(x, y) = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}}$$

Evalúa la relación lineal entre los **rankings**.

Error cuadrático medio

$$RMSE(x, y) = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_i - y_i)^2}$$

Evalúa la **diferencia media** de los pares de valores.

Generación de etiquetas

Distortion	M-p2po	M-p2pl	H-p2po	H-p2pl	PCQM	GraphSIM	MPED
DownSample	0.881	0.626	0.841	0.811	0.524	0.842	0.857
GaussianShifting	0.741	0.718	0.829	0.834	0.816	0.742	0.598
LocalOffset	0.937	0.934	0.770	0.770	0.851	0.906	0.897
LocalRotation	0.819	0.712	0.831	0.734	0.657	0.723	0.742
Octree	0.779	0.788	0.819	0.752	0.676	0.757	0.710

Tabla: Tabla de métricas para generación de etiquetas.¹⁰

	Parte I	Parte II
SROCC	0.902697	0.878517
PLCC	0.910713	0.871917

Tabla: Correlación de métricas sintéticas.¹⁰

¹⁰Liu, Yang, Xu y Yang, "Point Cloud Quality Assessment: Dataset Construction and Learning-based No-Reference Metric".

Model NR3DQA¹¹

1 Extracción independiente del modelo.

- Anisotropía
- Planaridad
- Esfericidad
- Curvatura
- Linealidad

2 Descartamos las características lumínicas.

3 Usamos: media, desviación y entropía.

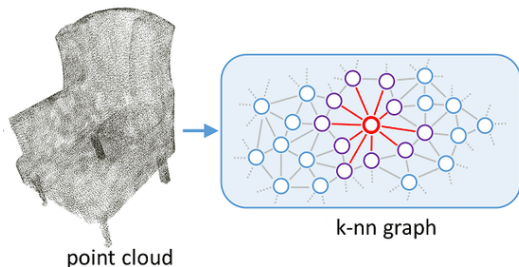


Figura: Extracción de características del vecindario.

¹⁰Zicheng Zhang, Wei Sun, Xionguo Min, Tao Wang, Wei Lu y Guangtao Zhai. “No-Reference Quality Assessment for 3D Colored Point Cloud and Mesh Models”. En: *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology* 32.11 (2022), págs. 7618-7631.

Model NR3DQA¹¹

1 Extracción independiente del modelo.

- Anisotropía
- Planaridad
- Esfericidad
- Curvatura
- Linealidad

2 Descartamos las características lumínicas.

3 Usamos: media, desviación y entropía.

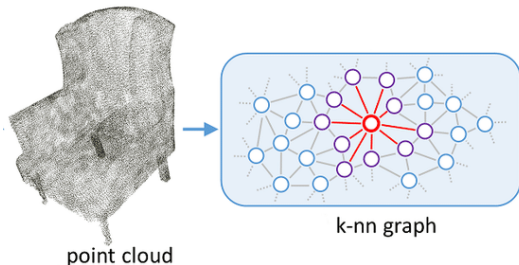


Figura: Extracción de características del vecindario.

¹⁰Zhang, Sun, Min, Wang, Lu y Zhai, “No-Reference Quality Assessment for 3D Colored Point Cloud and Mesh Models”.

Model NR3DQA¹¹

1 Extracción independiente del modelo.

- Anisotropía
- Planaridad
- Esfericidad
- Curvatura
- Linealidad

2 Descartamos las características lumínicas.

3 Usamos: media, desviación y entropía.

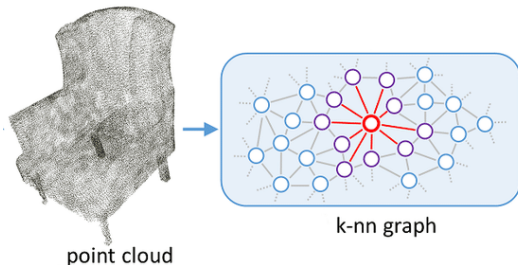


Figura: Extracción de características del vecindario.

¹⁰Zhang, Sun, Min, Wang, Lu y Zhai, “No-Reference Quality Assessment for 3D Colored Point Cloud and Mesh Models”.

Model NR3DQA¹¹

1 Extracción independiente del modelo.

- Anisotropía
- Planaridad
- Esfericidad
- Curvatura
- Linealidad

2 Descartamos las características lumínicas.

3 Usamos: media, desviación y entropía.

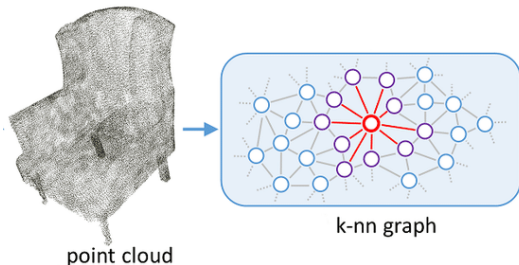


Figura: Extracción de características del vecindario.

¹⁰Zhang, Sun, Min, Wang, Lu y Zhai, “No-Reference Quality Assessment for 3D Colored Point Cloud and Mesh Models”.

Model NR3DQA¹¹

1 Extracción independiente del modelo.

- Anisotropía
- Planaridad
- Esfericidad
- Curvatura
- Linealidad

2 Descartamos las características lumínicas.

3 Usamos: media, desviación y entropía.

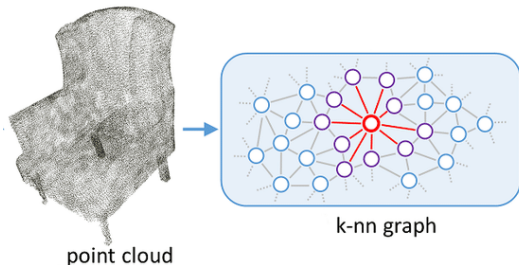


Figura: Extracción de características del vecindario.

¹⁰Zhang, Sun, Min, Wang, Lu y Zhai, “No-Reference Quality Assessment for 3D Colored Point Cloud and Mesh Models”.

Model NR3DQA¹¹

1 Extracción independiente del modelo.

- Anisotropía
- Planaridad
- Esfericidad
- Curvatura
- Linealidad

2 Descartamos las características lumínicas.

3 Usamos: media, desviación y entropía.

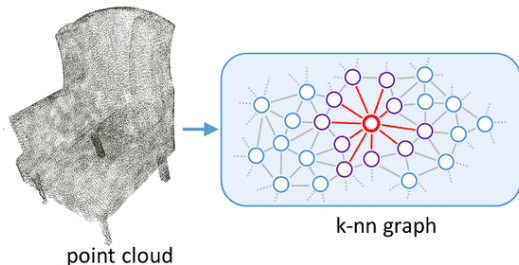


Figura: Extracción de características del vecindario.

¹⁰Zhang, Sun, Min, Wang, Lu y Zhai, “No-Reference Quality Assessment for 3D Colored Point Cloud and Mesh Models”.

Model NR3DQA¹¹

1 Extracción independiente del modelo.

- Anisotropía
- Planaridad
- Esfericidad
- Curvatura
- Linealidad

2 Descartamos las características lumínicas.

3 Usamos: media, desviación y entropía.

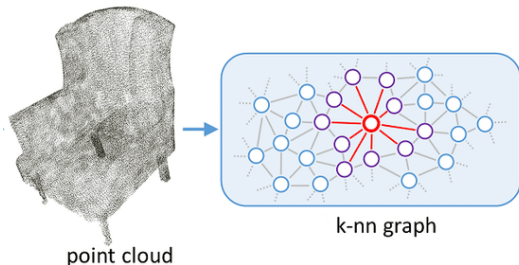


Figura: Extracción de características del vecindario.

¹⁰Zhang, Sun, Min, Wang, Lu y Zhai, “No-Reference Quality Assessment for 3D Colored Point Cloud and Mesh Models”.

Model NR3DQA¹¹

1 Extracción independiente del modelo.

- Anisotropía
- Planaridad
- Esfericidad
- Curvatura
- Linealidad

2 Descartamos las características lumínicas.

3 Usamos: media, desviación y entropía.

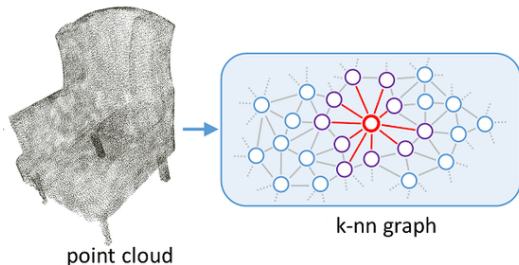


Figura: Extracción de características del vecindario.

¹⁰Zhang, Sun, Min, Wang, Lu y Zhai, “No-Reference Quality Assessment for 3D Colored Point Cloud and Mesh Models”.

Modelo VQA-PC¹²

- 1 Extracción automática de características.
- 2 Extracción **espacial y temporal** de las reconstrucciones.
 - Espacial por fotogramas estáticos de distintas perspectivas.
 - Temporal por tratar la **nube como video**.
- 3 Es como un **meta-modelo** de aprendizaje profundo.

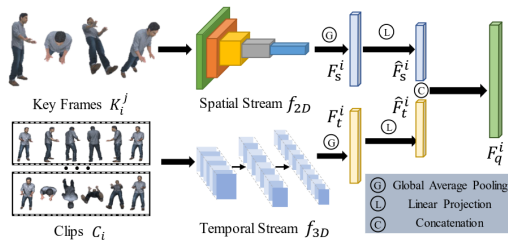


Figura: Estructura del modelo VQA-PC

¹²Zicheng Zhang, Wei Sun, Yucheng Zhu, Xionguo Min, Wei Wu, Ying Chen y Guangtao Zhai. "Treating Point Cloud as Moving Camera Videos: A No-Reference Quality Assessment Metric". En: (2022). arXiv: 2208.14085.

Métodos

Modelo VQA-PC¹²

- 1 Extracción automática de características.
- 2 Extracción **espacial y temporal** de las reconstrucciones.
 - Espacial por fotogramas estáticos de **distintas perspectivas**.
 - Temporal por tratar la **nube como video**.
- 3 Es como un **meta-modelo** de aprendizaje profundo.

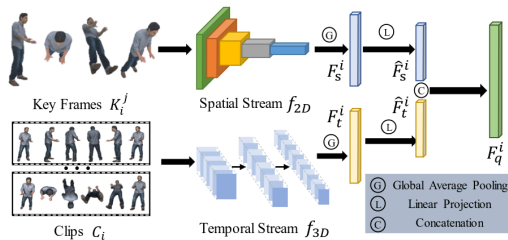


Figura: Estructura del modelo VQA-PC

¹²Zhang, Sun, Zhu, Min, Wu, Chen y Zhai, "Treating Point Cloud as Moving Camera Videos: A No-Reference Quality Assessment Metric".

Métodos

Modelo VQA-PC¹²

- 1 Extracción automática de características.
- 2 Extracción **espacial y temporal** de las reconstrucciones.
 - Espacial por fotogramas estáticos de **distintas perspectivas**.
 - Temporal por tratar la **nube como video**.
- 3 Es como un **meta-modelo** de aprendizaje profundo.

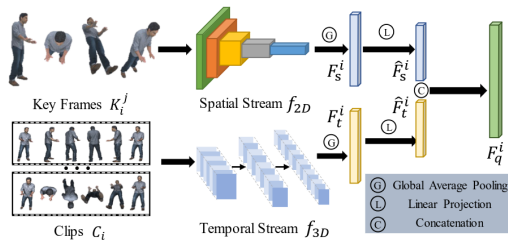


Figura: Estructura del modelo VQA-PC

¹²Zhang, Sun, Zhu, Min, Wu, Chen y Zhai, "Treating Point Cloud as Moving Camera Videos: A No-Reference Quality Assessment Metric".

Modelo VQA-PC¹²

- 1 Extracción automática de características.
- 2 Extracción **espacial y temporal** de las reconstrucciones.
 - Espacial por fotogramas estáticos de **distintas perspectivas**.
 - Temporal por tratar la **nube como video**.

- 3 Es como un **meta-modelo** de aprendizaje profundo.

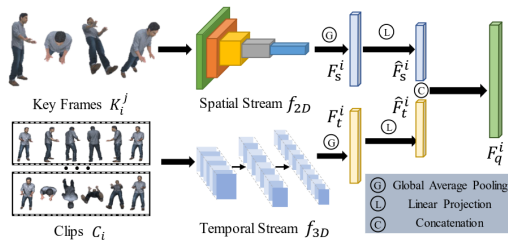


Figura: Estructura del modelo VQA-PC

¹²Zhang, Sun, Zhu, Min, Wu, Chen y Zhai, "Treating Point Cloud as Moving Camera Videos: A No-Reference Quality Assessment Metric".

Modelo VQA-PC¹²

- 1 Extracción automática de características.
- 2 Extracción **espacial y temporal** de las reconstrucciones.
 - Espacial por fotogramas estáticos de **distintas perspectivas**.
 - Temporal por tratar la **nube como video**.
- 3 Es como un **meta-modelo** de aprendizaje profundo.

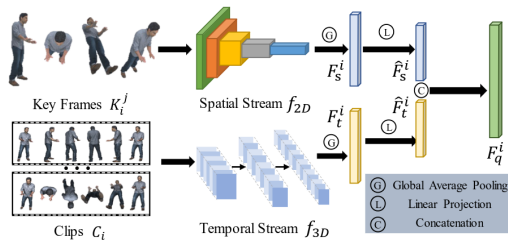


Figura: Estructura del modelo VQA-PC

¹²Zhang, Sun, Zhu, Min, Wu, Chen y Zhai, "Treating Point Cloud as Moving Camera Videos: A No-Reference Quality Assessment Metric".

Tecnologías utilizadas



Protocolo de validación

Protocolo de validación



Modelo NR3DQA

Modelo NR3DQA¹¹

Dataset	PLCC	SROCC	KROCC
SJTU	0.810325	0.777403	0.608302
WPC	0.637953	0.634853	0.463578

Tabla: Replicando experimentos de Zhang et al¹¹.

Etiqueta Sintética	Modelo	Escalado	PLCC	SROCC
Valor de la métrica	SVM	RobustScaler	0.2017	0.1776
Valor normalizado	KNNRegressor	RobustScaler	0.2671	0.1882
Valor en escala 0-5	DecisionTree	StandardScaler	0.309176	0.196713

Tabla: Resultados de prueba preliminar con NR3DQA¹¹.

¹²Zhang, Sun, Min, Wang, Lu y Zhai, “No-Reference Quality Assessment for 3D Colored Point Cloud and Mesh Models”.

Modificaciones

- Weinmann et al¹³ estudiaron los procesos de:
 - Segmentación.
 - Detección.
 - Clasificación.
- Justifican la importancia de:
 - Omnivarianza.
 - Entropía de los valores singulares.
 - Verticalidad del vecindario.

Dataset	PLCC	SROCC	KROCC
SJTU	0.853709	0.820057	0.649406
WPC	0.642356	0.62917	0.455562
Nuestro	0.344601	0.170793	–

Tabla: Resultado de mejoras sobre el método SVM.

¹³Martin Weinmann, Boris Jutzi, Clément Mallet y Michael Weinmann. "Geometric Features and Their Relevance for 3D Point Cloud Classification". En: *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences IV-1/W1* ().

Modelo VQA-PC

Hiperparámetros del modelo VQA-PC¹²

Salida	Estructura		
112 × 112	7 × 7, 64, stride 2		
56 × 56	3 × 3 max pool, stride 2		
		1 × 1, 64 3 × 3, 64 1 × 1, 256	× 3
28 × 28		1 × 1, 128 3 × 3, 128 1 × 1, 512	× 3
14 × 14		1 × 1, 256 3 × 3, 256 1 × 1, 1024	× 3
7 × 7		1 × 1, 512 3 × 3, 512 1 × 1, 2048	× 3
1 × 1	average pool, 1000-d fc, softmax		

Tabla: Descripción de la arquitectura ResNet50.

Hiperparámetro	Valor
Tasa de aprendizaje	0.0004
Tamaño de batches	32
Tasa de decadencia	0.9
Frecuencia de decadencia	10
Épocas	30
K-fold	9

Tabla: Hiperparámetros empleados en la experimentación preliminar¹²

Zhang, Sun, Zhu, Min, Wu, Chen y Zhai, "Treating Point Cloud as Moving Camera Videos: A No-Reference Quality Assessment Metric".

Modelo VQA-PC

Experimentos preliminares VQA-PC

Kfold	MSE	SROCC
0	13.9222	0.8995
1	418120.5625	0.8547
2	10.9271	0.9081
3	19.8226	0.9295
4	443.6077	0.8700
5	28.3165	0.9544
6	292.239	0.7675
7	329.0685	0.8833
8	357.0455	0.8647
Promedio	46623.94	0.8813

Tabla: Resultados de experimento preliminar.

Curvas de aprendizaje VQA-PC

Media de curvas de aprendizaje.



Figura: Curvas de aprendizaje del test preliminar.

Modificaciones

- ➊ Abouelaziz et al¹⁴ experimentaron **distintos métodos de fusión de características**.
 - Fusión por **concatenación** (Fo).
 - Fusión por **multiplicación** (F1).
 - Fusión por **convolución 1x1** (F2).
 - Fusión por **compact multi-linear pooling** (F3).
- ➋ Experimentamos con todas ellas.
- ➌ Experimentamos con **etiquetas normalizadas o no**.
- ➍ En vez de recortar una selección local, **reescalar la imagen entera**.

¹⁴Ilyass Abouelaziz, Aladine Chetouani, Mohammed El Hassouni, Longin Jan Latecki y Hocine Cherifi. "No-reference mesh visual quality assessment via ensemble of convolutional neural networks and compact multi-linear pooling". En: *Pattern Recognition 100* (2020), pág. 107174.

Experimentos finales VQA-PC

	Valor medio SROCC			
Modelo	Estándar	Normalizado	Reescalado	Ambos
VQA-PC (SJ TU)	0.7094	0.6235	0.8425	0.7126
VQA-PC F1	0.7305	0.6140	0.8164	0.7291
VQA-PC F2	0.6816	0.5770	0.8057	0.7324
VQA-PC F3	0.7080	0.5671	0.7482	0.7006

Tabla: Tabla de resultados iniciales sobre imágenes médicas.

Modelo VQA-PC

Experimentos finales VQA-PC

	Mediana SROCC			
Modelo	Estándar	Normalizado	Reescalado	Ambos
VQA-PC (SJTU)	0.7400	0.7510	0.8417	0.7434
VQA-PC F1	0.7022	0.6331	0.8636	0.7849
VQA-PC F2	0.6350	0.5955	0.8538	0.7165
VQA-PC F3	0.7118	0.5179	0.7518	0.7334

Tabla: Mediana de los valores obtenidos. Se observa una mejora significativa para los métodos F1 y F2. También es evidente la estabilidad del modelo pre-entrenado sobre SJTU.

Resultados Finales

	SROCC		
Modelo	Media	Desviación	Mediana
VQA-PC Fo	0.8325	0.2017	0.9140
VQA-PC F1	0.8242	0.2025	0.9095
VQA-PC F2	0.8757	0.1468	0.9347
VQA-PC F3	0.8071	0.1811	0.8692

Tabla: Resultados en imágenes médicas reescaladas con modelos pre-entrenados sobre el conjunto de datos LS-PCQA¹⁰.

¹⁴Liu, Yang, Xu y Yang, “Point Cloud Quality Assessment: Dataset Construction and Learning-based No-Reference Metric”.

Conclusiones

- 1 **Primer método** que estima la calidad de reconstrucciones biomédicas 3D.
- 2 Se logra generar un **conjunto de datos sintéticos médicos** para estimación de calidad.
- 3 Se **justifica** el uso de modelos de **aprendizaje profundo experimentalmente**.
- 4 Pese a ser un estudio preliminar, obtenemos una **alta correlación (88 %)**. Indicador de lo prometedora que es esta línea de investigación.

Conclusiones

- 1 **Primer método** que estima la calidad de reconstrucciones biomédicas 3D.
- 2 Se logra generar un **conjunto de datos sintéticos médicos** para estimación de calidad.
- 3 Se justifica el uso de modelos de **aprendizaje profundo experimentalmente**.
- 4 Pese a ser un estudio preliminar, obtenemos una **alta correlación (88 %)**. Indicador de lo prometedora que es esta línea de investigación.

Conclusiones

- 1 **Primer método** que estima la calidad de reconstrucciones biomédicas 3D.
- 2 Se logra generar un **conjunto de datos sintéticos médicos** para estimación de calidad.
- 3 **Se justifica** el uso de modelos de **aprendizaje profundo experimentalmente**.
- 4 Pese a ser un estudio preliminar, obtenemos una **alta correlación (88 %)**. Indicador de lo prometedora que es esta línea de investigación.

Conclusiones

- 1 **Primer método** que estima la calidad de reconstrucciones biomédicas 3D.
- 2 Se logra generar un **conjunto de datos sintéticos médicos** para estimación de calidad.
- 3 **Se justifica** el uso de modelos de **aprendizaje profundo experimentalmente**.
- 4 Pese a ser un estudio preliminar, obtenemos una **alta correlación (88 %)**. Indicador de lo prometedora que es esta línea de investigación.

Conclusiones

Conclusiones

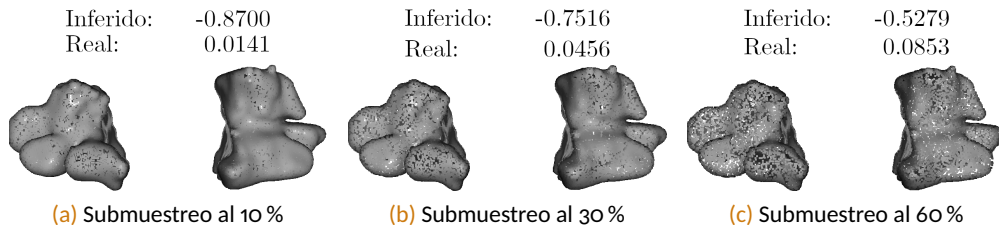


Figura: Ejemplo de correspondencia de pendiente entre valores inferidos (sin normalizar) y los valores reales de las etiquetas.

- 1 Se han completado satisfactoriamente los objetivos planteados.
- 2 Se han abierto puertas a futuras investigaciones.
- 3 https://github.com/CodeBoy-source/TFG_NRPCQA

Conclusiones

Conclusiones

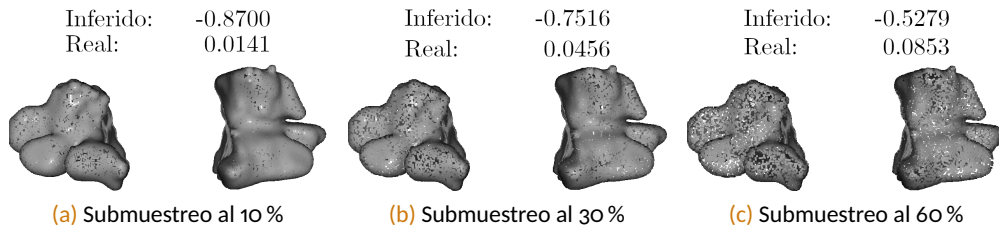


Figura: Ejemplo de correspondencia de pendiente entre valores inferidos (sin normalizar) y los valores reales de las etiquetas.

- 1 Se han completado satisfactoriamente los objetivos planteados.
- 2 Se han abierto puertas a futuras investigaciones.
- 3 https://github.com/CodeBoy-source/TFG_NRPCQA

Conclusiones

Conclusiones

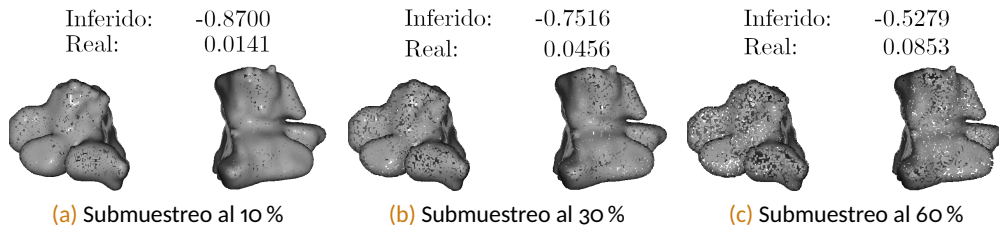


Figura: Ejemplo de correspondencia de pendiente entre valores inferidos (sin normalizar) y los valores reales de las etiquetas.

- 1 Se han completado satisfactoriamente los objetivos planteados.
- 2 Se han abierto puertas a futuras investigaciones.
- 3 https://github.com/CodeBoy-source/TFG_NRPCQA

Trabajos futuros

- 1 Rehacer el experimento con **etiquetas generadas manualmente**.
- 2 **Para mejorar el meta-modelo**, se podría **permitir la adaptación** del modelo de extracción de características **temporales**.
- 3 Simular distorsiones sobre **imágenes 2D** para obtener datos más **realistas**.
- 4 Explorar **otros métodos** de la literatura.

Dudas, preguntas o comentarios.

Agradecimientos

Gracias por su atención.

¿Dudas, preguntas o comentarios?