

# HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA INVERSA PARA LA OBTENCIÓN DE LA GEOMETRÍA DE CASCOS DE BICICLETA

---

Miralbés-Buil Ramón<sup>1\*</sup>, Ranz-Angulo David<sup>1</sup>, Peña-Baquedano Juan  
Antonio<sup>1</sup>

1) Dep. de Ing. de Diseño y Fabricación, Escuela de Ingeniería y Arquitectura,  
Universidad de Zaragoza, C/ María de Luna s/n, 50018, Zaragoza, Zaragoza

\*miralbes@unizar.es

## RESUMEN

El objetivo del siguiente artículo es mostrar una metodología para la reconstrucción 3D de cascos de diversos tipos utilizando diversas herramientas como son la fotogrametría y el escáner mediante infrarrojos; para ello se compararán los resultados obtenidos mediante estas dos tecnologías y a partir de mediciones reales para contrastar el grado de detalle y precisión adquirido; esto permitirá transformar un modelo real de casco en uno virtual para su posterior simulación y ensayo utilizando técnicas de ensayo virtual para, por ejemplo conocer en caso de impacto los daños neuronales que se ocasionarían en un ciclista.

Cabe destacar la complejidad que presentan los cascos de bicicleta frente a otros cascos como los cascos de moto, ya que presentan una serie de aberturas y unas geometrías complicadas para permitir la ventilación y, por ello, presentan una cierta dificultad para su escaneo y reconstrucción, por lo que se ha estudiado este aspecto.

Debe señalarse que se utilizarán diversas herramientas de fotogrametría y diversos programas como el PhotoScan y el Autodesk 123 Catch con el fin de obtener la metodología que permita una mayor precisión, sencillez de utilización y rapidez.

**PALABRAS CLAVE:** Fotogrametría, escáner, casco, bicicleta, ingeniería inversa

## 1. INTRODUCCIÓN

La reconstrucción 3D y la ingeniería inversa es un aspecto fundamental de la investigación del área de Expresión Gráfica en la Ingeniería que permite, mediante métodos no destructivos, la adquisición de datos que permiten posteriormente la generación de modelos 3D, generalmente a partir de nubes de puntos y de mallas triangulares de superficies. Para este propósito existen diversas herramientas como son la fotogrametría, la utilización de escáneres, la generación de secciones mediante tomografías y la reconstrucción a partir de las mismas, el uso de máquinas de medir por coordenadas, etc.

Debido al aumento de la capacidad de procesamiento de los ordenados, el uso de la fotogrametría ha experimentado un gran desarrollo y se está trabajando en el desarrollo de la videogrametría; actualmente la fotogrametría es una tecnología que permite mediante la captación de una gran cantidad de fotografías que presenten solapamiento (u overlap) y a partir de los principios de la visión estereoscópica, reconocer puntos entre imágenes mediante comparación de píxeles y puntos para generar equivalencias entre puntos y detectar diferencia de distancias y por tanto profundidades. En este apartado existen diversos programas comerciales de fotogrametría como el Agisoft Photoscan y el Autodesk 123 Catch.

En el ámbito del escáner 3D, existe una gran variedad de los mismos con diversas tecnologías como el uso de infrarrojos, luz blanca, etc., de fabricantes y de modelos con una gran variedad de precios que empiezan desde los 300 euros del modelo básico; para este artículo se ha utilizado un modelo básico, el Sense; este escáner tiene presenta un error de 0.9 mm a 0.5 m según sus especificaciones. Este escáner permite captar las texturas y el color del modelo.

Los objetos de estudio de este análisis han sido dos cascos de bicicleta que se muestran en la figura 1; estos cascos son de tipologías muy diferentes: casco prácticamente sin aberturas y casco con una gran cantidad de aberturas. El objetivo ha sido tanto la reconstrucción del exterior como la del interior de forma separada y conjunta con el fin de generar un modelo 3D.



Figura 1. Modelos de cascos (cerrado: derecha; abierto: izquierda)

Para la realización de la reconstrucción se han utilizado dos metodologías diferentes para la colocación del modelo y el escaneo:

1. Modelo suspendido desde una estructura en vertical. Fotografías y escaneos realizados mediante movimiento circular a varias alturas alrededor mediante movimiento circular. Permite reconstruir el interior y el exterior y obtener el modelo completo.
2. Modelo colocado sobre una plataforma móvil giratoria con fondo verde. Fotografías y escaneos realizados desde un punto fijo con la cámara a varias alturas y el casco girando en torno al eje de la plataforma. Sólo permite reconstruir el interior o el exterior y posteriormente deben montarse ambos modelos para generar el modelo completo. Esto supone una desventaja ya que es necesario el postprocesamiento.

En el caso de la fotogrametría se han utilizado dos cámaras de fotos diferentes: cámara réflex Nikon D40X y cámara de ojo de pez SJCAM SJ500X

Para la realización de la fotogrametría y la reconstrucción 3D se han utilizado los programas Autodesk 123 Catch y Agisoft PhotoScan; tanto para el escaneo como para la fotogrametría se han utilizado 10 dianas (ver figura 1) colocadas en cada casco que permiten analizar el error obtenido a partir de las medidas entre puntos obtenidas previamente mediante una máquina de medir por coordenadas. Adicionalmente la reconstrucción mediante PhotoScan permite la utilización de estas dianas para orientar las fotografías y realizar equivalencias entre puntos de diversas fotografías. Debe señalarse que PhotoScan permite la utilización de máscaras, tanto manuales como automáticas que han permitido eliminar el fondo y utilizar únicamente la parte de las fotografías correspondientes al casco con lo que, según indica la bibliografía, se obtiene una mejor resolución.

## **2. RESULTADOS DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Los principales resultados obtenidos de la línea de investigación han sido:

- Ha sido imposible realizar una reconstrucción adecuada mediante 123 Catch en el caso de las fotografías realizadas mediante fondo verde y plataforma móvil ya que, el programa no permite utilizar máscaras; esto supone que el programa detecta que la cámara está fija y, en ese caso no permite generar un modelo del casco adecuado. En el caso del casco suspendido el modelo obtenido no ha sido satisfactorio.

- Los modelos generados con el escáner 3D han generado modelos muy precisos y con una geometría final muy similar al modelo a excepción de los huecos del casco que no se han reproducido con suficiente exactitud. Este error es de especial relevancia en el casco abierto. Esto supone una limitación de esta herramienta que deberá estudiarse. Debe señalarse que esta herramienta permite obtener directamente el tamaño del objeto sin tener que realizar ningún tipo de escala. El error medio obtenido ha sido de 2% / 2,34 mm
- No ha sido posible obtener un modelo adecuado del casco escaneado sobre la plataforma móvil ya que el escáner detecta que el casco se mueve en lugar del escáner.
- La geometría obtenida mediante fotogrametría en los cascos tiene un alto grado de precisión en la medición entre puntos pero la geometría final no se adapta a la forma al aparecer bastantes irregularidades debidas a los reflejos del casco que presenta una superficie brillante poco adecuada para la realización de fotogrametrías (se plantea en el futuro el pintado mate o el recubrimiento con polvos de talco)
- En el caso del casco suspendido los modelos obtenidos mediante fotogrametría no han sido adecuados con ninguno de los dos programas debido principalmente a la iluminación que es un elemento fundamental.

Es por ello que la mejor metodología para la obtención del modelo de casco es el escaneo ya que no se ve afectado por la iluminación ni por los brillos y reflejos de la superficie exterior.

### **3. EQUIPO INVESTIGADOR**

**Nombre:** Ramón Miralbés Buil  
**Centro:** Universidad de Zaragoza  
**Departamento:** Departamento de ingeniería de Diseño y Fabricación  
**Categoría:** Profesor Contratado Doctor

**Nombre:** David Ranz Angulo  
**Centro:** Universidad de Zaragoza  
**Departamento:** Departamento de ingeniería de Diseño y Fabricación  
**Categoría:** Profesor Asociado

**Nombre:** Juan Antonio Peña Baquedano  
**Centro:** Universidad de Zaragoza  
**Departamento:** Departamento de ingeniería de Diseño y Fabricación  
**Categoría:** Profesor Ayudante Doctor



## Herramientas de Ingeniería Inversa para la Obtención de la Geometría de Cascos de Bicicleta

**Resumen:** El objetivo del artículo es mostrar una metodología para la reconstrucción 3D de cascos de diversos tipos utilizando diversas herramientas como son la fotogrametría y el escáner mediante infrarrojos; para ello se compararán los resultados obtenidos mediante estas dos tecnologías y a partir de mediciones reales para contrastar el grado de detalle y precisión adquirido; esto permitirá transformar un modelo real de casco en uno virtual para su posterior simulación y ensayo utilizando técnicas de ensayo virtual para, por ejemplo conocer en caso de impacto los daños neuronales que se ocasionarían en un ciclista. Cabe destacar la complejidad que presentan los cascos de bicicleta frente a otros cascos como los cascos de moto, ya que presentan una serie de aberturas y unas geometrías complicadas para permitir la ventilación y, por ello, presentan una cierta dificultad para su escaneo y reconstrucción, por lo que se ha estudiado este aspecto.

Debe señalarse que se utilizarán diversas herramientas de fotogrametría y diversos programas como el PhotoScan y el Autodesk 123 Catch con el fin de obtener la metodología óptima que permita una mayor precisión, sencillez de utilización y rapidez.



Modelo 1: casco cerrado



Modelo 2: casco abierto



Fotogrametría: Nikon DX40

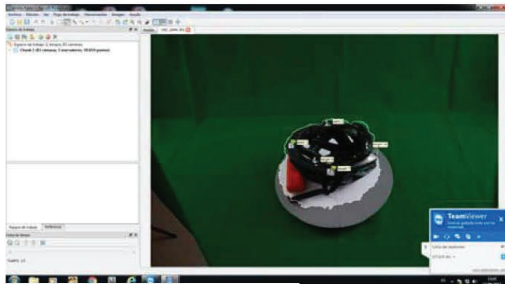
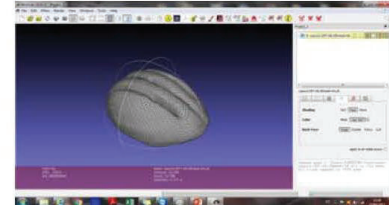


Escaneado: Sense



### Metodología óptima de escaneado:

- Casco suspendido: escaneo simultáneo interior/exterior
- Optimización de iluminación mediante 3 focos de luz difusa
- Software: propio de Sense
- Mejor de malla y optimización: Z-Brush / Mesh lab
- Tiempo requerido: 5' aprox escaneo + 1 h Zbrush
- Resultado: 16.389 vértices y 32.788 caras



### Metodología óptima de fotogrametría:

- Casco sobre plataforma móvil (escaneo sólo exterior o sólo interior + unión mediante Mesh Mixer)
- Imposibilidad de realización mediante un único escaneo
- Optimización de iluminación mediante 3 focos de luz difusa
- Eliminación de fondos mediante fondo verde
- Uso de plataforma de giro móvil para el escaneo
- Software: Agisoft Photoscan (uso de dianas y máscaras)
- Mejor de malla y optimización: Z-Brush / Mesh lab
- Tiempo requerido: 2' aprox fotografiado + 1 h de preparación en Photoscan + 12 h de procesado autónomo + 1 h Mesh lab union mallas + 1 H Zbrush



Análisis comparativo de errores	Casco cerrado			Casco abierto		
	Error medio (%)	Error medio (mm)	Error máx (%)	Error medio (%)	Error medio (mm)	Error máx (%)
Escaneado 3D	2,01	2,34	4,58	0,85	1,84	2,1
Fotogrametría exterior	1,85	2,45	3,9	0,16	1,61	10,5
Fotogrametría interior	2,1	3,4	0,63	18,1	20,3	34,3



### Autores:

Ramón Miralbes Buil<sup>1</sup>  
David Ranz Angulo<sup>1</sup>  
Juan Antonio Peña Baquedano<sup>1</sup>

miralbes@unizar.es  
dranz@unizar.es  
juanpa@unizar.es



Departamento de  
Ingeniería de  
Diseño y Fabricación  
Universidad Zaragoza

<sup>1</sup>: Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación. Universidad de Zaragoza