

## TECNICAS DE RELEVAMIENTO 3D APLICADAS A LA ENSEÑANZA DEL DIBUJO PARA INGENIERÍA

*Gabriel Defranco<sup>1</sup>  
Laura Lopresti<sup>2</sup>  
Sergio Gavino<sup>3</sup>  
Laura Fuertes<sup>4</sup>  
Marianela Lara<sup>5</sup>*

**Resumen:** La obtención de modelos 3D a partir de objetos reales utilizando fotogrametría y láser escáner puede constituir un nuevo paradigma en la enseñanza del dibujo técnico en las carreras de ingeniería. Por su importancia, este cambio es comparable al que se produjo, hace ya algunas décadas, a partir de la aparición de los sistemas CAD y el modelado paramétrico tanto en los procesos producción como en las prácticas de enseñanza. Hoy el relevamiento 3D, complementado con la concepción paramétrica, orientan las prácticas educativas hacia modalidades de trabajo vinculadas a la ingeniería inversa, enriqueciendo la formación de los alumnos desde lo puramente representativo hacia incipientes prácticas de diseño. Tomando modelos de piezas mecánicas reales habitualmente utilizados en las prácticas de aula, se han realizado relevamientos comparativos con estos sistemas: fotogrametría de alto rango y fotogrametría convergente. A partir de líneas de investigación llevadas a cabo simultáneamente con la actividad docente, los autores del trabajo presentan una revisión de la evolución en la enseñanza del dibujo y las conclusiones de estas experiencias de laboratorio en relación a la potencialidad de la fotogrametría como recurso didáctico.

**Palabras clave:** relevamiento 3D, fotogrametría, modelado paramétrico, enseñanza.

**Abstract:** 3D digital models from real objects using photogrammetry and laser scanner techniques can result in a new paradigm about teaching technical drawing in engineering careers. This change is comparable in importance to that occurred a few decades ago, after the appearance of CAD systems and parametric modeling processes in both production and teaching practices. Today the 3D survey, supplemented with parametric design, guide educational practices towards working arrangements related

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería UNLP, La Plata, Argentina, ghdefran@ing.unlp.edu.ar

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería UNLP, La Plata, Argentina, laura.lopresti@ing.unlp.edu.ar

<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería UNLP, La Plata, Argentina, sergio.gavino@ing.unlp.edu.ar

<sup>4</sup> Facultad de Ingeniería UNLP, La Plata, Argentina, lfuentes@ing.unlp.edu.ar

<sup>5</sup> Facultad de Ingeniería UNLP, La Plata, Argentina, marianela.lara@ing.unlp.edu.ar

to reverse engineering, enriching students education from purely representative to emerging design practices. Taking real mechanical parts models commonly used in classroom practices, comparative surveys have been conducted with these systems: photogrammetry of high rank and convergent photogrammetry. Based on lines of research carried out simultaneously with the teaching, the study's authors present a review of developments in teaching drawing and, the results of these laboratory experiences in relation to the potential of photogrammetry as a teaching resource.

**Keywords:** 3D survey, photogrammetry, parametric modeling, teaching.

## 1 Introducción

A lo largo de los varios años que este grupo viene desempeñándose en la enseñanza del dibujo para ingeniería, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), se ha ido reflexionando sobre el impacto que ciertos avances tecnológicos tuvieron sobre las prácticas docentes. Mientras que en la década de 1990 nuestra mirada se centraba en la utilización de los por entonces aún novedosos sistemas CAD (DEFranco, 2000), más recientemente nuestras reflexiones se detuvieron en las posibilidades del diseño paramétrico que los propios sistemas CAD empezaron a incorporar, como una potencialidad novedosa sobre la enseñanza del dibujo técnico (FUERTES, 2007).

Actualmente nuevos recursos tecnológicos muestran puertas abiertas que se constituyen en desafíos a la didáctica que, creemos, vale la pena tomar en consideración. La novedosa utilización de fotogrametría no convencional y el láser escáner como medios de relevamiento, han pasado a ser el primer eslabón en la cadena del modelado de un objeto, modelo o pieza existente, desplazando en algunos casos al tradicional croquis a mano. Con la finalidad de evaluar las posibilidades de dichos recursos dentro de un ámbito de enseñanza, se han realizado experiencias de laboratorio con algunos de ellos. De esto da cuenta el trabajo que se desarrolla a continuación, precediendo el relato de una mirada retrospectiva de anteriores momentos en los que la tecnología impactó sobre lo formativo.

## 2 Una mirada retrospectiva

Podríamos decir que hasta avanzada la década de 1980 nada nuevo había pasado en las prácticas universitarias del dibujo técnico. Aún con finalidades diferentes, las facultades de ingeniería enseñaban lo mismo que las escuelas técnicas de nivel medio o secundario, esto es:

- El croquizado a mano o fase de relevamiento;
- La confección de planos o fase de representación, con instrumental de dibujo de precisión;
- El manejo de normativa específica.

La llegada del CAD a las universidades argentinas a mitad de la década de 1980, principalmente ligado a la marca más conocida, puso un nuevo protagonista en el aula, pero introdujo a la vez dos problemas: la necesidad de equipamiento informático y, por sobre todo la incómoda pregunta de qué lugar darle a este nuevo contenido en la currícula. Con leves matices, todas las universidades fueron incorporando su uso, la mayor parte de las veces como reemplazo del plano hasta entonces realizado en tablero. Podría decirse que como un efecto no siempre deseado el peso de la enseñanza se trasladó hacia el conocimiento de los programas, convirtiéndolos en emergentes del aula, requiriendo recursos económicos por lo general escasos para sostener la carrera tecnológica impuesta por la permanente evolución del software. Desde el punto de vista del estudiante, cierta afinidad con la informática remarcó también la preferencia de ellos por el manejo de menús y comandos por sobre los conocimientos esenciales de la asignatura. Sin embargo, no solo nadie puso en duda la conveniencia y necesidad de mantener el nuevo contenido dentro de la enseñanza sino que fue mal visto que no se lo incorporara. Resultado de esta etapa, al menos en la Argentina, ha sido que de los cursos de dibujo tecnológico comenzaron a salir mejores *cadistas* que futuros ingenieros con buena formación en dibujo.

Sin embargo iba a ser de la mano de los propios sistemas CAD que vendría una nueva inflexión en la enseñanza. Así, ya comenzado el siglo XXI y sin que ninguna otra innovación fuese aportada desde la esencia de la disciplina misma, aparece como una evolución la concepción paramétrica del diseño asistido por computadora. Nuestra Unidad de Investigación y Desarrollo “Grupo de Ingeniería Gráfica Aplicada” (UIDET GIGA) vio que con esta herramienta antes no disponible, era posible introducir a los alumnos en el mundo del proyecto y diseño desde las primeras etapas de la formación, lo que tradicionalmente se encuentra en etapas avanzadas. De esta evolución y de las experiencias llevadas a cabo y sus resultados dan cuenta diversos trabajos de nuestra producción (FUERTES, 2008; DEFRANCO, 2010). Actualmente el denominado trabajo integrador (DEFRANCO, 2010), constituye una práctica formativa donde confluyen los contenidos básicos y tradicionales de la materia con la aplicación de CAD paramétrico, ya no como mero instrumento de representación de un plano sino como ejercicio de proyecto y diseño.

### **3 Nuevas tecnologías en la fase de relevamiento**

Más recientemente la primera de las fases mencionadas, el relevamiento, ha sido susceptible de una actualización a partir de tomar en consideración herramientas antes reservadas para aplicaciones de otra escala, como la fotogrametría y técnicas sumamente modernas como láser escáner. Tanto con la fotogrametría, que se basa en el adecuado uso de fotografías, como con el sofisticado láser, el circuito se cierra con el procesado de datos con software específico. El relevamiento por medios manuales empleando el dibujo de croquis, ha sido una práctica habitual para el registro de piezas en el ámbito de la Ingeniería Mecánica y el Diseño Industrial, sin embargo, para algunas aplicaciones específicas suelen presentarse dificultades de disponibilidad del modelo o acceso al mismo por deterioro, rotura parcial o hasta desaparición del mismo. Para estos casos la técnica convencional no alcanza mientras que las técnicas fotogramétricas son un medio que facilita la tarea. Es así, que con algunas fotografías adecuadamente tomadas y algunas dimensiones utilizadas como patrones, pueden obtenerse croquis aproximados mientras que, procesando el registro fotográfico digital con software específico, se puede arribar a una nube de puntos en tres dimensiones y con el pos-procesamiento adecuado a un modelo 3D. Este modelo puede tener diferentes usos, puede ser utilizado para el re-modelado de la pieza relevada o para ser materializado bajo el circuito productivo del CAD-CAM (CNC). A continuación se presentan algunos casos realizados con fotogrametría.

### **4 Aplicación de técnicas fotogramétricas digitales a modelos mecánicos**

La aplicación de técnicas de relevamiento modernas ha sido desde hace ya algunos años una inquietud de este grupo, lo que ha motivado algunas investigaciones llevadas a cabo con los recursos disponibles, reportadas en otros trabajos (LOPRESTI, 2007; DEFRANCO; 2008). Con el objeto de ahondar en el conocimiento de las posibilidades de la técnica fotogramétrica como medio de relevamiento con finalidades didácticas en el terreno de la ingeniería mecánica se han realizado experiencias sobre piezas de tamaño reducido habitualmente utilizadas para la práctica de relevamiento manual. Se han utilizado tres recursos de fotogrametría y sus procedimientos y resultados se relatan a continuación.

#### **4.1 Fotogrametría del alto rango (MENCI)**

Para el desarrollo de este caso, se ha utilizado un equipo de Menci Software compuesto por una cámara digital réflex Nikon D100, un objetivo de 28 mm calibrado,

un trípode profesional con una regla calibrada y dos aplicaciones: el Zscan y el Z-Map1. El elemento que asegura una captura de eje paralelo es la regla calibrada o *Baseline*. La misma mide 900 mm de largo y sobre ella se desliza el cabezal sobre el que se fija la cámara fotográfica. El cabezal tiene puntos de traba o “estaciones” dispuestos simétricamente respecto del centro de la regleta que garantizan la equidistancia de cada posición de toma respecto de la anterior. Las posiciones o “estaciones” van desde 1, 0, 1 hasta 9, 0, 9 siendo esta posición la que posibilita un relevamiento de hasta 10-12 metros del objeto de estudio (Barba, 2008). Además, se dispone de una tabla de datos, resultado de la calibración, donde se establece desde qué puntos se deben tomar las fotografías considerando la distancia al objeto de estudio y la precisión que se puede lograr. El módulo Zscan permite pasar de cada píxel de las fotografías al punto con coordenadas X, Y y Z y valores de RGB. El Z-Map, en cambio, permite georeferenciar los resultados obtenidos del Zscan para obtener un solo modelo 3D. Una vez establecido el objeto de estudio y considerada las condiciones de su contorno, se pauta la distancia de captura de tres fotografías denominada tripleta, de izquierda a derecha, Figura 1. Luego se completa con la cantidad de tripletas necesarias para incluir toda la información que se necesita relevar.



**Figura 1** - Tripleta 1 de la pieza mecánica

a) *Toma de muestras*

Para la toma de muestras, contemplando que la pieza debe ser relevada en todo su volumen, la estación de captura de las fotografías se ha dejado fija en un lugar, se ha tomado la *tripleta* 1, y posteriormente se ha movido manualmente la pieza girándola sobre su eje vertical para las próximas tripletas. Para este movimiento se ha utilizado una grilla, dibujada *ad hoc*, con los ángulos indicados. El eje óptico fue dispuesto en aproximadamente  $25^\circ$  respecto de la horizontal para lograr una mayor superposición entre las tomas. Con una distancia al objeto 300 mm, fue considerada una *Baseline* de 2, 0, 2. El resumen del trabajo de campo se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 1** - Tripletas capturadas según el lugar de captura

Posiciones de la pieza				
Angulo del eje óptico	$0^\circ$	$90^\circ$	$180^\circ$	$270^\circ$
$25^\circ$	Tripleta 1	Tripleta 2	Tripleta 3	Tripleta 4
Posiciones de la pieza invertida				
	$0^\circ$	$90^\circ$	$180^\circ$	$270^\circ$
$25^\circ$	Tripleta 5	Tripleta 6	Tripleta 7	Tripleta 8
Total 24 fotografías con una resolución de 3008 x 2000 píxeles.				

b) *Procesamiento de muestras*

Alternativamente al *Baseline* de 2, 0, 2 se realizaron experiencias con *Baseline* 3, 0, 3 sin que ello mejorara el resultado. El *Step* se ha establecido en 2. Con este valor se requirieron 45 minutos de procesamiento. El valor de *Alpha* resultante fue de 0.005. Por último, el valor de *Noise Reduction* se ha establecido en *High*. De este procesamiento se obtuvieron 8 modelos 3D con textura, uno de ellos se puede observar en la Figura 2.



**Figura 2** - Modelo 3D obtenido del procesamiento de una tripleta

*c) Procesamiento de modelos*

Para la georeferenciación se han considerado las *tripleetas* una a una consecutivamente. Primero las *tripleetas* 1 y 2, luego 2 y 3, hasta completar la vuelta. Luego las *tripleetas* 1 y 5 y posteriormente la 2 con la 6 y así sucesivamente. Al disponer de pocos puntos homólogos para la georeferenciación se optó por marcar la pieza con puntos blancos. Las etapas descritas requirieron de aproximaciones de prueba y error hasta obtener un ajuste aceptable en los parámetros de toma de muestra y de tratamiento posterior. Los modelos obtenidos se pueden observar en la Figura 3.



**Figura 3** - Modelo 3D completo

#### **4.2 Fotogrametría convergente (123D Catch)**

Sobre el mismo modelo del caso anterior y a los efectos de comparar el comportamiento tanto en precisión como en textura de ambas técnicas se utilizó un recurso fotogramétrica que ofrece Autodesk®. Se trata de un asistente de escena de

descarga gratuita denominado 123D Catch ® y que forma parte de una serie de aplicaciones que contempla el trabajo con modelos 3D hasta la fabricación de los mismos por planos seriados. El equipo utilizado consiste en una cámara digital Canon® Power Shot A530 de 5.0 megapíxeles y zoom óptico de 4x.

a) *Toma de muestras*

La toma de fotografía se hace de manera convergente y la cámara fotográfica se traslada alrededor del objeto de estudio. Por las características morfológicas de la pieza se han considerado dos posiciones angulares del eje óptico respecto de la horizontal (0° y 25° aproximadamente) y el giro de la cámara alrededor de la pieza con un incremento de 30° aproximadamente. Durante el procesamiento se han descartado 7 fotografías que por diferentes problemas no resultaban propicias para el procesamiento. El resumen de la captura de fotografías se puede ver en la Tabla 3 y algunas de las fotografías utilizadas en la Figura 4.

**Tabla 2 - Fotografías según el lugar de captura**

		Traslación de la cámara (°)											
Angulo del eje óptico		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
0°		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25°		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Total 24 fotografías con una resolución de 2500 x 1900 píxeles.													



**Figura 4 - Fotografías de la pieza, utilizadas en 123D Catch**



Hay que considerar que si bien una mayor cantidad de fotografías generan un mejor resultado, una sola fotografía no adecuada puede malograr el procesamiento. Además, este procedimiento de toma de fotografías requiere buenas condiciones de luz y necesariamente no utilizar flash, según recomendaciones de Autodesk.

### b) *Procesamiento de muestras*

Con el uso del asistente de escena, los pasos a seguir son:

- *Creación de la escena:* se importan las fotografías y se envían a la nube para su procesamiento.
- *Procesamiento:* se ejecuta en la nube, tanto online como por *e-mail*.
- *Visualización:* el archivo resultante puede ser visualizado como malla alámbrica, malla con textura o solo textura. En la escena también se puede visualizar la posición de la cámara fotográfica por tomas.
- *Depuración del modelo:* el modelo puede ser depurado, realizando la limpieza de zonas no deseadas y enviado nuevamente para su reprocesamiento. En caso de que algunas fotografías, ya sea por errores de luz o de distancia focal, no fueran consideradas en el procesamiento pueden ser marcadas indicando puntos homólogos manualmente y reprocesarlo.

Al igual que en Z-Map, otras funcionalidades permiten establecer: una escala, un sistema de coordenadas y agregar puntos y líneas de referencia.

### c) *Procesamiento de los modelos*

El modelo obtenido es un único modelo de malla con textura que se puede exportar en formato DWG, RZI, FBX, OBJ y LAS, Figura 5.



**Figura 5** - Imágenes del modelo 3D final

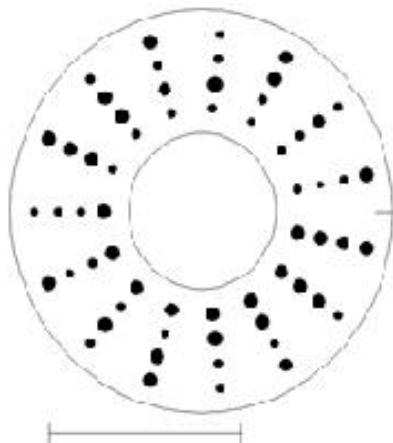
### 4.3 Fotogrametría convergente (3DSom)

La aplicación utilizada en este tercer caso, a una pieza de textura y dimensiones similares a la de los dos casos anteriores es 3DSOM, que genera modelos 3D a partir de imágenes múltiples fijas (Lerma, 2011). Los modelos 3D generados pueden ser exportados para su visualización en Internet o su integración con otras aplicaciones 3D. Los formatos de salida son: java, flash, x3d, vrml, stl, etc.

A continuación se describe el procedimiento de reconstrucción digital de una pieza mecánica con la utilización del software 3DSOM, y una Cámara: SONY® DSC-W110 con Zoom Óptico: 4x; Zoom Digital: 8x (total); F: 2,8 – 5,8; Distancia focal: 5,35; 21,4 (f=mm); Macro (cm): gran angular 4 infinito; Teleobjetivo: 50-infinite; Diámetro del filtro: 46 mm; lente Carl Zeiss®.

#### a) Preparación del escenario

El objeto elegido se coloca sobre un soporte en el centro de una matriz radial de puntos provista por el software, Figura 6. Debe utilizarse un fondo plano para simplificar el proceso posterior de enmascaramiento del objeto, Figura 7. El software puede utilizar imágenes tomadas en condiciones estándar de iluminación. Para resultados más precisos es necesario utilizar una configuración de estudio de fotografía profesional. En este caso, la cámara de fotos fue montada en un trípode a 80 cm de altura y se utilizaron 3 focos de luz, uno por encima y dos en los laterales.



**Figura 6** - Matriz radial de puntos sobre la cual se monta el objeto a resaltar



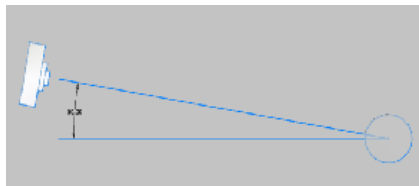
**Figura 7** - Escenario montado

*b) Calibración de la Cámara Fotográfica*

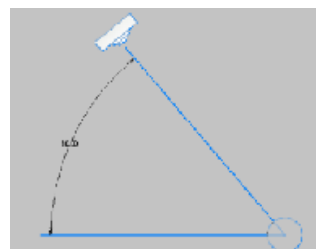
El software también provee de una grilla de puntos para detección de las características de la lente de la cámara fotográfica. Se toman varias fotografías de la misma que luego son cargadas en la aplicación para iniciar el proceso de calibración. El resultado es un archivo *txt* con los datos necesarios para procesar las imágenes.

*c) Toma de fotografías*

Se deben tomar entre 16 y 30 fotografías girando el objeto, el soporte y la grilla a la vez, en dos series con distinto ángulo, Figuras 8 y 9, para que el software pueda procesar las imágenes en función de la matriz que acompaña el giro del objeto.



**Figura 8** - Primera serie de fotografías tomadas con un ángulo de  $10^\circ$



**Figura 9** - Segunda serie de fotografías tomadas con un ángulo de  $50^\circ$

En este caso, se tomaron 16 fotografías con un ángulo de  $10^\circ$  y 4 fotografías con un ángulo de  $50^\circ$ , Figura 10, para posteriormente realizar el procesamiento.



**Figura 10** - Serie de imágenes del modelo procesado con 3DSom

d) *Enmascaramiento del objeto*

En cada fotografía, el software enmascara el objeto para aislarlo del escenario montado. El enmascaramiento puede realizarse de forma manual, Figura 11, o automática, Figura 12. El primero es más preciso, aunque requiere más tiempo. El modo automático es muy rápido, y aunque imperfecto, permite luego editar cada una de las máscaras y corregir posibles errores.



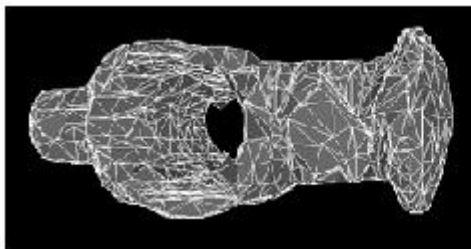
**Figura 11** - Ejemplo de enmascaramiento automático



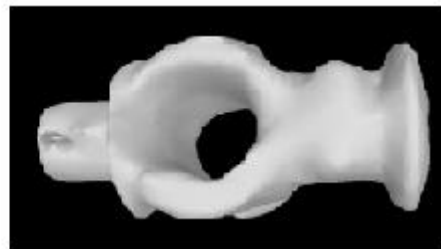
**Figura 12** - Ejemplo de enmascaramiento automático con posterior corrección manual

e) *Generación del Mallado 3D*

El mallado 3D es la instancia inicial de reconstrucción digital del objeto en 3 dimensiones, Figura 13. La aplicación utiliza la máscara asociada con cada una de las imágenes para deducir la forma del objeto. Luego del mallado, se realiza un proceso de optimización de la superficie del modelo 3D para suavizar aristas, Figura 14.



**Figura 13** - Momento inicial de generación del mallado 3D



**Figura 14** - Optimización del mallado 3D

f) *Generación de la Textura Superficial*

Por último, la aplicación resuelve la asignación de la textura según la información que infiere a partir del procesamiento de la secuencia de imágenes, Figuras 15 y 16.



**Figura 15** - Momento inicial de generación de la textura superficial



**Figura 16** - Momento final de generación de la textura superficial

#### g) *Exportación del modelo a formato 3D*

Generado el modelo 3D, es posible exportarlo en distintos formatos como *java*, *flash*, *x3d*, *vrml*, *stl*, etc., para su visualización o su posterior tratamiento e integración a otras aplicaciones 3D, Figuras 17 y 18.



**Figura 17** - Pieza 1-37-1 original



**Figura 18** - Pieza 1-37-1, modelo 3D en formato swf.

## 5 Conclusiones

En el contexto de la evolución de la enseñanza del dibujo para ingeniería se han realizado experiencias de laboratorio tendientes a evaluar la potencialidad de la fotogrametría como recurso didáctico de relevamiento. Tomando modelos reales habitualmente utilizados en las prácticas de aula se han realizado relevamientos comparativos con tres sistemas distintos. Uno de alto rango, el MENCI y otros dos de fotogrametría convergente, 123D Catch y 3DSom. Se concluye que los últimos dos, por la austeridad de recursos que implican encajan dentro de las posibilidades de realización en aula o gabinete, con grupos reducidos o incluso como práctica individual o grupal de los estudiantes fuera del aula.

En lo que hace a la metodología y a los efectos de lograr a futuro mayor precisión en los resultados, se puntualizan las siguientes consideraciones:

- Información para el procesamiento. 123D Catch genera el procesamiento de cada píxel a 3D con información que extrae de los *exif* de la fotografías *Exif*, significa *Exchangeable Image File Format* y se refiere a datos tales como estructura,

tamaño, codificación y fecha de creación de la fotografía digital, entre otros. Estos datos están contenidos dentro del mismo archivo. Es decir, existe un algoritmo que determina la posición de la cámara fotográfica con esa información. En cambio, en Menci, estos parámetros son conocidos por la calibración del equipo utilizado.

- Reformulación de experiencia. En Menci se pueden establecer los parámetros de las variables involucradas y se pueden ensayar mejoras en el resultado variándolos, en cambio con 123D Catch si se quiere lograr un mejor resultado irremediamente se deben volver a tomar las fotografías o emprender la tarea de reconocimiento de puntos homólogos de manera manual.
- Accesibilidad de relevamiento del objeto de estudio. Con Menci se puede lograr un modelo cerrado porque todo el contorno puede ser relevado y los modelos parciales se unen por software. En cambio, en 123D Catch al mover la cámara fotográfica y no poder manipular el objeto necesariamente una cara, que es la que está apoyada, no se puede relevar en un mismo procedimiento. Esto genera un vacío en la información. Esto se podría lograr diseñando un dispositivo que permita sacar las fotografías sin mover el objeto.
- Textura. La textura está ligada a la resolución de las fotografías, a la posibilidad de capturar la posición adecuada para la posterior aplicación de textura y al ruido de la superficie. Menci obtiene mejores resultados porque el punto 3D adopta el color, si se ha utilizado un *Step* de 1, por cada píxel de la fotografía se obtiene un punto 3D con valor de RGB. En cambio en 123D Catch la imagen está superpuesta sobre la malla y esto hace que pierda nitidez. El punto no es la unidad mínima sino el triángulo que conforma la malla.
- Precisión. La precisión obtenida en el relevamiento de la pieza mecánica con Menci estuvo en el orden de 1.5 mm. El valor teórico dado por la empresa fabricante, considerando 300 mm de distancia entre el objeto y la cámara fotográfica, es del orden de 0.25 mm. Mientras que, la precisión lograda con 123D Catch está en el orden de 2.5 mm.
- En cuanto 3DSOM, la experiencia presentada ha revelado similares limitaciones que 123D Catch. Tiene además dificultades en la generación de geometrías complejas. Una de las maneras de resolver este problema es mejorar las condiciones de iluminación en la toma de fotografías, aumentar el número de fotos y utilizar una cámara fotográfica de mayor resolución. Teniendo en cuenta los problemas descritos, esta experiencia puede avanzar centrándose en geometrías complejas para determinar el comportamiento del proceso de reconstrucción

digital. Para ello, se deberán realizar una mayor cantidad de tomas de fotografías, especialmente de las partes que presentaron conflicto. Por otro lado dada la calidad de los resultados en piezas de color claro, se propone proseguir la experiencia pintando las piezas de un color claro para mejorar el procesamiento de las imágenes.

### Agradecimientos

Los desarrollos presentados en este trabajo fueron posibles gracias al trabajo de los integrantes de la UIDET-GIGA y de los docentes de las asignaturas Gráfica para Ingeniería y Sistemas de Representación “C” de la Facultad de Ingeniería, UNLP.

### Referencias

DEFRANCO, G. **Evolución de una Asignatura de Dibujo Técnico a Partir de la Incorporación de CAD.** II Encuentro Internacional de Informática, Matemática y Dibujo para la Ingeniería Mecánica (INFOMADI) y, II Congreso Cubano de Ingeniería Mecánica (CIM 2000). ISBN 959-261-010-X. La Habana, Cuba, 2000.

FUERTES, L.; LOPRESTI, L.; GAVINO S.; RISTEVICH A.; DEFRANCO G. **Actividad Experimental de Introducción del Dibujo Paramétrico en el Proceso de Diseño de un Objeto.** II Congreso Internacional de Profesores de Expresión Gráfica en Ingeniería y Arquitectura. ISBN: 978-950-33-0628-4. Córdoba, Argentina, 2007.

FUERTES, L.; LOPRESTI, L.; GAVINO, S.; RISTEVICH, A. DEFRANCO, G. **De los sistemas CAD al modelado paramétrico: una experiencia de innovación en la enseñanza de dibujo tecnológico en Ingeniería.** VI Congreso Nacional de Profesores de Expresión Gráfica - EGRAFIA 2008. San Juan, 2008.

DEFRANCO, G.; FUERTES, L.; GAVINO, S.; LOPRESTI L.; RISTEVICH, A. **Diseño Paramétrico en la Enseñanza de la Gráfica para Ingeniería.** II Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica San Juan. ISBN: 978 950 605 633 9. Instituto de Mecánica Aplicada – Universidad Nacional de San Juan. San Juan, 2010.

DEFRANCO G., FOLCHI É. **Trabajo Integrador en Sistemas de Representación para Ingeniería, como Prácticas Grupales que A semejan la Vida Profesional.** III Congreso Internacional de Expresión Gráfica en Ingeniería, Arquitectura y Carreras Afines. ISBN: 978-987-1494-06-4. Córdoba, Argentina. Septiembre, 2010.

LOPRESTI L, DEFRANCO G. **Croquizado Rápido Usando Técnicas Fotogramétricas Computarizadas.** II Congreso Internacional de Profesores de Expresión Gráfica en Ingeniería y Arquitectura. Córdoba, Argentina. ISBN: 978-950-33-0628-4. Noviembre, 2007.

DEFRANCO, G.; FUERTES, L.; GAVINO, S.; LOPRESTI L.; LARA M. **TIC, CAD Paramétrico y Fotogrametría: Las Nuevas Tecnologías en la Enseñanza de los Antiguos Conceptos.** V Congreso Cubano de Ingeniería Mecánica (CCIM 2008), XIV Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, ISBN 978-959-261-281-5, Ddiciembre, 2008.

BARBA, Salvatore. **Tecniche digitali per il rilievo di contatto**. Fisciano, Salerno, Italia, Primera edición. Editorial Cues, Salerno, Italia, España. Primera edición. Editorial Síntesis. Madrid, España., 2008.

LERMA, J. L., CABRELLES, M., NAVARRO, S., SEGUÍ, A.E. **La documentación patrimonial mediante sensores de imagen o de barrido láser**. Documentación gráfica del patrimonio, pp. 108-117. Ministerio de Cultura. España, 2011.