

# Diseño e implementación de un sistema para digitalización de objetos en 3D mediante el uso de Matlab

Andrés Sosa, Klever Guamán

Departamento de Eléctrica y Electrónica, Universidad de las fuerzas armadas – ESPE, Quito, Ecuador

andresdav\_05@hotmail.com

geovk\_@hotmail.com

**Abstract**— El presente documento “Diseño e implementación de un sistema para digitalización de objetos en 3D mediante el uso de Matlab” brinda a la industria una solución sencilla y económica para obtener modelos tridimensionales de objetos, los cuales puedan ser exportados a programas CAD/CAM que tengan la capacidad de modificar las características físicas de los mismos y a través de estos realizar una producción en serie. Para obtener un óptimo funcionamiento del sistema tridimensional se ha estudiado cuidadosamente los métodos de digitalización, analizando sus ventajas y desventajas para determinar cuál de ellos es la más eficiente al digitalizar un objeto, tomando en cuenta sus características físicas.



Fig. 1 Estructura mecánica del sistema 3D

## I. INTRODUCCIÓN

Un sistema de digitalización 3D se encarga de escanear un objeto para crear un modelo 3D y ser visualizado en un software. El uso de un escáner 3D permitirá obtener la textura del objeto con todos sus detalles.

Al tener el modelo 3D de un objeto, puede ser utilizado por industrias manufactureras, para generar nuevas formas de producción permitiendo tener un ahorro de tiempo, producción en serie, control de calidad, reducción de desperdicios, flexibilidad en la producción y disminución de gastos, esto se debe a las simulaciones y modificaciones del modelo 3D en un software.

La digitalización puede ser llevado a cabo por distintos dispositivos como: escáner, sensores laser, cámaras web, palpadores, entre otros. El resultado de la digitalización con estos dispositivos genera una “nube de puntos” para ser recreados en un software CAD.<sup>[1]</sup>

## II. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

El sistema de digitalización se encuentra estructurado de un hardware y software los cuales trabajando en conjunto realizarán la digitalización de un objeto. La Fig. 1 indica la estructura mecánica del sistema de digitalización 3D.

El funcionamiento del sistema de digitalización tridimensional depende del objeto a escanear, esto se debe a la geometría del mismo por lo cual se ha desarrollado dos métodos de digitalización, uno para volúmenes normales y otro para volúmenes de revolución, los cuales estarán dentro del software de Digitalización.

Para realizar la digitalización de un objeto se usa una cámara web en conjunto con un puntero laser, con la ayuda de un algoritmo se halla el punto rojo generado por el láser en la fotografía instantánea capturada por la webcam, la cual será procesada para hallar su valor de distancia.

Para la digitalización de un volumen normal se debe realizar un escaneo en los tres planos, para lo cual el motor de la base rota el objeto 360°. Cuando se completa una vuelta el motor del tornillo sin fin realiza un desplazamiento vertical de 3 mm de la cámara web y el puntero láser hasta cubrir toda la altura del objeto, de esta manera el ciclo se repetirá y se realizará un escaneo completo en los ejes X, Y, Z.

Al realizar la digitalización de un volumen de revolución únicamente es necesario el escaneo en dos planos X, Z para lo cual el motor del tornillo sin fin realiza un desplazamiento vertical de la cámara web y el puntero laser y con la ayuda de programación se halla el resto de puntos correspondientes al objeto.

### A. Hardware Utilizado

La estructura mecánica del sistema de digitalización 3D está compuesta de varios elementos como: motores a pasos, sistema de poleas con correa, sistema de desplazamiento lineal con tornillo sin fin, cámara web, fuente de poder de corriente continua y un circuito de control. .

### B. Adquisición de Datos

Para poder extraer información proveniente del objeto se usó una cámara web y un puntero láser, por medio de estos dispositivos se usará un algoritmo el cual detectará el color rojo en la fotografía y se realizará una medición de distancia a partir de las coordenadas cartesianas del punto rojo.

En la Fig. 2 se muestra el esquema utilizado por la cámara web en conjunto con el puntero láser.

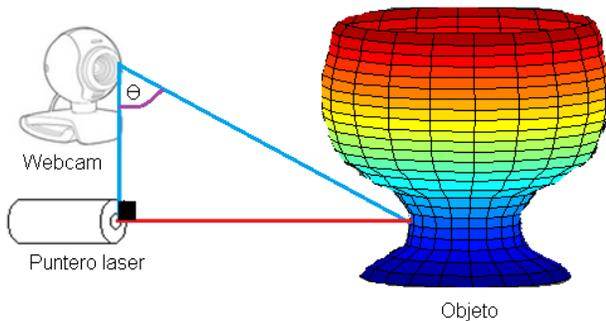


Fig. 2. Diagrama de Posicionamiento de cámara web

Como se puede observar, en la figura la cámara web se encuentra a una determinada altura del láser, esto permite que la cámara capture todo el plano X, Y, Z correspondiente al objeto a digitalizar.

La cámara web tomará la fotografía y la convertirá en una imagen en dos planos X, Y esto se debe a que en una fotografía no se puede apreciar la profundidad.

Es importante que la cámara web tenga un ángulo de inclinación para que pueda captar el plano X, Y, Z de lo contrario si se encuentra paralela al láser estará capturando el plano Z. Este ángulo  $\Theta$  es igual a  $45^\circ$ . El algoritmo para la medición de distancia por medio de una cámara web con un puntero laser se observa en la Fig. 3.

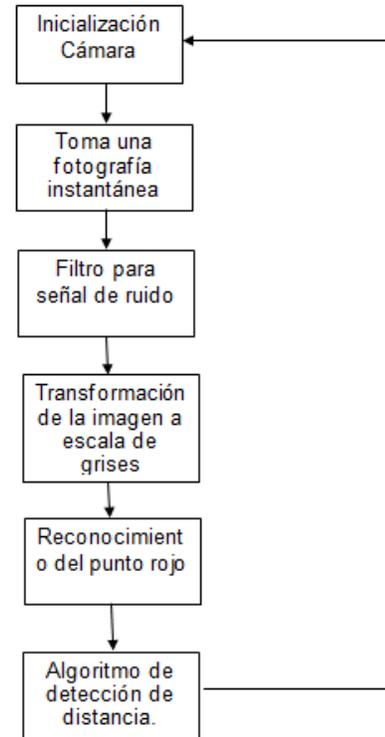


Fig. 3 Algoritmo para medición de distancia

El funcionamiento del algoritmo de detección de distancia es el siguiente: la cámara web toma una fotografía instantánea, en la etapa de filtrado se separa la fotografía en sus tres colores básicos RGB y se utiliza para obtener la información del color rojo desechando de esta manera cualquier diferente al rojo, luego es procesada para detectar el punto de color rojo. A continuación se halla las coordenadas cartesianas del punto de color rojo en relación a la resolución de la cámara en este caso es de  $640 \times 480$  pixeles. La Fig. 4 muestra las coordenadas cartesianas del punto rojo sobre un objeto que se pretende digitalizar.



Fig. 4 Coordenadas cartesianas del punto rojo en un objeto

Las coordenadas cartesianas del color rojo dependerán de la forma del objeto. A medida que el objeto sea grande o pequeño su resultado presentará una variación en el eje Y, de esta manera se determinó una tabla de valores la cual corresponde a la variación del puntero laser desde 0 hasta 480 pixeles conforme el objeto varía desde 0 hasta 6.5 cm de radio.

TABLA I  
Distancia en relación a pixeles

Distancia [cm]	Pixeles
6.5	427
6	372
5.5	328
5	295
4.5	260
4	228
3.5	201
3	176
2.5	154
2	133
1.5	115
1	99
0.5	81
0	66

La Fig. 5 muestra la gráfica de los valores de la tabla 1 correspondiente a la variación de la distancia con sus respectivos pixeles.

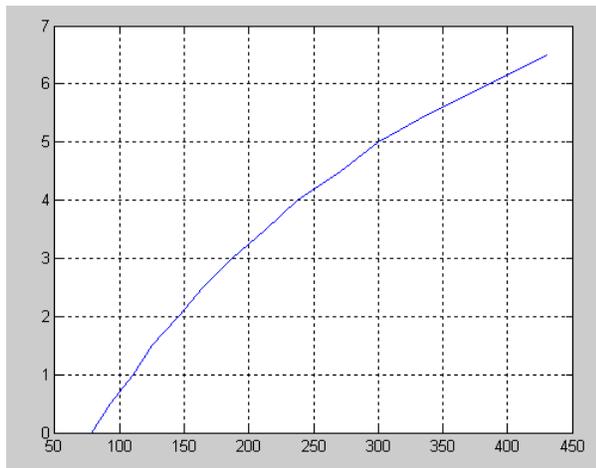


Fig. 5 Curva de la distancia respecto a pixeles

Para obtener su equivalente en distancia es necesario realizar una linealización por tramos para determinar las ecuaciones que describen el sistema.

### C. Desarrollo del Software

Dentro de la digitalización de volúmenes se ha desarrollado dos algoritmos principales para la digitalización de objetos las cuales son: volúmenes normales y volúmenes de revolución. Cada algoritmo cuenta con características propias como sus variables. La lógica de programación se encuentra realizada de acuerdo al tipo de volumen del cual se obtendrá la información.

- 1) Algoritmo Volúmenes Normales: su principal característica es que se realiza un escaneo del objeto en los ejes: X, Y, Z presentando de esta manera una alta

cantidad de datos por lo tanto es necesario el uso de dos motores a pasos. Su funcionamiento se basa en hacer rotar un objeto 360 grados con un motor a pasos y con la ayuda de un segundo motor a pasos se realiza el desplazamiento de un sensor en el eje Z para la altura. Las señales que controlaran a los motores estarán determinadas por programación para evitar la desincronización del sistema de control con el sistema de adquisición de datos. Dentro de este algoritmo existe una etapa de transformación a coordenadas cartesianas, esto se debe a que los datos obtenidos se encuentran en coordenadas cilíndricas debido al diseño de la estructura mecánica.

Los datos deben ser tratados en coordenadas cartesianas por la facilidad que presenta el Matlab para realizar las gráficas de las mismas y las distintas operaciones matriciales que puedan ser desarrolladas durante el proceso. Para poder generar el sólido se usa el comando surf con el cual se colorea una superficie en el plano X, Y, Z generando el sólido escaneado.

- 2) Algoritmo Volúmenes de Revolución: se realiza un escaneo del objeto en los ejes: Y, Z presentando de esta manera una pequeña cantidad de datos. Al realizar un escaneo en dos planos el manejo de información es rápido por lo tanto el tiempo de digitalización será menor que cuando se realice un escaneo en tres planos.

Dentro de este algoritmo se crea una función denominada cilindro la cual ayudará a formar el objeto. La función cilindro tiene una característica la cual es generar un cilindro a partir de un vector de entrada y el cual tendrá como altura máxima la unidad. Con los datos obtenidos del eje Y los cuales corresponden a valores de distancia se ingresaran en la función cilindro de este modo se moldeará el cilindro previamente creado, dando como resultado el objeto. A continuación se realiza una multiplicación vectorial de los datos del eje Z con una constante la cual corresponde a la altura para obtener el volumen escaneado con sus dimensiones reales. Una vez realizada la multiplicación se usa el comando surf para colorear el exterior del objeto.

En el escaneo de un sólido de revolución no es necesario el uso de un comando para la transformación de coordenadas cilíndricas a cartesianas, esto se debe a que el sensor únicamente escanea dos planos y la función cilindro genera el sólido en tres planos.

### D. Desarrollo de la interfaz de usuario

Para la creación de la interfaz se toma en cuenta un conjunto de indicadores como la distribución de las pantallas, uso del color, uso de fuente e información textual y comandos de entrada de datos. En la Fig. 6 se indica la interfaz del sistema de digitalización tomando en cuenta los indicadores mencionados.

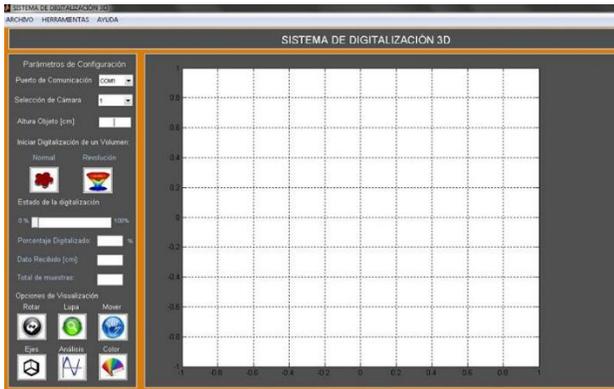


Fig. 6 Interfaz del sistema de digitalización 3D

### E. Modelado del objeto en SolidWorks

El modelado de la pieza arranca con la matriz numérica dimensional en extensión .xyz. El programa SolidWorks es una herramienta computacional que recibe matrices numéricas y entrega archivos en extensiones normalizadas para procesadores geométricos.

Cuando la información se encuentra en lenguaje comprensible para un modelador gráfico, es retomado por el programa Solidworks y el modelo tridimensional es reconstruido.

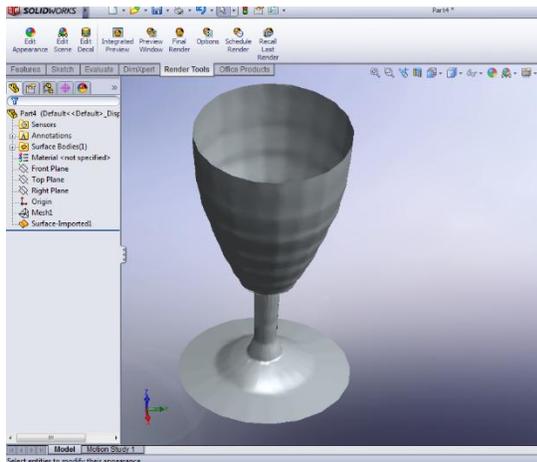


Fig. 7 Exportación del modelo 3D a SolidWorks

## III. PRUEBAS Y RESULTADOS

A continuación se registran las pruebas realizadas al sistema de digitalización 3D con el fin de garantizar que cumpla los requisitos indicados inicialmente.

### A. Digitalización de una taza de café

A continuación se muestra la reconstrucción digital de una taza de café de 5 cm de alto. En la Fig. 8 se muestra la taza de café a digitalizar.



Fig. 8 Taza de café

Para la reconstrucción de la taza de café se usó el método de volúmenes normales debido a que el objeto no es simétrico. La Fig. 9 muestra el resultado del modelo 3D obtenido de la taza de café y el análisis de datos.

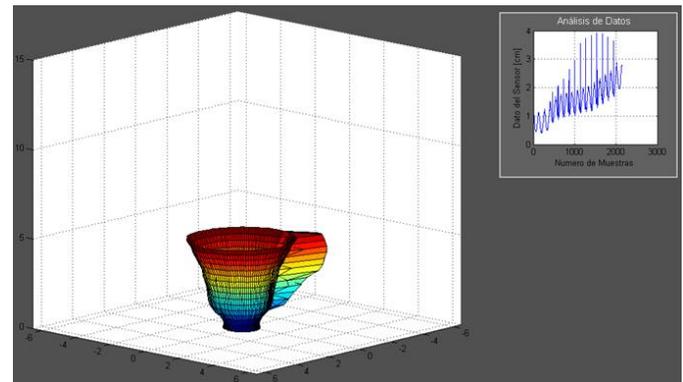


Fig. 9 Taza de café digitalizada en Matlab

A continuación se muestra la reconstrucción de una copa para champán de 12 cm de alto, la cual fue digitalizada por el método de volúmenes de revolución debido a que el objeto es simétrico. La Fig. 10 muestra la copa para champán que se va a digitalizar.



Fig. 10 Copa para champán

La figura 11 muestra el modelo 3D de copa para champán y el análisis de datos.

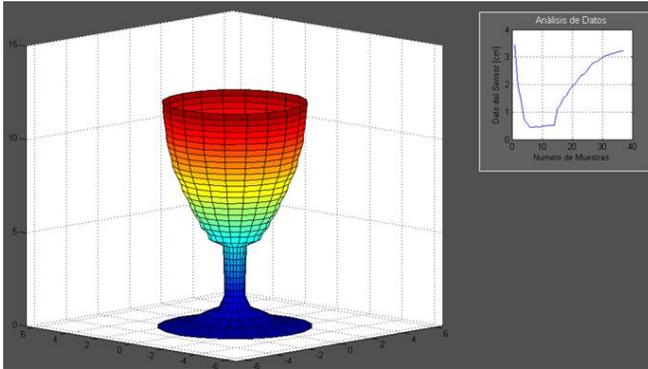


Fig. 11Copa de champá digitalizada en Matlab.

#### IV. CONCLUSIONES

Se pudo diseñar e implementar un Sistema de Digitalización 3D capaz de construir un modelo geométrico de varios objetos, asequible para quien se interesa por la digitalización 3D, mediante la búsqueda de métodos y de la toma de una serie de decisiones en relación a la forma de adquisición de la nube de puntos correspondientes a un objeto.

Se utilizó un sistema sin contacto, para poder extraer los datos del objeto a digitalizar debido a que no existe rozamiento con el objeto, como sucede con los sistemas por contacto, al existir rozamiento con el objeto los actuadores de la estructura mecánica no generarán la suficiente fuerza para desplazar el sensor sobre la superficie del objeto, esto produce una desincronización en la digitalización y el rozamiento puede afectar a la geometría del objeto.

Se determinó la necesidad de realizar un procesamiento de imagen con una cámara web para medir distancia, por medio del cual permite medir la profundidad de los detalles en un objeto, para esto se realizaron filtros para la detección del color rojo como resultado los objetos a digitalizar no deben poseer características de este color ya que producirán falsas medidas.

Se puede realizar diferentes modificaciones al modelo 3D al exportar un archivo ya digitalizado a un programa CAD mediante el Sistema de Digitalización 3D. SolidWorks es una potente herramienta CAD que permite abrir archivos exportados de modelos 3D creados en MATLAB.

#### V. REFERENCIAS

- [1] Forero. (2011). "Sistema de digitalización 3D a partir de visión termográfica". Colombia.