

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# **DESARROLLO DE GUÍA PARA EL PROCEDIMIENTO DE ESCANEADO CON EL EQUIPO ARTEC 3D SPIDER®**

Javier de Jesús Gómez Franco

Andrés Raúl García

Ingeniería electromecánica

Director del trabajo de grado

Juan Gonzalo Ardila Marín

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**Junio de 2015**

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RESUMEN

---

Las imágenes CAD 3D apoyan las tareas de diseño termo-fluidomecánico de máquinas térmicas y turbomáquinas, en procesos de ingeniería inversa. Actualmente el Instituto Tecnológico Metropolitano no cuenta en el laboratorio de modelado, con guías para prácticas que permitan el aprendizaje y la manipulación del equipo Escáner Spider 3D® de Artec Group del que dispone, y que pueda ofrecer a los estudiantes y la industria el servicio de digitalización de objetos sólidos tridimensionales para apoyar dichos proyectos de ingeniería inversa. El objetivo del presente proyecto es desarrollar guías de prácticas de laboratorio para la obtención de imágenes digitales en 3D de elementos de máquinas con la utilización del Escáner Spider 3D® y del software ARTEC STUDIO®. Para cumplir dicho objetivo se planea establecer el estado del arte del escaneo tridimensional buscando entender el principio de funcionamiento de los equipos, y las aplicaciones más recientes en qué han sido útiles, posteriormente se busca conocer y preparar el Escáner Spider 3D® y el software ARTEC STUDIO®, mediante el estudio de manuales y tutoriales, la consulta web y la ejecución de ejercicios prácticos, para finalizar detallando la operación del escáner y el manejo del software, mediante la elaboración de guías para prácticas de laboratorio. El principal resultado es la transferencia de conocimiento y experiencia en el manejo del equipo que se presenta en la sección de Resultados y que queda plasmado como guías de laboratorio para la manipulación del mismo.

*Palabras clave:* Escáner 3D, escaneo, digitalización de imágenes, sensor CCD, ingeniería inversa, ARTEC®.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RECONOCIMIENTOS

---

Agradecemos el haber podido concluir este trabajo, a varias personas que de una forma u otra nos ayudaron y apoyaron desde el primer día que se inició.

En primer lugar a nuestro asesor, Juan Gonzalo Ardila Marín, por habernos ofrecido la posibilidad de realizar este proyecto, por el apoyo y por la ayuda ofrecida incondicional durante todo el proceso.

En segundo lugar, a todas las personas que hacen parte del laboratorio de modelado CAD, por su ayuda y colaboración en el préstamo de equipos y programas necesarios para realizar el proyecto.

Y por último, a nuestras familias, por apoyarnos y por nunca dudar de nosotros.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Generalidades .....	7
1.2. Objetivos .....	8
1.2.1. General.....	8
1.2.2. Específicos .....	8
1.3. Organización de la tesis .....	8
2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Revisión de literatura: Aplicaciones recientes escaneo 3D .....	10
2.1.1. Problemática .....	12
2.1.2. Metodologías y resultados.....	13
2.2. Marco teórico: Principio de funcionamiento escáner 3D.....	15
2.2.1. Tipos de tecnología .....	16
3. METODOLOGÍA .....	19
3.1. Selección y preparación del objeto a escanear .....	19
3.2. Preparación del equipo Artec spider 3D.....	20
3.3. Configuración del software Artec Studio® .....	21
3.4. Verificación de la calibración del escáner Artec Spider® .....	23
3.5. Proceso de escaneo .....	28
3.6. Post-Procesamiento.....	30
3.7 Exportación de la imagen 3D a un software de diseño .....	39
3.8 Elaboración de guías de laboratorio.....	40
3.8.1. Guía de trabajo 1: Conociendo el equipo .....	40
3.8.2. Guía de trabajo 2: Como escanear un objeto .....	40
3.8.3. Guía de trabajo 3: Utilización de herramientas especializadas... ..	41
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	42
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO .....	47
5.1. Conclusiones .....	47
5.2. Recomendaciones .....	47
5.3. Trabajos futuros .....	48

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS ..... 49

APÉNDICE A: Guía de Trabajo #1..... 52

APÉNDICE B: Guía de Trabajo #2..... 53

APÉNDICE C: Guía de Trabajo #3..... 54

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Carcasa de bomba de aceite. ....	19
Figura 2. Accesorios que incluye el escáner Artec Spider® .....	20
Figura 3. Conexión del escáner. ....	21
Figura 4. Acceso directo del programa. ....	21
Figura 5. Creación de nuevo proyecto. ....	22
Figura 6. Partes principales del programa.....	23
Figura 7. Herramienta de diagnóstico de calibración. ....	23
Figura 8. Inicio de diagnóstico.....	24
Figura 9. Proceso de corrección. ....	25
Figura 10. Terminar la corrección. ....	25
Figura 11. Preparación para escaneo.....	26
Figura 12. Configuración de parámetros de funcionamiento.....	27
Figura 13. Botón para comenzar escaneo.....	28
Figura 14. Inicio de escaneo.....	29
Figura 15. Escaneos realizados.....	30
Figura 16. Selección de escaneos para visualizar.....	30
Figura 17. Pasos para alineamiento. ....	31
Figura 18. Unión de puntos de referencia. ....	32
Figura 19. Guardar alineamiento. ....	32
Figura 20. Herramienta Editor.....	33
Figura 21. Borrando partes externas.....	34
Figura 22. Registro global.....	34
Figura 23. Registro global cargando.....	35
Figura 24. Herramienta de Fusión rápida.....	35
Figura 25. Fusión rápida. ....	36
Figura 26. Herramienta de removedor de defectos. ....	36
Figura 27. Opciones para remover defectos. ....	37
Figura 28. Herramienta de pincel suave. ....	37
Figura 29. Utilización de la herramienta pincel suave. ....	38
Figura 30. Exportación del escaneo. ....	39
Figura 31. Objeto preparado para escanear. ....	42
Figura 32. Error de escaneo. ....	43
Figura 33. Preparando superficies para alinear. ....	44
Figura 34. Escaneos mal alineados.....	44
Figura 35. Obtención de la fusión rápida. ....	45
Figura 36. Obtención de la nube de puntos.....	46

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1.1. Generalidades

La ingeniería inversa requiere nuevas tecnologías para obtener imágenes CAD de piezas mecánicas en 3 dimensiones para manipularlas y evaluar posibles modificaciones para mejorarlas, o para poder verificar dimensiones de dichas piezas.

La razón de ser de un aprendizaje es tener la posibilidad de confrontar los conocimientos teóricos adquiridos con la práctica, en el ITM de la ciudad de Medellín existe una muy buena calidad académica y practica; pero también hay un vacío en el complemento pedagógico práctico en el campo de la ingeniería inversa, porque no hay la posibilidad de aprender a utilizar herramientas tales como el escáner 3D desde los cursos tradicionales de los pregrados. El Instituto Tecnológico Metropolitano cuenta con unos laboratorios muy completos en diferentes áreas en los que los estudiantes pueden realizar prácticas y enriquecer sus conocimientos, a pesar de ello se necesita de guías en el laboratorio de modelado con las que se puedan hacer prácticas que lleven al aprendizaje de la manipulación de equipos como el Escáner Spider 3D® y el software ARTEC STUDIO® del que disponen. Las guías son necesarias con el fin de que el estudiante entienda como es el principio de funcionamiento del equipo, y los parámetros de utilización a tener en cuenta a la hora de emplearlo en un proyecto de ingeniería inversa, de tal manera que los futuros profesionales tengan criterios para apoyar dichos proyectos y emplear esta clase de herramientas.

Localmente hay empresas como Indisa, Integral S.A., Sodinsa, Sienco S.A., que se dedican al diseño termo-fluidomecánico de máquinas térmicas y turbomáquinas, que requieren la obtención de imágenes digitales para procesos de ingeniería inversa, y solicitan profesionales preparados con estos conocimientos. Por lo anterior, también se puede

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

beneficiar el ITM con la creación de guías de laboratorio para que usen equipos de alta gama y capaciten a sus estudiantes en su manejo y aplicación.

Actualmente el Instituto Tecnológico Metropolitano no cuenta en el laboratorio de modelado, con guías para prácticas que permitan el aprendizaje y la manipulación del equipo escáner Spider 3D® de Artec Group, y que pueda ofrecer a los estudiantes y la industria el servicio de digitalización de objetos sólidos tridimensionales para apoyar proyectos de ingeniería inversa. Las guías para prácticas que se realicen darán un soporte sólido al desarrollo académico e industrial de la región en la formación de profesionales que intervengan en el diseño termo-fluidomecánico de máquinas térmicas y turbomáquinas.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. General**

Desarrollar guías de prácticas de laboratorio para la obtención de imágenes digitales en 3D de elementos de máquinas con la utilización del escáner Spider 3D® y del software ARTEC STUDIO®, para el laboratorio de modelado del ITM.

### **1.2.2. Específicos**

1.2.2.1. Conocer y preparar el escáner Spider 3D® y el software ARTEC STUDIO®, mediante el estudio de manuales y tutoriales, la consulta web y la ejecución de ejercicios prácticos.

1.2.2.2. Detallar la operación del escáner 3D y el manejo del software ARTEC STUDIO®, mediante la elaboración de guías para prácticas de laboratorio.

## **1.3. Organización de la tesis**

En el capítulo 2 se presenta el marco teórico que explica los logros alcanzados con la tecnología del escáner y su principio de funcionamiento; este marco teórico está

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

compuesto por 2 partes: la revisión de literatura y aplicaciones recientes del escaneo 3D, y el principio de funcionamiento del escáner 3D. La primera parte da a conocer los campos en que se aplica esta nueva tecnología como son la medicina, sistemas computarizados, mecánica y procesos industriales; esta primera parte aborda la problemática, que hace referencia a todas las dificultades que se han presentado en el momento de digitalizar una imagen 3D y la metodología con resultados de procesos que se han reportado, allí se explican los pasos que se siguieron en el momento de digitalizar y los resultados obtenidos con cada uno de esos pasos. La segunda parte de este marco teórico explica todo el principio de funcionamiento del escáner, el tipo de sensor que maneja y cómo funciona, también se da a conocer todos los tipos de escáner que existen en el mercado.

En el capítulo 3 se verá la metodología propuesta, la familiarización con el escáner 3D para el proceso de escaneo y la elaboración de las guías de trabajo, resultado último del presente proyecto. En la familiarización con el escáner se encuentra el proceso de corrección y calibración del escáner, el manejo del equipo, la utilización de las herramientas especializadas del software como son alinear, borrar, registro global, fusión, removedor de defectos y pincel suave; y por último se encuentra la finalización del proceso de escaneo. Con la elaboración de guías de trabajo se pretende que otros estudiantes tengan la experiencia de manipular el escáner, obtener resultados y sacar sus propias conclusiones.

El capítulo 4 son los resultados obtenidos y la discusión que se genera alrededor de estos resultados siguiendo la metodología propuesta. Este capítulo presenta los escaneos obtenidos de la carcasa de bomba de aceite.

El último capítulo contiene las conclusiones que se obtuvieron con la experiencia de la manipulación del escáner y se hacen recomendaciones para no generar error ni dificultades en el momento de escanear para un trabajo futuro.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 2. MARCO TEÓRICO

---

### 2.1. Revisión de literatura: Aplicaciones recientes escaneo 3D

Un campo de aplicación del escaneo 3D, que tiene una marcada importancia y representa grandes e importantes resultados no solamente a nivel industrial sino a nivel social inclusive, es el de la medicina, por eso es común encontrar, en publicaciones como la revista Radioterapia y Oncología, investigaciones sobre experiencias de utilización de imagen 3D digital en planificación de una braquiterapia intersticial (Kovács, Kohr, Hebbinghaus, Dennert, & Galalae, 1994), igualmente la Revista Internacional De La Radiación Física Biológica Oncológica reporta investigaciones sobre posicionamiento del paciente aplicando imagen 3D digital de superficie (Borg, Ramaseshan, Heaton, Alasti, & Islam, 2002), por otro lado, publicaciones como Mecatrónica Humana Amigable presentan el uso de sistemas de imágenes 3D digitales en el campo de la neurocirugía (Tanaka, y otros, 2000), mientras la revista Neuro Imagen reportó la validación del registro de un atlas digital 3D como producto de un estudio anatomofuncional de imágenes cerebrales de un ratón transgénico (Lebenberg, y otros, 2010); más recientemente, se reportaron los resultados de los Seminarios en Ortodoncia entre los cuales se divulgó la proyección de imagen 3D digital para la cuantificación del desarrollo facial y la asimetría en pacientes con artritis idiopática juvenil (Darvann, Larsen, & Hermann, 2015).

Existe diversidad de aplicaciones en donde se ha utilizado el escáner 3D, un ejemplo de ello se puede encontrar en la revista Imagen y Visión Computarizada en la descripción del proceso de reconstrucción automática de objetos en 3D usando una cámara móvil (Niem, 1998), o del proceso de un registro global rápido de superficies 3D utilizando una técnica multi-z-buffer (Benjemaa & Schmitt, 1999), otras publicaciones como el Diario de la Imagen Matemática y la Visión revelan información sobre la reparación topológica de imágenes 3D digitales (Siqueira, Latecki, Tustison, Gallier, & Gee, 2008); durante los

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

últimos años se han reportado importantes aplicaciones, por ejemplo, en la 3ª Reunión de Actualidad Internacional Sobre Detección Óptica y Artificial se presentó una investigación sobre sistemas de imagen no convencionales para la digitalización 3D de objetos transparentes (Meriaudeau, Rantosen, Adal, Fofi, & Stolz, 2012), por otro lado, la revista Computadores en las Industria se ha caracterizado por reportar abundantes resultados de investigación en este campo, un ejemplo de ello es la recuperación en tiempo real de movimientos faciales en 3D para aplicaciones emergentes (Emrith, Broadbent, Smith, Smith, & Molleda, 2013), la información sobre un servicio basado en modelos de convergencia y la integración de múltiples nubes de puntos (Qing, y otros, 2013), y el método basado en el procesamiento de datos de ajuste de imagen 3D (Governi, Furferi, Palai, & Volpe, 2013); posteriormente la revista Óptica Aplicada registra un artículo investigativo sobre holografía e imágenes digitales (Myung K., y otros, 2014), en ese mismo año la revista Problemas Matemáticos en la Ingeniería registra una investigación acerca del modelado automático de una ciudad en 3D utilizando un mapa digital e imágenes panorámicas a partir de un sistema de cartografía móvil (Hyungki, Yuna, & Soonhung, 2014), al mismo tiempo, se llevaba a cabo la Conferencia Internacional Sobre Visión 3D donde se mostró un proyector de alta resolución de imágenes en 3D (Drouin, Blais, & Godin, 2014); entre lo más reciente cabe resaltar la investigación presentada por la revista Revisión Óptica sobre la reconstrucción digital tridimensional basada en imágenes integrales (Chao, Qian, Hong, Chen, & Ajun, 2015).

Otro campo de aplicación y el más importante para el presente estudio, ya que tiene una relación más significativa con la digitalización de imágenes 3D en el área de la mecánica y de la computarización en la industria, reporta temas que hablan del registro e integración de datos con textura en 3D (Johnson & Bing Kang, 1999) en journals como Imagen y Visión Computarizada, o más recientemente en la revista Computadoras en la Industria se habló de correlación de imagen 3D digital con el mantenimiento y el control de procesos industriales (Marcin, y otros, 2013), y posterior a este, publicaciones como la Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial presentan, por ejemplo, el relleno

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

de agujeros en mallas 3D digitalizadas usando algoritmos de restauración de imágenes (Perez Hernandez, Salamanca Miño, Cerrada Somolinos, Merchan Garcia, & Adan Oliver, 2012), e igualmente se divulgan, en eventos como la Conferencia de Archivado de IS&T (Sociedad de Ciencias y Tecnologías de Imagen), temas relacionados con la digitalización de imágenes 3D (Hannus & Osmo, 2011); por otro lado, el Diario de Fotogrametría y Teledetección presenta un informe de utilización de imágenes 3D digitales de alta resolución de objetos y estructuras en el modelado del mundo real (Beraldin, y otros, 2000), además, en el Congreso Sobre Imagen Procesamiento de Señales se reportó la reconstrucción de una reliquia cultural a partir de imágenes 3D digitalizadas como nube de puntos (Liu, Zhang, & Xu, 2008); más recientemente, la revista Mecánica Aplicada y Materiales presenta un nuevo enfoque para la extracción de bordes 3D mediante la fusión de nubes de puntos e imágenes 3D digitales (Wang, Ewert, Schilberg, & Jeschke, 2014). Al respecto de estos temas se profundizará a continuación.

### **2.1.1. Problemática**

La evaluación del estado del arte de la digitalización 3D, permitió identificar y clasificar importantes aplicaciones que se han dado a esta tecnología en diferentes campos, tal como se presentó en la sección anterior, pero la evaluación de información se orientó hacia la identificación de diferentes problemáticas que son enfrentadas por los investigadores de este campo en el mundo, a continuación se resumirán unos hallazgos importantes.

La digitalización 3D describe la variedad de métodos por los cuales se pueden hacer “copias digitales” de objetos físicos, las imágenes juegan un papel muy importante en los procesos de digitalización 3D, especialmente cuando también se debe almacenar la apariencia visual real del objeto (Hannus & Osmo, 2011). El método de digitalización de imagen 3D se utiliza ampliamente para las mediciones de desplazamientos en condiciones de laboratorio y aplicaciones experimentales en la industria (Marcin, y otros, 2013). Pero se requieren múltiples vistas para crear un modelo 3D completo de un objeto o de un

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

lugar interior y existe un problema en la fusión de múltiples conjuntos de datos 3D con textura, donde cada uno de ellos corresponde a una vista diferente de un objeto o lugar (Johnson & Bing Kang, 1999). Además, los bordes son características cruciales para la segmentación y clasificación de objetos tanto en imagen como para el procesamiento en nube de puntos, y aunque se han hecho muchos esfuerzos de investigación en la extracción de bordes, sus aplicaciones son limitadas debido a sus propiedades técnicas (Wang, Ewert, Schilberg, & Jeschke, 2014).

Problemas como los descritos y muchos más son enfrentados por los investigadores de este campo en el mundo, en sus publicaciones siempre resaltan la importancia de esta tecnología en diferentes sectores, especialmente en el industrial, y promueven su uso mediante la identificación de problemas como estos y el desarrollo de soluciones a los mismos, a continuación se describen diferentes objetivos y metodologías que se evidencian tras la revisión bibliográfica y que podrán ser de utilidad en futuras investigaciones que nazcan en el laboratorio de modelado del ITM.

### **2.1.2. Metodologías y resultados**

Investigadores que han enfrentado problemas de digitalización de imágenes, en esencia del área electrónica, han reportado diversas soluciones a los mismos. Ya desde 1999, Johnson & Bing fusionaron múltiples conjuntos de datos 3D con textura, cada una de ellos correspondiente a una vista diferente de un lugar, siguiendo dos pasos: registro e integración, el registro con una versión modificada del algoritmo de punto iterativo más cercano que consideró la información 3D y el color; la integración usa el espacio representado por una malla 3D donde la ocupación de sus divisiones es definida a través de la probabilidad (Johnson & Bing Kang, 1999). En 2012, Perez, y otros, exponen un método para rellenar agujeros en mallas 3D basado en un algoritmo de restauración de imagen 2D, cuya primera etapa consiste en la identificación de agujeros, después, se calcula el plano adecuado para la proyección, y posteriormente, se aplica el algoritmo de imagen de restauración, para finalmente realizar una transformación inversa 2D a 3D e

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

integrar los nuevos datos obtenidos con la malla inicial; el resultado es un algoritmo robusto que funciona correctamente con varios tipos de agujeros y para diferentes tamaños (Perez Hernandez, Salamanca Miño, Cerrada Somolinos, Merchan Garcia, & Adan Oliver, 2012). En 2014, Wang, y otros, presentan un nuevo enfoque para la integración de los pixeles del borde de la imagen 2D al límite de datos en la nube de puntos 3D mediante el establecimiento de la relación de proyección entre estos dos tipos de datos para representar las características del borde 3D del objeto. El registro empleó un sensor 3D Microsoft Kinect® para la generación de la nube de puntos del objeto, seguido por la extracción de bordes de la imagen rango y de la imagen digital, y finalmente la integración de datos entre los datos de nube de puntos y los pixeles de la imagen (Wang, Ewert, Schilberg, & Jeschke, 2014).

Se han obtenido destacados resultados de investigaciones realizadas sobre esta tecnología en los últimos años en conservación de patrimonio cultural, aplicación emergente que ha generado bastante investigación. En el año 2000, Beraldin y otros, discutieron el potencial del escaneo laser para aplicaciones con imágenes y como una entrada al entorno de la realidad virtual, revisaron varios casos en donde aplicaron la tecnología de escáner laser: el primer caso se trata de colecciones de arte pertenecientes a museos, y el segundo caso tiene como objeto la digitalización de grandes estructuras (Beraldin, y otros, 2000). Más tarde en el 2008, Liu y otros, se proponen reconstruir un modelo 3D de una reliquia cultural llamada Glockenspiel Arcaico, combinando imágenes digitales y nubes de puntos laser, todas las nubes de puntos laser fueron conectadas, entonces la imagen coincidente se utilizó para registrar las imágenes digitales de alta resolución y la imagen sincrónica laser obtuvo la textura correspondiente de las nubes de punto laser, luego construyen el modelo de la nube de puntos y eliminan los puntos redundantes conforme a los ángulos entre los vectores normales de las áreas de las superficies locales; este método resultó fácil, preciso y rápido para obtener el modelo 3D de un objeto (Liu, Zhang, & Xu, 2008). En el año 2011 Hannus & Osmos, describen una variedad de métodos para realizar “copias digitales” de objetos físicos importantes en el patrimonio cultural y luego archivarlos

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

digitalmente, se basaron en estudios realizados en el proyecto “viva3” de la Universidad de Ciencias Aplicadas Mikkeli (Hannus & Osmo, 2011).

Por otro lado, se han reportado recientemente importantes aplicaciones industriales, por ejemplo, en el año 2013, Marcin, y otros, presentan mejoras del método de correlación de la imagen 3D digital, el cual se utiliza en condiciones de laboratorio y aplicaciones experimentales en la industria para evaluar los cambios en los resultados obtenidos; se aplicó en casos interesantes, como en medición de láminas y medición de tuberías, entre otros, y se utilizó además una cámara de infrarrojos con el fin de correlacionar las medidas de los objetos con los cambios de temperatura, las mejoras propuestas permiten el monitoreo en sitio y el control de procesos en la industria (Marcin, y otros, 2013).

## **2.2. Marco teórico: Principio de funcionamiento escáner 3D**

Un escáner 3D es un dispositivo portátil de luz que captura objetos en resolución de 0.5mm y con textura. Permite digitalizar objetos en 3D, su funcionamiento es similar a una cámara de video, capturando volúmenes además de imágenes de gran calidad. El escáner es capaz de capturar tanto a los objetos inmóviles como escenas, y realizar el escaneo 3D de objetos móviles en tiempo real a una velocidad de 15 fotogramas por segundo. Dado que el proceso es realizado en tiempo real, el usuario ve los cuadros alineados en un solo sistema de coordenadas, lo cual le permite evaluar el tamaño del área capturada y decidir que parte del objeto demanda exploración adicional. Además de gestionar la captura de morfologías, permite realizar un completo post-procesamiento de datos, eliminar los defectos y realizar otras operaciones para obtener un modelo 3D de alta calidad (V. Castiglione, 2010).

El sensor CCD (Dispositivo de Carga Acoplada – *Charge-Coupled Device*) es una de las partes más importantes, es el ojo de la cámara y de él depende la resolución y la calidad de la filmación y también la cantidad de fotogramas por segundo de video que puede

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

capturar. La luz entra a través del objetivo de la cámara de video y ésta es proyectada al sensor CCD (Brissot & Chautemps, 2005).

La luz entra a través del objetivo de la cámara de video y es proyectada al sensor CCD. La función del sensor es traducir la imagen óptica en electrónica, en una determinada secuencia de imágenes, analizando a su vez la luminosidad y color de la imagen, creando así la señal de video. El sensor de imagen está compuesto por millones de pequeños semiconductores de silicio, los cuales captan los fotones (elementos que componen la luz, la electricidad). A mayor intensidad de luz más carga eléctrica existirá. Estos fotones desprenden electrones dentro del sensor de imagen, los cuales se transformaran en una serie de valores (datos digitales) creando un pixel; por lo tanto cada célula que desprenda el sensor de imagen corresponde a un pixel, el cual formara cada punto de la imagen (Heinz & Markus, 2003).

### 2.2.1. Tipos de tecnología

**Escáner de contacto:** Este tipo de escáneres examinan el modelo por medio de toques físicos, así cada toque en el objeto corresponde a un punto del modelo. Con este tipo de escáneres se obtienen modelos muy precisos, por lo que se suelen utilizar para fabricar piezas. Algunos de los inconvenientes de este tipo de escáneres son que pueden dañar el objeto escaneado al tocarlo y que su velocidad de escaneado es lento en comparación con otro tipo de escáner (Cottalorda, Kohler, Garin, & Lecante, 1997).

**Escáner sin contacto:** Este tipo de escáneres funcionan de manera que no llegan a tocar el objeto escaneado físicamente, sino que utilizan algún tipo de radiación como puede ser la luz (laser, infrarroja, natural) o el ultrasonido (Mitbauerova A, Capek, & Ogawa, 2013).

Los escáneres de no contacto se pueden clasificar en dos grupos, activos y los pasivos.

**Escáner activo:** Estos escáneres emiten luz o algún otro tipo de radiación para detectar su reflejo. Esta técnica de medición requiere un transmisor laser y un receptor, por lo que son mecánicamente más complejos que los escáneres mediante técnica pasiva. Las

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ventajas de estos escáneres es que no requieren luz ambiental, porque ellos generan su propia radiación; proporcionan gran cantidad de mediciones de manera automática; se pueden utilizar en superficies sin rasgos distintivos; y capturan mucha información en poco tiempo (1000-5000 puntos/seg). Las desventajas de este tipo de escáneres son que pueden verse afectados por fuentes de luz externa, color y rigurosidad (Guoqiang, Menciassi, & Dario, 2012).

**Escáner de tiempo de vuelo:** Este tipo de escáner utiliza un láser para medir la distancia del dispositivo a cada punto del objeto. Se envían unos pulsos laser que se reflejan en el objeto, y se calcula el tiempo que tardó el pulso desde que salió del escáner hasta que regresó al mismo. Este tiempo representa el espacio de ida y vuelta, por lo que se toma la mitad del mismo. Estos escáneres pueden capturar información del orden de 10000 a 100000 puntos/seg (Hoegg, Lefloch, & Kolb, 2013).

**Escáner de triangulación:** Es otro escáner activo que usa la luz láser para examinar el objeto. En este caso el brillo del láser en el objeto se examina mediante una cámara fotográfica para determinar su posición. Dependiendo de lo lejano que esté el punto del objeto en que brilla el láser, incidirá en diversos sitios del campo visual de la cámara. Esta tecnología se llama triangulación porque el punto donde brilla el láser, el emisor laser y la cámara forman un triángulo (Guoqiang, Menciassi, & Dario, 2012).

**Escáner de holografía conoscópica:** Es una técnica interferométrica que consiste en hacer pasar un rayo reflejado en una superficie a través de un cristal birrefringente, es decir, un cristal que tiene dos índices de refracción, uno fijo y otro que dependerá del ángulo de incidencia. De esta manera se obtendrán dos rayos paralelos que interferirán con una lente cilíndrica. Esta interferencia será capturada por un sensor CCD y la frecuencia de ésta determinará la posición del objeto. La ventaja de esta técnica es que puede utilizar luz no coherente, esto quiere decir que la fuente de iluminación no tiene por qué ser un láser. La única condición es que sea monocromática (Lathrop, Cheng, & Webster III, 2009).

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Escáner de luz estructurada:** Este tipo de tecnología utiliza la proyección de un patrón de luz determinado en el objeto y analizan la deformación del patrón para obtener el modelo. El reflejo se captura con una cámara fotográfica y posteriormente mediante unos algoritmos se determina la posición de cada punto en el espacio 3D. El patrón de luz suele consistir en un conjunto de líneas paralelas generadas por interferencia laser o por proyección (Schmalz, Forster, Schick, & Angelopoulou, 2012). Mediante el análisis de la deformación de las líneas se obtienen los puntos 3D. La anchura de una línea es una función de la inclinación de la superficie del objeto en que se refleja. La frecuencia y la fase de línea también aportan información que se puede analizar mediante la transformada de Fourier. La ventaja de los escáneres 3D de luz estructurada es la velocidad. En vez de escanear un punto a la vez, escanean múltiples puntos o el campo entero del campo de visión (Charlot, Mugnier, & Sirat, 1990).

**Escáner pasivo:** Los escáneres pasivos no emiten ninguna clase de radiación, detectan señales del entorno como por ejemplo la luz visible (Elter, Ernst, & Kublbeck, 2007). Los hay estereoscopios: Generalmente emplean dos o más cámaras de video, levemente separadas, examinando la misma escena. Analizando las diferencias entre las imágenes capturadas por cada cámara, es posible determinar la distancia de cada punto en las imágenes. O de silueta: Este tipo de escáneres 3D usan bosquejos creados de una sucesión de fotografías alrededor de un objeto tridimensional contra un fondo muy bien contrastado. Estas siluetas se estiran y se cruzan para formar la aproximación visual hull (es una entidad geométrica creada por la técnica de la forma de la silueta de la reconstrucción 3D) del objeto. Esta clase de técnicas no son capaces de detectar algunas concavidades de un objeto (Lopez Mendoza, Martinez Rivera, Latorre Astudillo, Rojas Mondaca, & Maluenda Bolados, 2013).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 3. METODOLOGÍA

---

### 3.1. Selección y preparación del objeto a escanear

Se escoge una pieza mecánica típica en nuestro medio de desempeño y se prepara el lugar donde se desea realizar el proceso de escaneo. Luego se verifica que el color sea el adecuado; debido a que el escáner presenta dificultad para capturar objetos brillantes o de color negro. Inicialmente el objeto era de color aluminio, y se tuvo que cambiar por un color gris mate (Figura 1). El proceso de escaneo se realiza en un objeto físico; el escáner Artec Spider 3D no captura imágenes en 3D.



*Figura 1. Carcasa de bomba de aceite.*

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.2. Preparación del equipo Artec spider 3D

El escáner Artec Spider 3D viene en una caja con un cable de conexión USB y un adaptador para el suministro de corriente eléctrica (Figura 2).



*Figura 2. Accesorios que incluye el escáner Artec Spider®*

Primero se conectan los dos cables correspondientes al escáner, luego se conecta a un tomacorriente estándar el adaptador para la corriente eléctrica y el conector USB se inserta en un puerto disponible del computador (Figura 3). Cuando el escáner muestra un Indicador LED de color azul durante un corto tiempo significa que se está iniciando. Los cables del escáner se deben mantener alejados de los pies para evitar accidente o una caída del escáner. Verificar que no hallan otros dispositivos conectados por medio de

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

conexión USB en el equipo de cómputo, para evitar la disminución de la tasa de captura del escáner e incluso el bloqueo del software.



Figura 3. Conexión del escáner.

### 3.3. Configuración del software Artec Studio®

El icono de acceso directo de la aplicación se encuentra en el escritorio del equipo de cómputo (Figura 4), para abrirlo se da doble clic en el icono Artec Studio.



Figura 4. Acceso directo del programa.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Aparecerá una ventana de bienvenida (Figura 5), lo primero que se debe hacer es dar clic en la opción “Nuevo proyecto”, se coloca un nombre y luego se da clic en el botón “Crear” para guardar los cambios.



Figura 5. Creación de nuevo proyecto.

Ahora aparece la pantalla principal del programa (Figura 6), en ella se encuentran varias partes fundamentales para realizar el proceso de escaneo:

- **Barra de herramientas especializadas.** Aquí se encuentran todas las herramientas necesarias para llevar a cabo el Post-Procesamiento del escaneo.
- **Ventana de vista 3D.** Se refiere al espacio en donde se visualizan todas las imágenes y modificaciones de los escaneos.
- **Barra de estado.** Se observa el estado de la tarea que se esté ejecutando en ese momento. También muestra la memoria RAM disponible.
- **Espacio de trabajo.** Es el lugar donde se encuentran todos los escaneos realizados durante el proceso de escaneo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

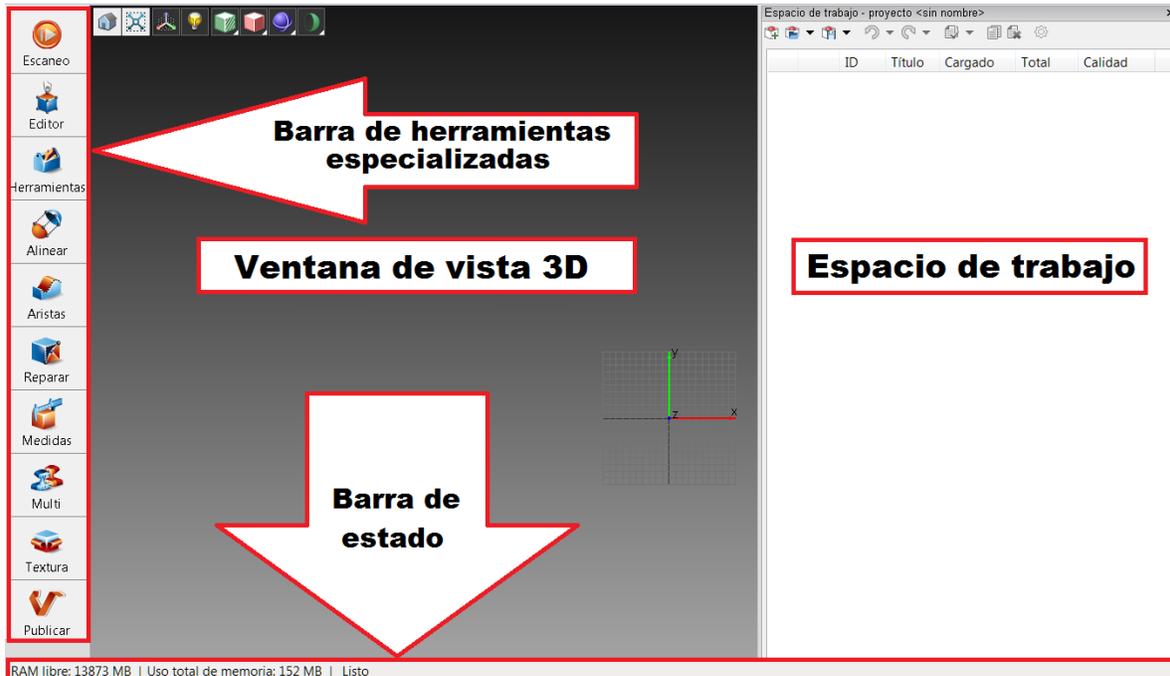


Figura 6. Partes principales del programa.

### 3.4. Verificación de la calibración del escáner Artec Spider®

Este procedimiento permite cerciorarse que el escáner no presenta problemas de calibración. Para realizar la verificación de la calibración se utiliza la herramienta de diagnóstico que incluye el software Artec Studio®. Esta herramienta se encuentra en la pestaña archivo de la barra de herramientas (Figura 7) luego se selecciona la opción “Ejecutar la herramienta de diagnóstico”.

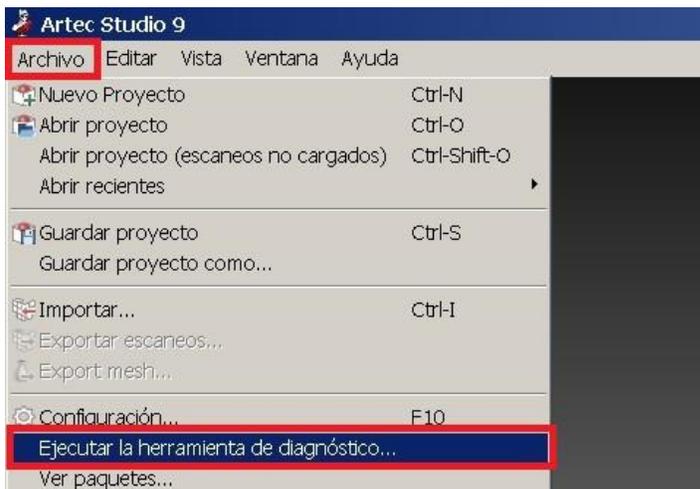
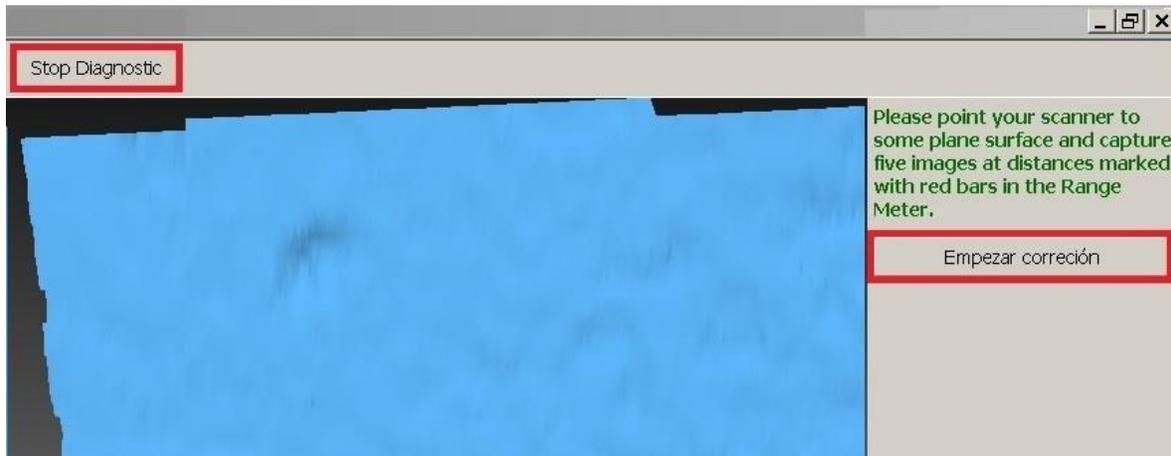


Figura 7. Herramienta de diagnóstico de calibración.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Ahora se coloca el escáner en una mesa de superficie uniforme y se apunta a la pared a una distancia de 850-900mm y se le da clic al botón star/stop diagnostic (Figura 8) esta superficie se representa en color azul en la ventana del programa Artec Studio®, tal como aparece en la Figura 8. Luego se da clic en el botón “Empezar corrección”.



*Figura 8. Inicio de diagnóstico.*

Además de la superficie azul, aparece una superficie amarilla y una marca roja en el medidor de rango en la ventana de la vista 3D (Figura 9), la azul corresponde a la superficie capturada con datos de calibración originales, y la amarilla significa la superficie capturada con datos de calibración corregida. Ahora se debe mover el escáner suavemente; de manera que las oscilaciones coincidan con la marca roja que aparece en el medidor de rango (Figura 9).

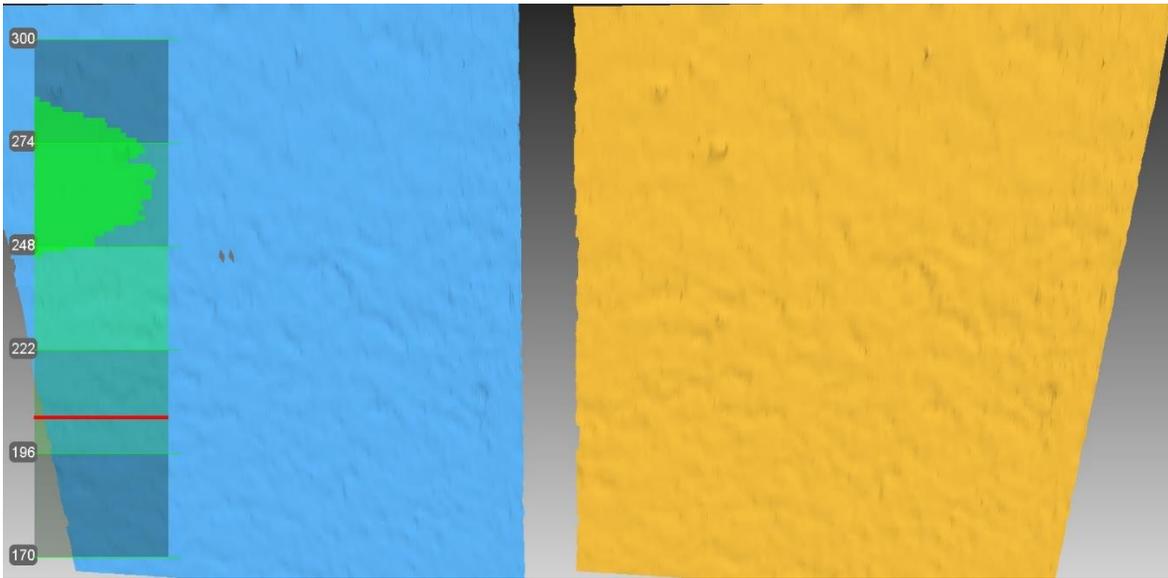


Figura 9. Proceso de corrección.

Dos indicadores en el panel de la derecha (Figura 10), ayudan a evaluar la calidad de la superficie, el verde representa buenos resultados del diagnóstico el amarillo representa un estado satisfactorio y uno rojo representa resultados insatisfactorios. Si la superficie corregida (amarilla) no tiene ningún agujero, es bastante plana y los resultados cumplen con las expectativas como aparece en la Figura 10, se hace clic en el botón “proceder”. En caso contrario se repite nuevamente el proceso de corrección.

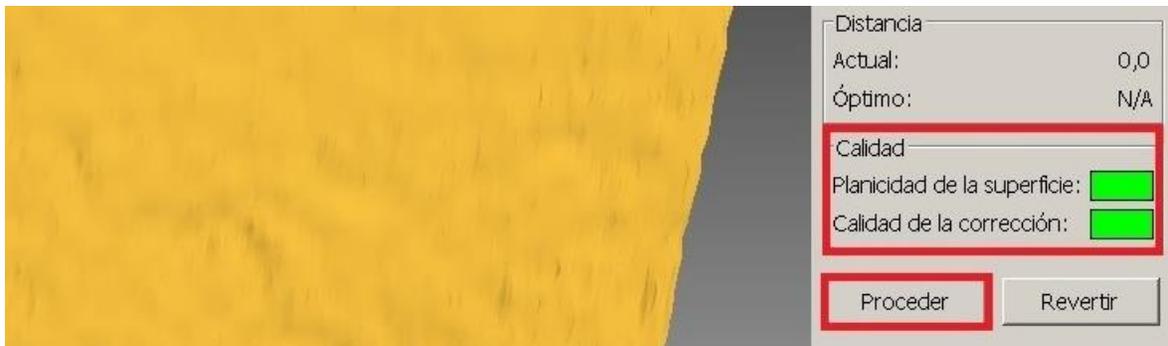
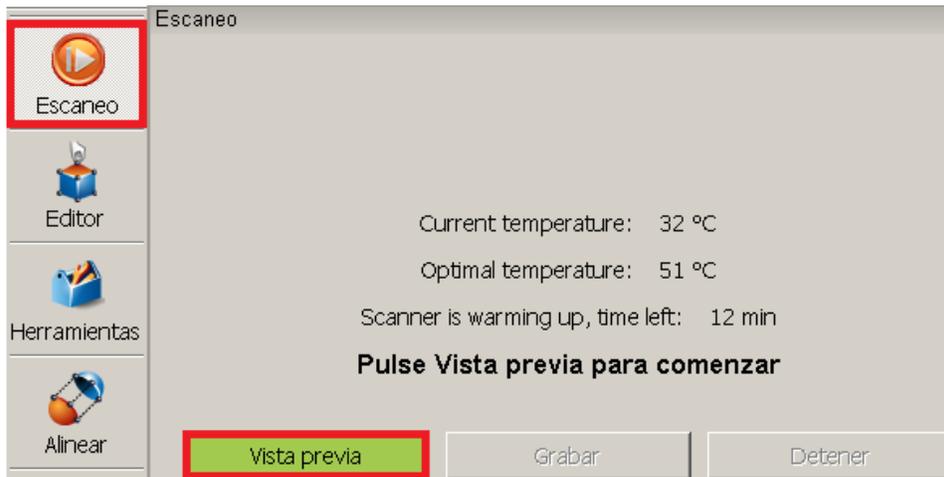


Figura 10. Terminar la corrección.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Ahora se da clic en el botón “Escaneo” (Figura 11) y luego clic en el botón” vista previa” y se apuntan los lentes del escáner formando ángulo de 90° con respecto al objeto a una distancia de 170mm a 300mm para preparar el escaneo. Los lentes del escáner empezaran a titilar apagando y preniendo.



*Figura 11. Preparación para escaneo.*

En esa misma ventana se configuran los parámetros de funcionamiento del equipo (Figura 12), primero se encuentran las opciones de “geometría y textura” o “solo geometría”, se escoge la primera opción ya que el objetivo del escaneo es obtener tanto la parte geométrica como las características de toda la superficie luego se encuentra la velocidad de escaneo, se ajusta a 8 fotogramas por segundo para que tome suficientes fotos en un periodo de tiempo corto, después se encuentra la opción “profundidad de campo” que indica a cuánta distancia se debe mantener el escáner respecto al objeto; esta profundidad de campo viene dada por 2 valores: cerca y lejos, la opción recomendada es “cerca” a 170mm y “lejos” a 300mm; esto quiere decir que el rango que se utilizará es de 130 mm, lo que significa que este será el espacio de trabajo disponible para manipular el escáner durante el escaneo. Por último se configura la herramienta “brillo de textura” que tras un tanteo muestra que la opción más adecuada es de ¼ del total. Esta herramienta es la que permite obtener la calidad de las imágenes capturadas a la superficie del objeto.

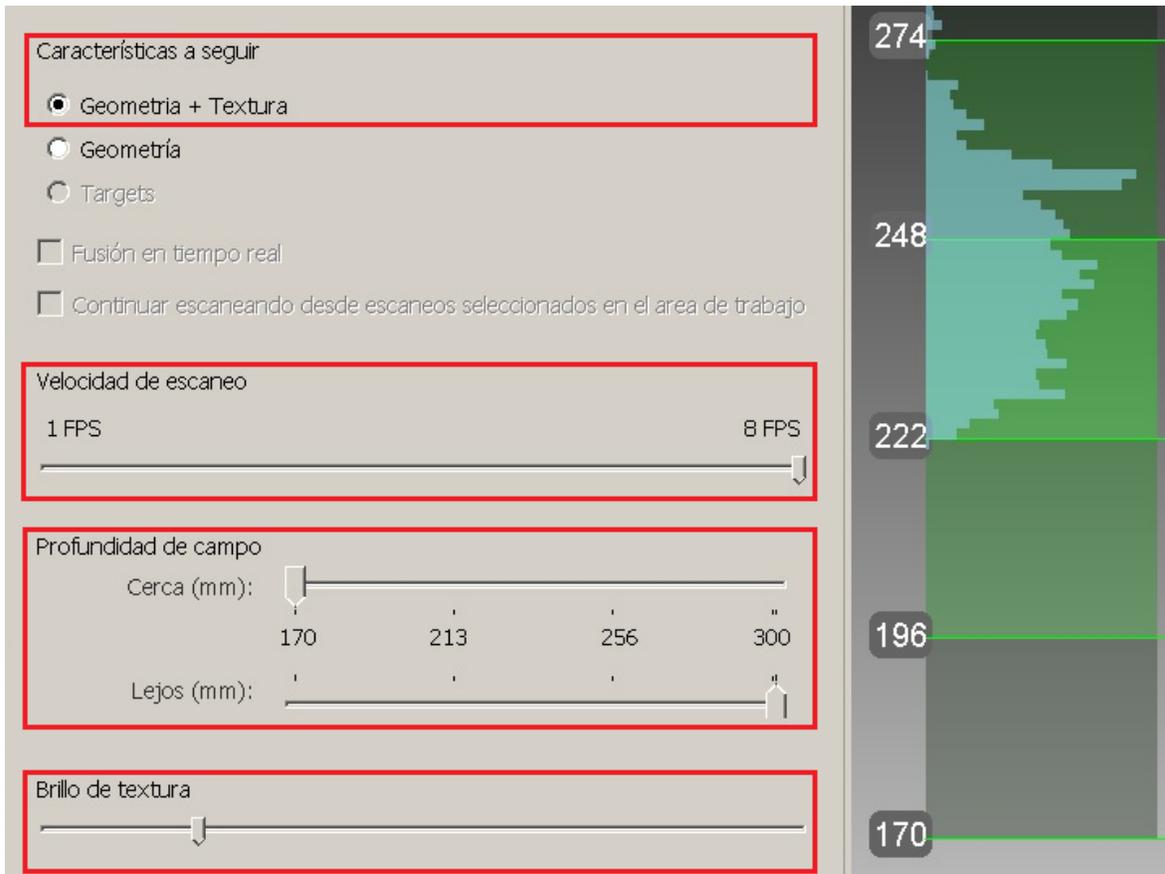


Figura 12. Configuración de parámetros de funcionamiento.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.5. Proceso de escaneo

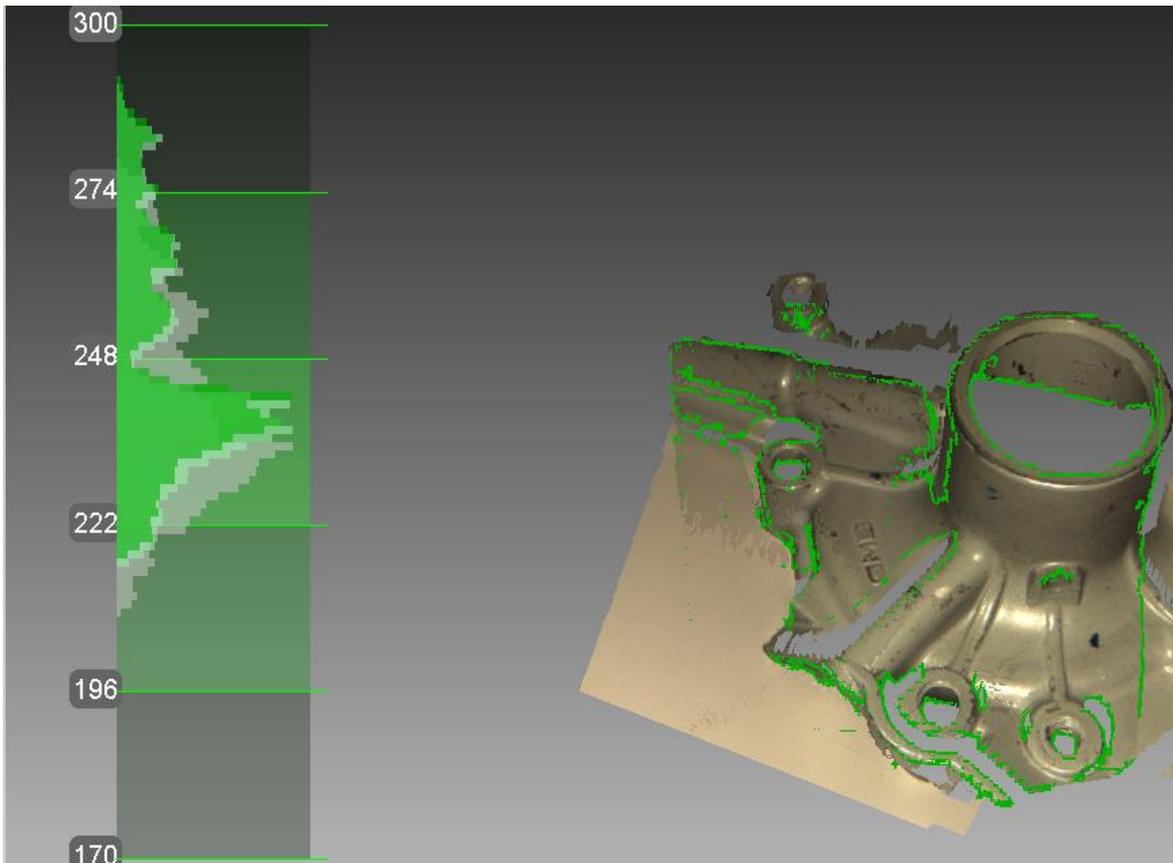
Se realizan todas las operaciones necesarias para obtener la imagen 3D del objeto. Para comenzar el escaneo se da clic al botón “grabar” que se encuentra en la opción “Escaneo” de la barra de herramientas especializadas (Figura 13).



Figura 13. Botón para comenzar escaneo.

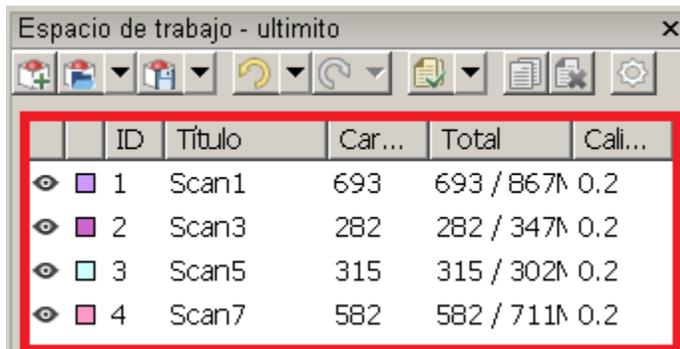
El proceso de escaneo inicia cuando se torna de color verde la parte del objeto que está capturando el escáner en ese momento (Figura 14). Se realizan movimientos suaves alrededor de todo el objeto para obtener diferentes perspectivas y mantener siempre las oscilaciones del rango en la mitad del medidor.

El medidor de rango es definido en la profundidad de campo y está dado por los valores desde 170mm a 330mm. La función del medidor de rango es controlar las distancias permitidas para lograr el escaneo del objeto y obtener las mejores capturas. Los cuadros ubicados en el medidor de rango se llaman Histograma. Los histogramas de la mitad del medidor de rango permiten obtener los mejores resultados, los histogramas ubicados en los extremos indican que se está acercando o alejando del objeto.



*Figura 14. Inicio de escaneo.*

Cuando se realiza un movimiento muy rápido se pierde la oscilación del rango y aparece un error de escaneo sonando además un timbre de alerta. Las oscilaciones en el medidor se controlan realizando movimientos suaves y manteniendo una distancia de 170mm a 330mm entre el escáner y el objeto. Siempre que suene el timbre de alerta, se detiene el escaneo dando clic en el botón “Detener”, se borra el escaneo correspondiente y se vuelve a escanear. Para borrar escaneos; en el espacio de trabajo se encuentran todos los escaneos realizados (Figura 15); para visualizar los escaneos y saber cuál presenta errores, se da clic en el espacio en blanco que se encuentra al lado izquierdo de cada “Scan” (escaneo) y aparecerá un  (Figura 15), que indica la visualización del escaneo en la ventana de vista 3D. Entonces se selecciona el “Scan” (escaneo) dando un clic y se presiona la tecla “Supr” (suprimir) para borrarlo. Los escaneos que presentan errores son aquellos en donde aparecen imágenes borrosas, con huecos alrededor de toda la superficie y partes muy oscuras.

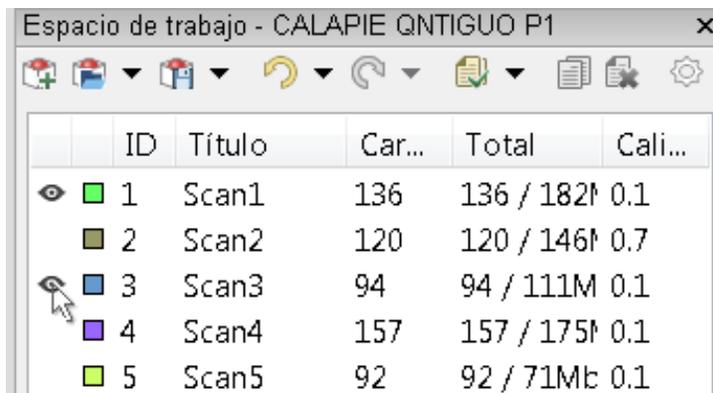


	ID	Título	Car...	Total	Cali...
👁	1	Scan1	693	693 / 867M	0.2
👁	2	Scan3	282	282 / 347M	0.2
👁	3	Scan5	315	315 / 302M	0.2
👁	4	Scan7	582	582 / 711M	0.2

Figura 15. Escaneos realizados.

### 3.6. Post-Procesamiento

Permite mediante la utilización de las herramientas especializadas del software realizar edición, borrado, corrección a la imagen en 3D. Cuando se obtienen los escaneos de todos los puntos de vista del objeto, por medio de la herramienta especializada “Alinear” se prepara el alineamiento. Antes de iniciar este proceso se debe seleccionar los escaneos en el espacio de trabajo que se desean alinear. Para realizar la selección de los escaneos se da clic en el espacio en blanco que se encuentra al lado de cada Scan (escaneo), y aparecerá un 👁 (Figura 16) indicando la selección del escaneo.



	ID	Título	Car...	Total	Cali...
👁	1	Scan1	136	136 / 182M	0.1
👁	2	Scan2	120	120 / 146M	0.7
👁	3	Scan3	94	94 / 111M	0.1
👁	4	Scan4	157	157 / 175M	0.1
👁	5	Scan5	92	92 / 71M	0.1

Figura 16. Selección de escaneos para visualizar.

El proceso de alineamiento se lleva a cabo mediante 4 pasos (Figura 17):

- Primero se da clic en el botón “Alinear” de la barra de herramientas especializadas.
- El segundo paso es seleccionar el scan (escaneo) que se desea alinear con respecto al scan objetivo. El scan objetivo es el que aparece de primero y se identifica con

un círculo de color morado (Figura 17). La unión de puntos siempre se hace con respecto al scan objetivo.

- El tercer paso consiste en dar clic en el botón “New pair” para unir cada uno de los puntos de referencia entre los dos escaneos. Se selecciona dando clic a cualquiera de los puntos del scan objetivo y luego se da clic sobre el punto de referencia común del otro scan. Cuando se seleccionan los dos puntos de referencia se traza una línea recta de color (Figura 18).
- En el cuarto paso, cuando se unen todos los puntos de referencias comunes entre sí se le da clic al botón “Align meshes” para que se realice el alineamiento.

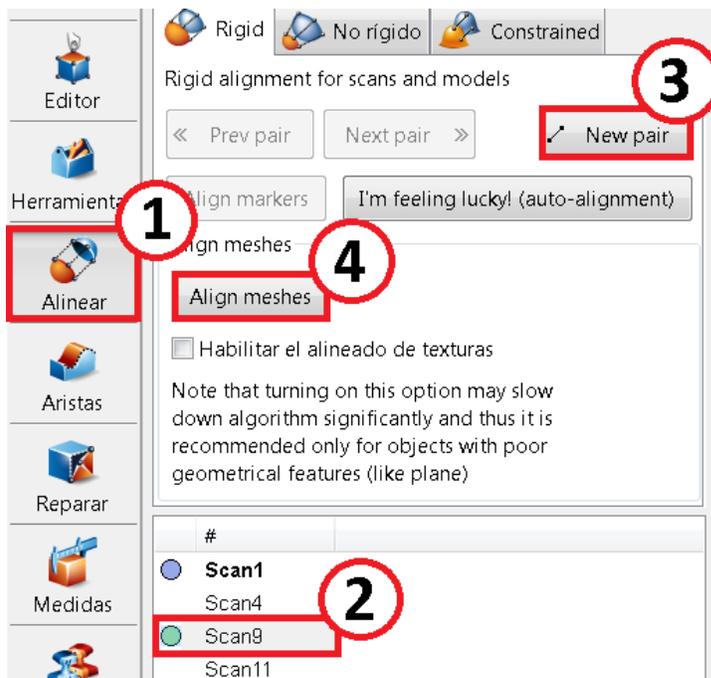


Figura 17. Pasos para alineamiento.

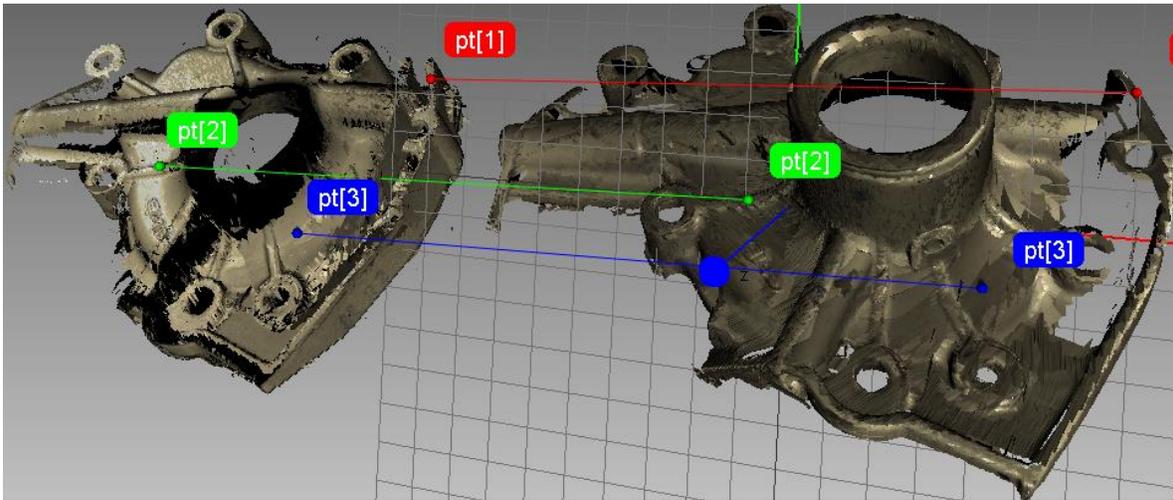


Figura 18. Unión de puntos de referencia.

Cuando se unen todos los puntos de referencia comunes entre sí se le da clic en el botón “Aplicar” (Figura 19) para guardar el alineamiento.

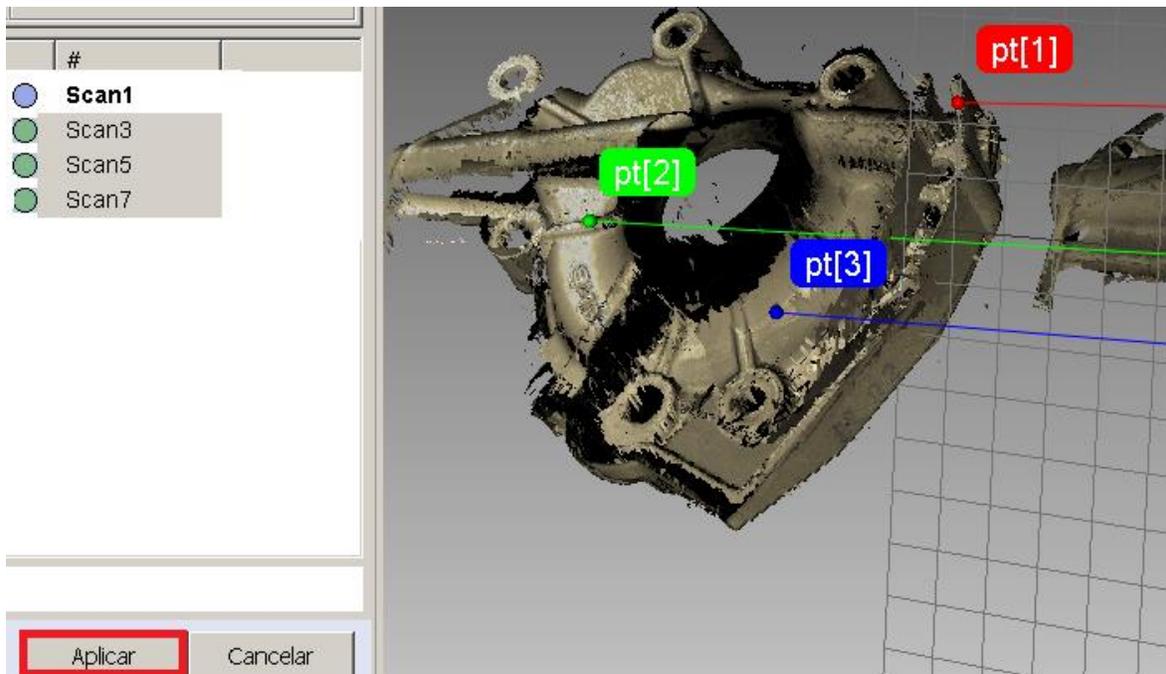


Figura 19. Guardar alineamiento.

Después que se obtiene el alineamiento se observa detalladamente la imagen para verificar si hacen falta partes o si presentan errores. Ahora se hace otro escaneo de barrido al objeto para captura las partes faltantes. Luego se realiza nuevamente la unión de puntos de referencia aplicando los pasos mencionados anteriormente.

El software Artec Studio® también incluye una herramienta llamada “Editor” (Figura 20), cuando se le da clic a éste arrojará varias opciones como son: Positioning tool (herramienta de posición), Herramienta de transformación, Pincel suave, Borrador, Defeature Brush (remueve partes defectuosas), En este caso se selecciona la opción de “Borrador” para eliminar partículas externas que quedaron después del escaneo.

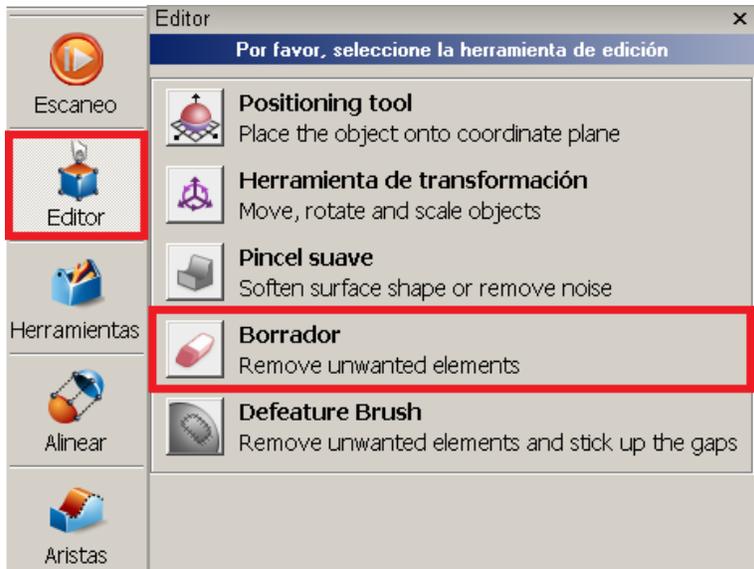


Figura 20. Herramienta Editor.

Ahora aparecerá un nuevo menú con varias opciones (Figura 21), allí se escoge la opción “Selección 2D”. Se presiona la tecla CTRL y el botón de clic izquierdo del mouse al mismo tiempo; se mantienen sostenido para seleccionar con el círculo rojo que aparece en la Figura 21 las partes que se desean borrar. Al finalizar la selección se da clic en el botón “Borrar”.

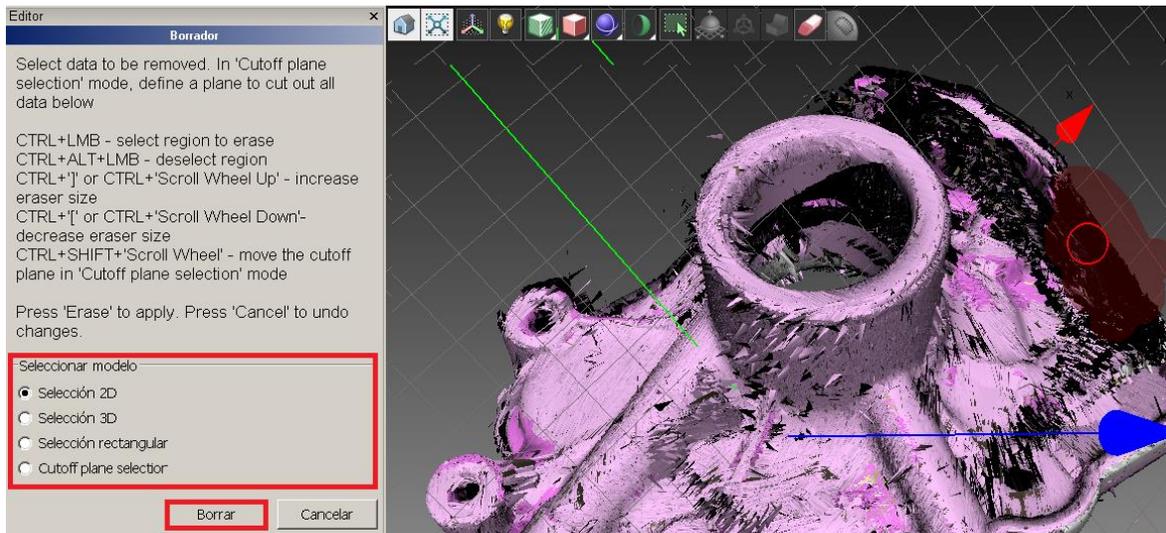


Figura 21. Borrando partes externas.

Después de usar el borrador, es posible que sigan apareciendo partes oscuras, brillantes, ralladas y sombras; entonces se da clic en el botón “Herramientas” (Figura 22) que se encuentra en la barra de herramientas especializadas, se selecciona la opción “Registro global” y luego se da clic en el botón “Aplicar”. Esta función mejorará todas las imperfecciones mencionadas anteriormente.



Figura 22. Registro global.

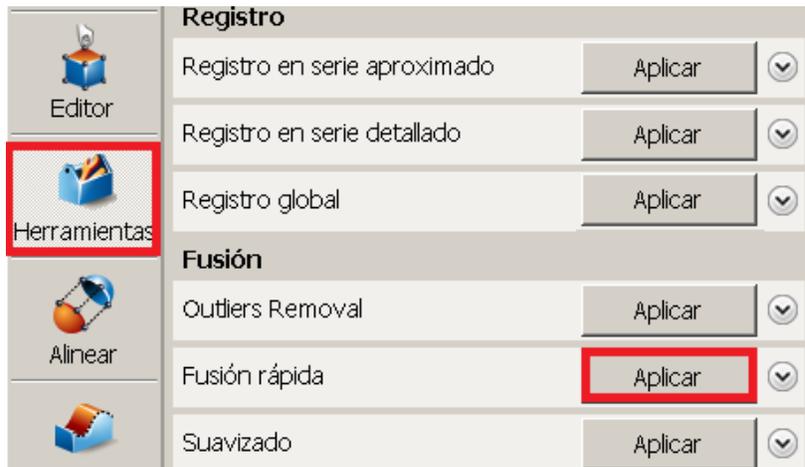
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Cuando termine el proceso de carga del registro global (Figura 23), En el menú de herramientas se encuentran también las opciones de Fusión: Fusión rápida, Fusión suavizada y Fusión dura (Figura 24).



*Figura 23. Registro global cargando.*

Entonces se da clic en el botón “Aplicar” de la opción “Fusión rápida” para perfeccionar curvas y bordes del escaneo (Figura 24).



*Figura 24. Herramienta de Fusión rápida.*

Cuando finaliza el proceso de fusión rápida aparece un nuevo escaneo en el espacio de trabajo llamado Fast Fusion1 (Figura 25).

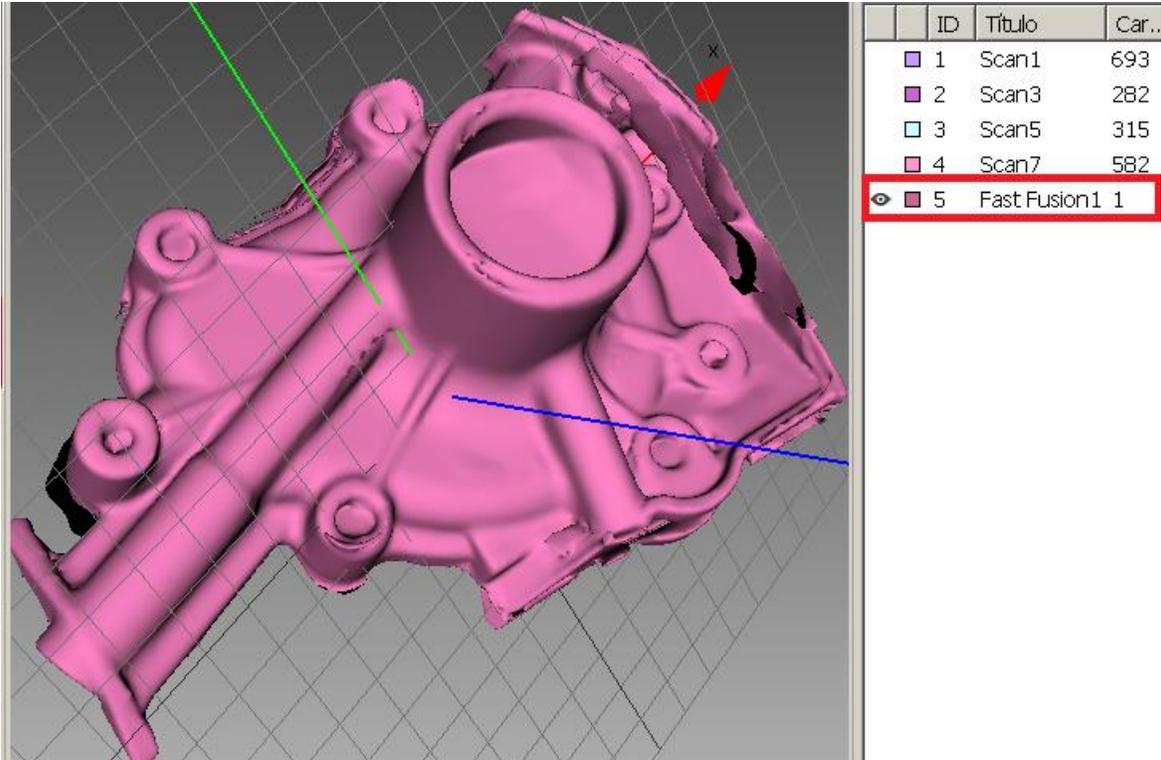


Figura 25. Fusión rápida.

Ahora se le da clic en el botón “Editor” (Figura 26), para utilizar la herramienta “Defeature Brush” esta herramienta es la encargada de remover partes defectuosas y algunas veces para tapar huecos.

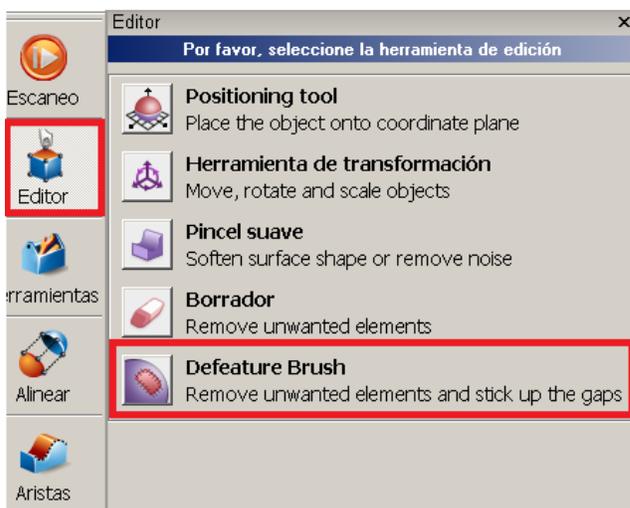


Figura 26. Herramienta de removedor de defectos.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Aparecerá un nuevo menú con dos opciones (Figura 27), allí se escoge la opción “Selección 2D” y se presiona la tecla CTRL y el botón de clic izquierdo del mouse al mismo tiempo; se mantienen sostenido y aparecerá un círculo rojo que se arrastra por todas las partes que se desean remover. Al finalizar para guardar los cambios se da clic en el botón “Aplicar”.

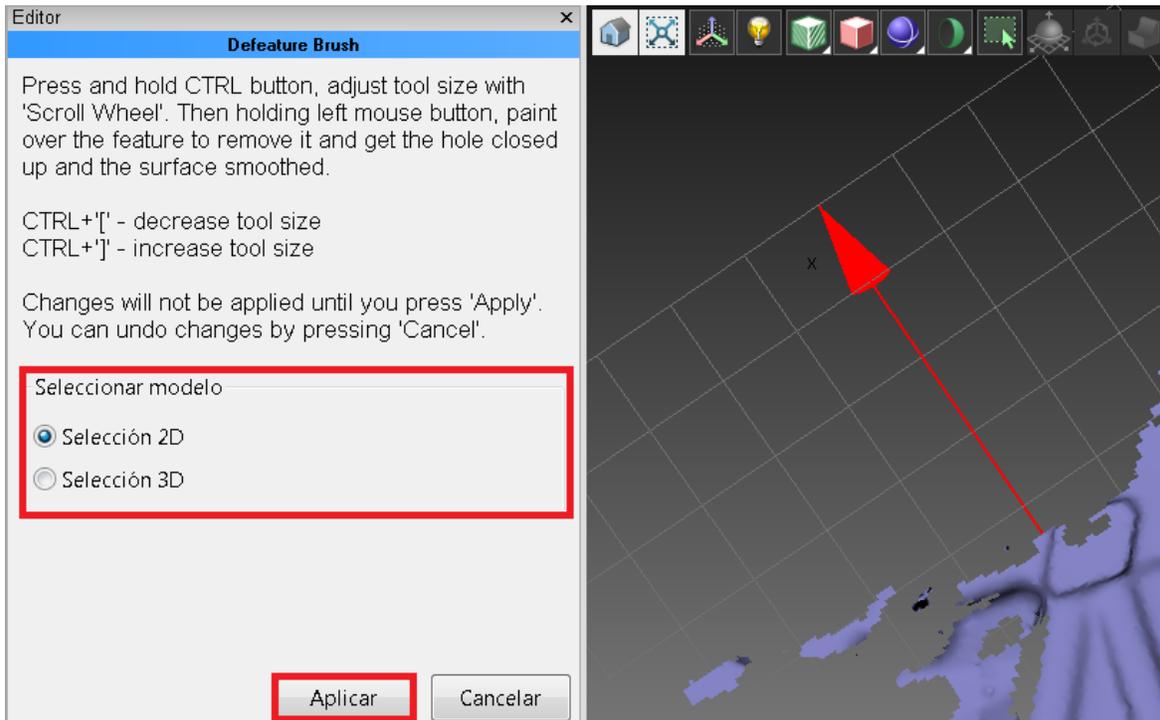


Figura 27. Opciones para remover defectos.

Ahora se le da clic a la opción de “Pincel suave” (Figura 28), se encuentra en el mismo menú “Editor”, ésta herramienta es la encargada de pulir y suavizar partes voluminosas (quitar volumen).

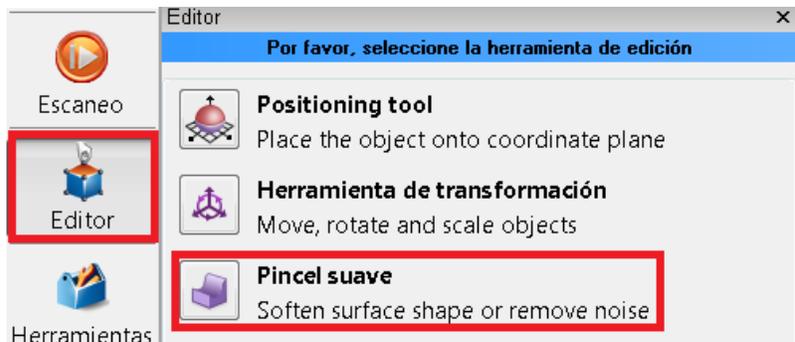
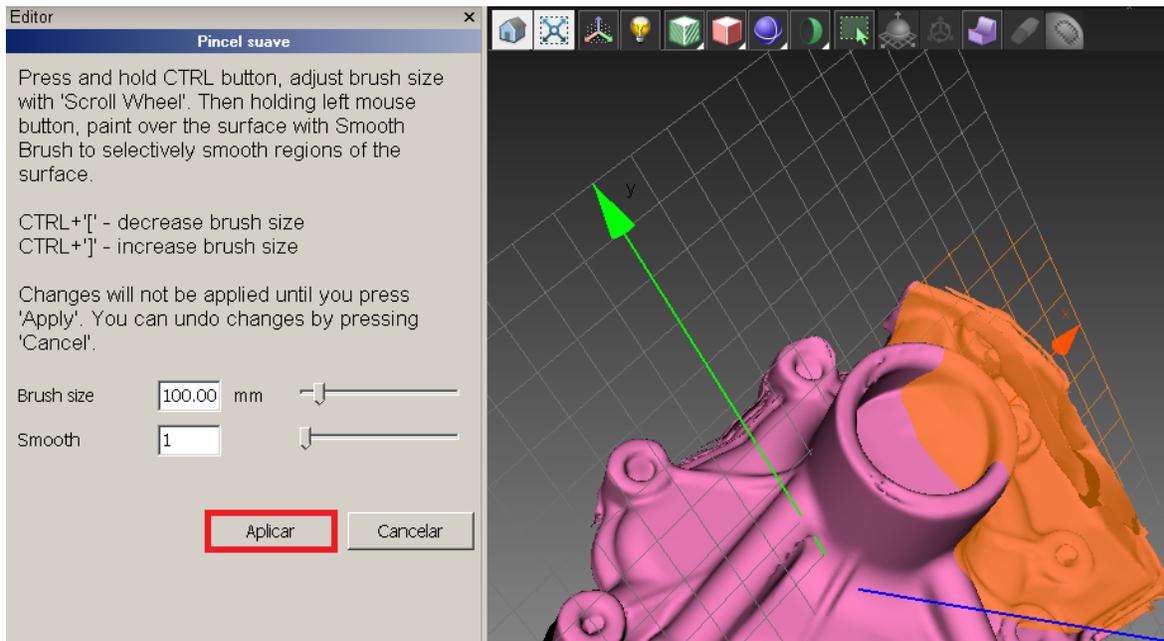


Figura 28. Herramienta de pincel suave.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Aparecerá un nuevo menú, se presiona la tecla CTRL y el botón de clic izquierdo del mouse al mismo tiempo; se mantienen sostenido para seleccionar la parte que se quiere pulir, esta parte seleccionada se muestra de color naranja (Figura 29), luego se da clic en el botón “Aplicar” para guardar los cambios. Algunas veces estos pequeños volúmenes son causados después de usar la herramienta “Defeature Brush” (removedor de defectos); por tal motivo siempre que utilice el removedor de defectos se debe aplicar la opción de pincel suave.



*Figura 29. Utilización de la herramienta pincel suave.*

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.7 Exportación de la imagen 3D a un software de diseño

Después de realizar el post-procesamiento, la imagen se exportará en formato .stl para usar con software de diseño CAD. Cuando se realiza el Post procesamiento de la imagen en 3D, se le da clic a la pestaña “Archivo” (Figura 30) y aparecerá un menú en donde se selecciona la opción “Exportar escaneos”, después aparece una ventana que también se muestra en la Figura 30 y se escoge el tipo de archivo en el cual se desea exportar y guardar. Finalmente se da clic en el botón “OK”. El software incluye diferentes tipos de archivos de exportación como son: .ply, .stl, .obj, .wrl, .x, .scan. Generalmente se usa el formato .stl porque es compatible con la mayoría de programas CAD de destino que posee la institución.

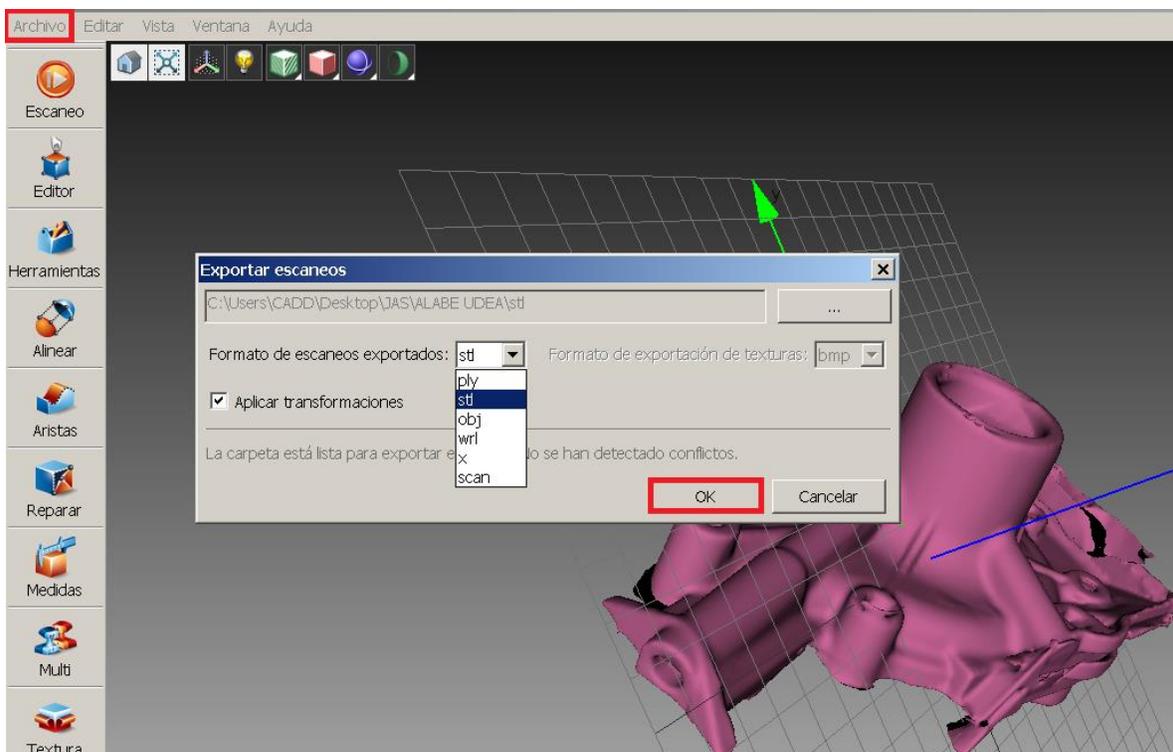


Figura 30. Exportación del escaneo.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### **3.8 Elaboración de guías de laboratorio**

Tras la adquisición de experiencia en el manejo del hardware y el conocimiento de utilización del software, se pretende dejar evidencia que permita transferir estos saberes a otros estudiantes y docentes del laboratorio, buscando dar solución al problema identificado y planteado desde la propuesta del presente proyecto. Dicha evidencia se dejará en forma de Guías de Trabajo para lo cual se consultó acerca de las guías de trabajo que se manejan en los laboratorios del ITM y se descargó de la página del ITM en formato institucional “FDE048 Guía de trabajo” para las guías de laboratorio, para identificar los requisitos y la estructura del formato, incluyendo los recursos, el procedimiento de operación del escáner, y los parámetros para la realización del informe tras la ejecución de las prácticas. Se procedió a diligenciar los campos básicos de identificación de la práctica que se hará, ofreciendo todas las ilustraciones, esquemas, dibujos y demás elementos que faciliten la explicación sobre el uso del equipo, y que permitan instruir acerca del funcionamiento del equipo a los laboratoristas que serán encargados del mismo.

#### **3.8.1. Guía de trabajo 1: Conociendo el equipo**

En esta guía de trabajo el grado de dificultad es para principiantes, por tal motivo las actividades que deben realizar los estudiantes es conocer el uso del equipo Artec Spider®. Se preparan todos los elementos necesarios para llevar a cabo el proceso de escaneo mediante los pasos descritos en el procedimiento de la guía de trabajo. Para demostrar que se cumplieron los objetivos propuestos con la guía los estudiantes deben presentar un informe al final de la práctica donde respondan varias preguntas que incluye la guía al final. La guía de trabajo, en formato institucional, se presenta en el Apéndice A, al final del presente informe.

#### **3.8.2. Guía de trabajo 2: Como escanear un objeto**

En la segunda guía de trabajo el estudiante ya sabe cómo utilizar el escáner y conoce las herramientas que contiene el software para obtener un buen escaneo del elemento. Se da

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

inicio al escaneo aplicando todas las recomendaciones para capturar el objeto desde todas las perspectivas. Después de terminado el procedimiento descrito en la guía los estudiantes se deben responder varias preguntas y se entregan en un informe comprobando que se alcanzaron los objetivos propuestos. La guía de trabajo, en formato institucional, se presenta en el Apéndice B, al final del presente informe junto con un video tutorial sobre cómo se realiza el proceso de escaneo.

### **3.8.3. Guía de trabajo 3: Utilización de herramientas especializadas**

Esta guía es la finalización del proceso de escaneo aquí se realizan los procesos de alineamiento de las diferentes vistas capturadas. Después se aplican las herramientas de borrado en 2D, borrado rectangular y borrado del plano para que el elemento quede libre de partículas. Cuando el elemento se encuentra completamente alineado y sin partículas externas, se usa el menú de herramientas para realizar el registro global y luego se selecciona las opciones de fusión para terminar de corregir imperfecciones. Por último se guarda y exporta el escaneo para usar en los softwares de diseño que hay en la Institución. El estudiante entrega un informe final cuando termine la práctica del resumen de todos los procedimientos realizados y conclusiones sobre los resultados obtenidos. La guía de trabajo, en formato institucional, se presenta en el Apéndice C, al final del presente informe junto con un video tutorial sobre cómo utilizar las herramientas del software Artec Studio®.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

Son marcados puntos de referencias alrededor de todo el objeto (Figura 31) para facilitar el proceso de alineamiento de cada una de las partes escaneadas. La verificación de existencia de brillo en el objeto a escanear es el primer paso antes de iniciar el proceso de escaneo, además se recomienda que la superficie donde realizará el escaneo no sea brillante o negra.

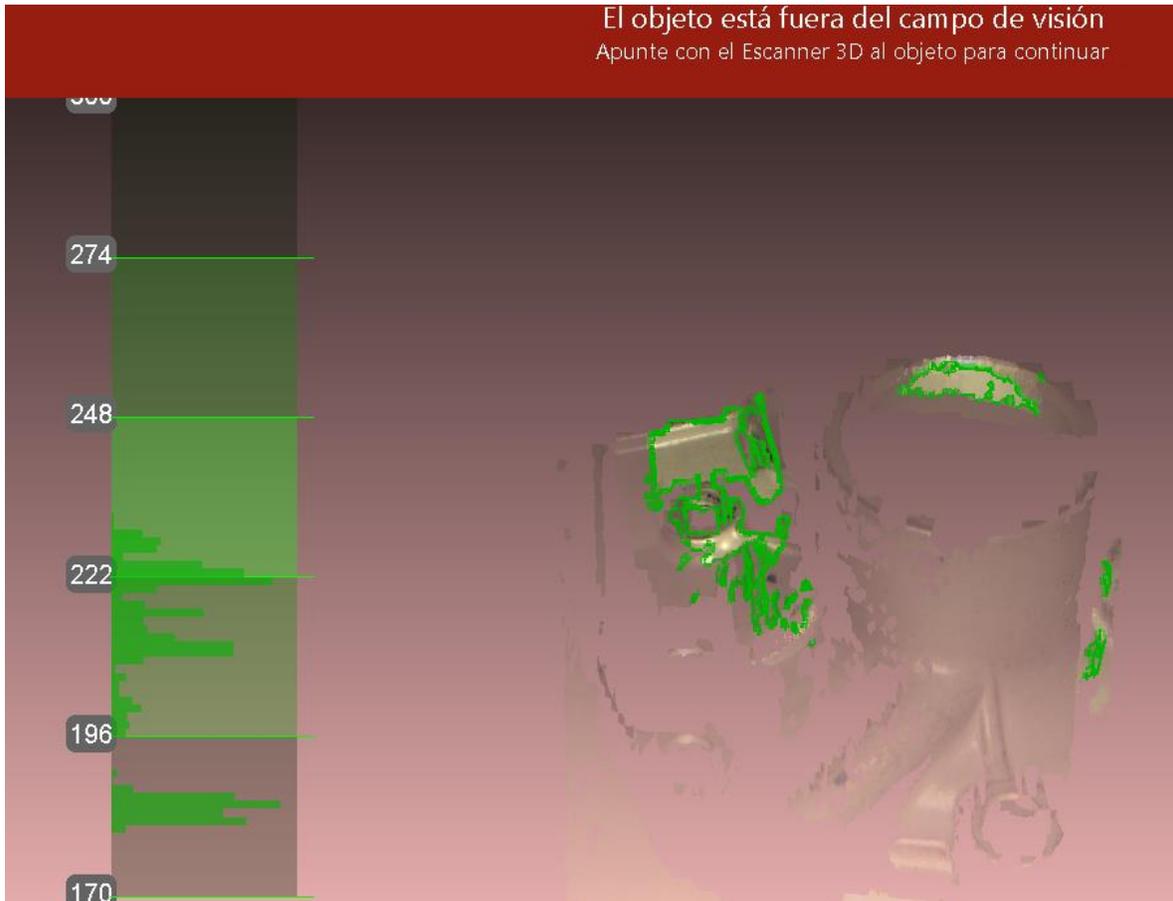


*Figura 31. Objeto preparado para escanear.*

Este fue uno de los procesos en donde se empleó más tiempo debido a que apenas se estaba probando el “pulso” del usuario y por ello los movimientos que se hacían eran bruscos o no eran uniformes por lo que constantemente aparecía error en el escaneo (Figura 32) y debido a esto se obtenían escaneos mal capturados o aparecían uno encima de otro. También cuando se estaba escaneando, el software mostraba imágenes de partes diferentes a las que se estaba apuntado con el escáner en ese momento; por ejemplo cuando se apuntaban los lentes del escáner a la cara frontal de la carcasa de bomba, el

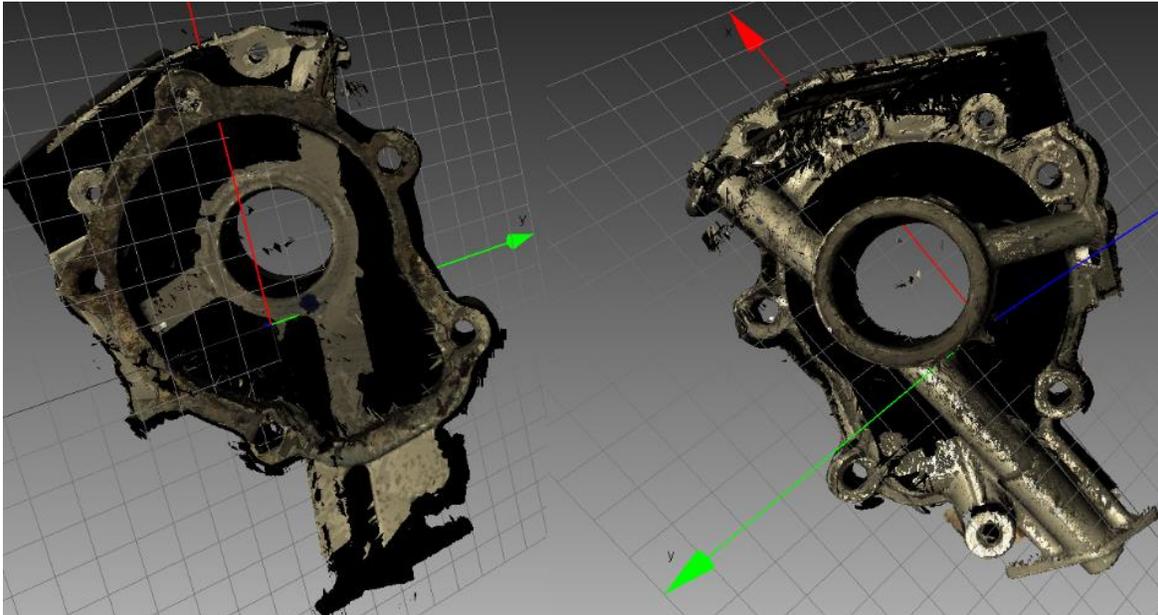
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

software mostraba como si se estuviera apuntando a la cara trasera, por ello se utiliza el diagnóstico de corrección y calibración, y se detecta que el escáner presenta problemas de calibración. Finalmente se realiza la respectiva corrección de calibración.



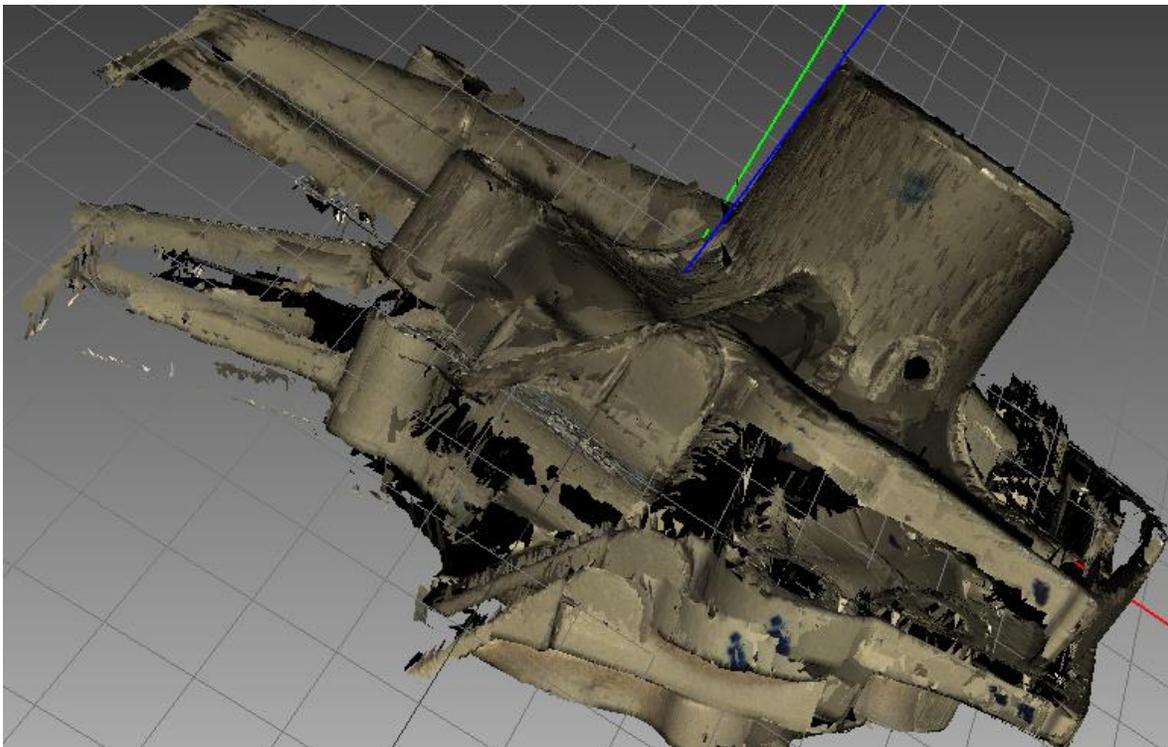
*Figura 32. Error de escaneo.*

En el Post-Procesado el alineamiento es la parte más importante. El escaneo es dividido en dos partes: primero fue escaneada la cara frontal y luego la cara trasera, por tal motivo al finalizar el escaneo se unen ambas caras (Figura 33) para conformar la geometría completa del objeto.



*Figura 33. Preparando superficies para alinear.*

Se recomienda realizar el escaneo completo del objeto para evitar alinear puesto que es un proceso muy complejo y algunas veces no se obtienen alineamientos precisos (Figura 34).

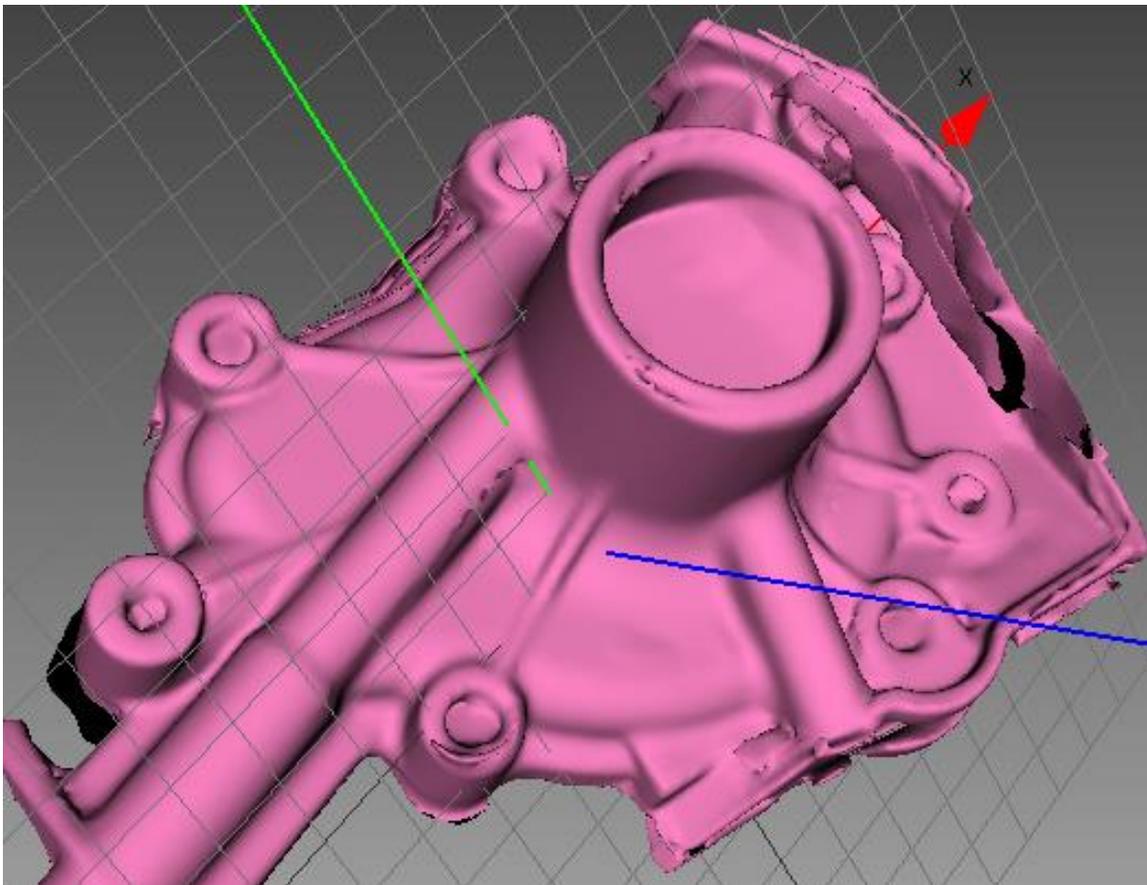


*Figura 34. Escaneos mal alineados.*

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Durante el proceso de registro global se nota gran lentitud y posterior bloqueo del computador. Esto se debe a la cantidad de fotogramas capturados por el escáner. Por lo tanto se recomienda hacer el registro global por partes; esto quiere decir que por cada alineamiento obtenido se realiza un registro global, para evitar el bloqueo repentino y la pérdida de información en los escaneos.

El proceso de fusión se realiza para obtener el acabado y el perfeccionamiento de las curvas y bordes del objeto. En este procedimiento es donde se observan los cambios más notorios del escaneo (Figura 35).

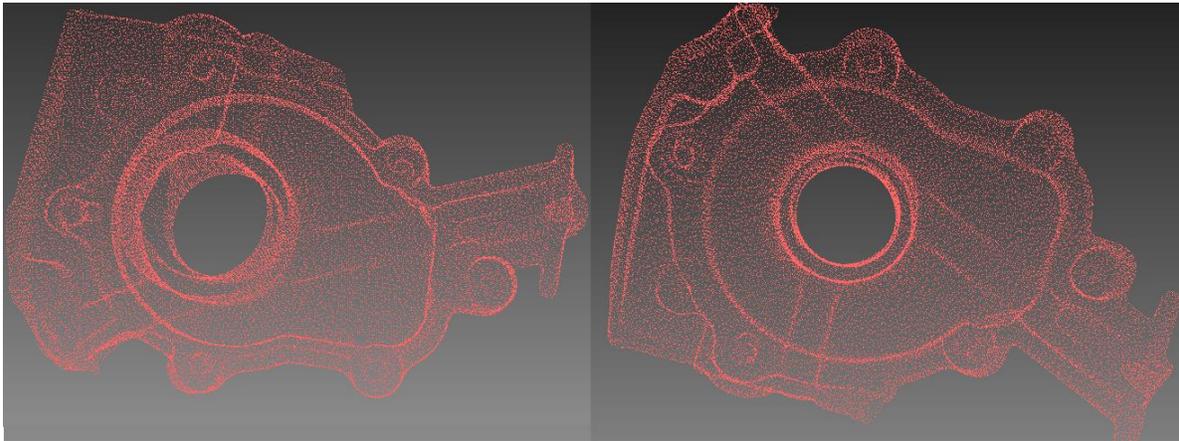


*Figura 35. Obtención de la fusión rápida.*

Se recomienda usar la opción de Fusión rápida en la mayoría de los casos, debido a que el proceso es rápido y se obtienen muy buenos resultados.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En esta etapa se obtiene como resultado la nube de puntos del escaneo de la carcasa de bomba de aceite (Figura 36), para convertirla en un sólido y poder realizarle otro procesamiento se debe utilizar software especializado para el diseño.



*Figura 36. Obtención de la nube de puntos.*

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

### 5.1. Conclusiones

- Se desarrollaron tres guías de trabajo para el laboratorio de modelado del ITM con el fin de obtener imágenes digitales en 3D de elementos de maquina con el escáner spider 3D, estas guías tienen cada una diferentes grados de dificultad para adquirir la experiencia del manejo del escáner 3D y la utilización de herramientas especializadas del software artec studio® para que los estudiantes fortalezcan sus conocimientos con esta tecnología que es muy utilizada en la ingeniería del diseño. El laboratorio cuenta con un solo escáner 3D, esto limita a que los estudiantes deban dividirse en pequeños grupos para distribuir su tiempo y llevar a cabo el proceso de manipulación del equipo.
- Del escáner 3D se aprende el cuidado que hay que tener con los movimientos bruscos y de la distancia mínima que es de 170 mm y la máxima de 300mm, estas distancia son las que debe tener el escáner con respecto a la pieza y formando un ángulo de 90 grados entre las 2 para un escaneo satisfactorio.

### 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda utilizar la herramienta diagnóstico de calibración y corrección antes de proceder a realizar el proceso de digitalización de una pieza por medio del escáner spider 3D ya que esto ayudara a la confiabilidad en que el proceso se lleve a cabo correctamente.
- Cuando se vaya a escanear una pieza se debe realizar inicialmente un escaneo total de la geometría del elemento y luego escanear parcialmente las partes defectuosas o que

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

no fueron capturadas durante el primer escaneo, esto permite obtener un buen alineamiento.

- Si en el espacio de trabajo se tienes muchos scan y se va a utilizar herramientas de borrador o de alinear, se recomienda quitar los escaneos que no van a utilizarse en ese instante; esto ayudara a que las herramientas especializadas funcionen rápidamente y que ahorren memoria RAM.
- En el momento que se va a escanear una pieza ésta debe estar marcada con pequeños puntos para el respectivo alineamiento y verificar que tenga el color adecuado.
- Cuando se está alineando hay que tener mucho cuidado con los puntos de referencia marcados, si es necesario se debe hacer zoom con el botón scroll del mouse para seleccionar con exactitud el punto común.
- Entre más alejados estén los puntos de referencia uno de otro se obtendrá mejor precisión en el alineamiento.

### **5.3. Trabajos futuros**

- Se espera que se interactúe con 2 escáneres para digitalizar una pieza y cuando se tenga la pieza transformada en nube de puntos se haga la profundización de convertirla a una superficie, todo estos procesos utilizando diferentes software como por ejemplo el NX, el ANSY, el CREO, etc.
- Profundizar en el manejo de algunas herramientas especializadas del editor del artec studio® como por ejemplo la herramienta de transformación entre otras.
- Aplicar las herramientas de la ventana de vista 3D para cambiar el color, el sombreado, el modo renderizado de la pieza, estas herramientas se usaron de forma muy superficial, pero se cree que se puede usar en otras aplicaciones.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## REFERENCIAS

---

- Artec Group. (2013). *Manual Artec studio 9, version 9.2*. Luxemburgo: Artec Group.
- Benjemaa, R., & Schmitt, F. (1999). Fast global registration of 3D sampled surfaces using a multi-z-buffer technique. *Image and Vision Computing*, 113-123.
- Beraldin, J. A., Blais, F., Boulanger, P., Cournoyer, L., Domey, J., El-Hakim, S., . . . Taylor, J. (2000). Real world modelling through high resolution digital 3D imaging of objects and structures. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 230-250.
- Borg, J., Ramaseshan, R., Heaton, R., Alasti, H., & Islam, M. (2002). Application of 3d digital surface imaging for patient positioning. *International Journal of Radiation Oncology\*Biophysics*, 316-317.
- Chao, L., Qian, C., Hong, H., Chen, M., & Ajun, S. (2015). Digital three-dimensional reconstruction based on integral imaging. *Optical Review*, 427-433.
- Darvann, T. A., Larsen, P., & Hermann, N. V. (2015). 3D digital surface imaging for quantification of facial development and asymmetry in juvenile idiopathic arthritis. *Seminars in Orthodontics*, 121-124.
- Drouin, M.-A., Blais, F., & Godin, G. (2014). High Resolution Projector for 3D Imaging. *3D Vision (3DV), 2014 2nd International Conference on* (págs. 337-344). Tokyo: IEEE.
- Emrith, K., Broadbent, L., Smith, L., Smith, M., & Molleda, J. (2013). Real-time recovery of moving 3D faces for emerging applications. *Computers in industry*, 1390-1398.
- Governi, L., Furferi, R., Palai, M., & Volpe, Y. (2013). 3D geometry reconstruction from orthographic views: A method based on 3D image processing and data fitting. *Computers in industry*, 1290-1300.
- Hannus, E., & Osmo, P. (2011). Images in 3D digitizing. *Archiving 2011 Final Program and Proceedings*, 47-50.
- Hyunki, K., Yuna, K., & Soonhung, H. (2014). Automatic 3D City Modeling Using a Digital Map and Panoramic Images from a Mobile Mapping System. *Mathematical Problems in Engineering*, 305-310.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Johnson, A. E., & Bing Kang, S. (1999). Registration and integration of textured 3D data. *Image and Vision Computing*, 135-147.
- Kovács, G., Kohr, P., Hebbinghaus, D., Dennert, P., & Galalae, R. (1994). 20 Preliminary experiences using digital cross-section-imaging-based 3D treatment planning for interstitial brachytherapy. *Radiotherapy and Oncology*, S26.
- Lebenberg, J., Herard, A., Dubois, A., Daguuet, J., Frouin, V., Dhenain, M., . . . Delzescaux, T. (2010). Validation of MRI-based 3D digital atlas registration with histological and autoradiographic volumes: an anatomofunctional transgenic mouse brain imaging study. *Neuroimage*, 1037-1046.
- Liu, J., Zhang, J., & Xu, J. (2008). Cultural Relic 3D Reconstruction from Digital Images and Laser Point Clouds. *Image and Signal Processing, 2008. CISP '08. Congress on* (págs. 349-353). Sanya, China: IEEE.
- Marcin, M., Krzysztof, M., Urzula, T., Bartłomiej, S., Kujawinska, M., & Sieminska-Lewandowska, A. (2013). Application of 3D digital image correlation in maintenance and process control in industry. *Computers in Industry*, 1301-1315.
- Meriaudeau, F., Rantosen, R., Adal, K., Fofi, D., & Stolz, C. (2012). Non-conventional imaging systems for 3D digitization of transparent objects: Shape from polarization in the IR and shape from visible fluorescence induced UV. *3RD INTERNATIONAL TOPICAL MEETING ON OPTICAL SENSING AND ARTIFICIAL VISION* (págs. 34-40). Saint Pétersbourg: UFR Sciences et Techniques.
- Myung K., K., Chau-Jern, C., Jinwoong, K., Wolfgang, O., Pascal, P., & Hiroshi, Y. (2014). Digital Holography and 3D Imaging: introduction. *Applied Optics*, 27-53.
- Niem, W. (1998). Automatic Reconstruction of 3D Objects using a mobile camera. *Image and Vision Computing*, 125-134.
- Perez Hernandez, E., Salamanca Miño, S., Cerrada Somolinos, C., Merchan Garcia, P., & Adan Oliver, A. (2012). Relleno de huecos en mallas 3D completas mediante algoritmos de restauración de imagen. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 429-440.
- Qing, L., Zeyuan, W., Weihua, L., Zhichao, C., Ruiyang, D., & Hao, L. (2013). Model-based services convergence and multi-clouds integration. *Computers in Industry*, 813-832.
- Siqueira, M., Latecki, L., Tustison, N., Gallier, J., & Gee, J. (2008). Topological Repairing of 3D Digital Images. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 249-274.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tanaka, Y., Masamune, K., Schorr, O., Hata, N., Iseki, H., Muragaki, Y., . . . Sakuma, I. (2000). LAN based 3D digital ultrasound imaging system for neurosurgery. *Human Friendly Mechatronics*, 81-86.

Wang, Y., Ewert, D., Schilberg, D., & Jeschke, S. (2014). A New Approach for 3D Edge Extraction by Fusing Point Clouds and Digital Images. *Applied Mechanics and Materials*, 1012-1016.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## APÉNDICE A: Guía de Trabajo #1

---

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO</b> Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31

## 1. IDENTIFICACIÓN

Asignatura	DISEÑO MECÁNICO						Guía No.	1
Área	Ingeniería Aplicada			Nivel		IX		
Código	MCE92			Pensum		1		
Correquisito(s)				Prerrequisito(s)		RME84		
Créditos	4	TPS	4	TIS	8	TPT	64	
						TIT	128	
<b>TRABAJO INDEPENDIENTE</b>				<b>TRABAJO PRESENCIAL</b>				
Trabajo Teórico		Trabajo Práctico	X	Trabajo Teórico		Trabajo Práctico		

## 2. IDENTIFICACIÓN

COMPETENCIAS	CONTENIDO TEMÁTICO	INDICADOR DE LOGRO
Conecta el escáner Artec Spider® al equipo de cómputo y al suministro de corriente eléctrica. Conoce cada una de las partes del escáner.	Escáner Artec Spider®: Conociendo el equipo.	Hace las conexiones correspondientes del escáner Artec Spider® conociendo cada una de sus partes y el funcionamiento.

## 3. RECURSOS REQUERIDOS

- Laboratorio de modelado
- 1 PC (computador)
- 1 Escáner Artec Spider®
- Mesa de trabajo

## 4. PROCEDIMIENTO

### Al inicio de la práctica realizar los siguientes pasos

1. Preparar el lugar de trabajo a donde va estar sometido todo el equipo a manipular (escáner, PC y el elemento), este lugar se recomienda que sea la mesa del laboratorio. El espacio donde se va a trabajar debe estar libre de obstáculos debido a que toca moverse con el escáner y estar manipulando al mismo tiempo el software, así evitaremos accidentes con cables conectados o tropezos con el mismo equipo.
2. Cuando se recibe el escáner, se desempacan de la caja los dos cables suministrados. El primero es un cable de conexión USB y el segundo es un

	<b>GUÍA DE TRABAJO</b> Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31

cable con adaptador para el suministro de corriente eléctrica. Se conecta los dos cables correspondientes al escáner, luego se conecta a un tomacorriente de 110V el adaptador para la corriente eléctrica y el conector USB se inserta en un puerto disponible del computador. Cuando el escáner muestra un Indicador LED de color azul constante durante un corto tiempo significa que se está iniciando. Los cables del escáner se deben mantener alejados de los pies para evitar accidente o una caída del escáner. Verificar que no hallan otros dispositivos conectados por medio de conexión USB en el equipo de cómputo, para evitar la disminución de la tasa de captura del escáner e incluso el bloqueo del software. Esta conexión se puede ver en la Figura 1.



Figura 1. Conexión del escáner Artec Spider®

### 3. Partes principales del escáner Artec Spider®

- **Botón de escaneo ►**: El escáner tiene un botón deslizante en su parte superior para iniciar el escaneo (hacia arriba), este mismo botón se utiliza para detener el escaneo ■ (hacia abajo) y también para pausar el escaneo (hacia arriba cuando esté escaneando).

 Institución Universitaria	GUÍA DE TRABAJO Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31

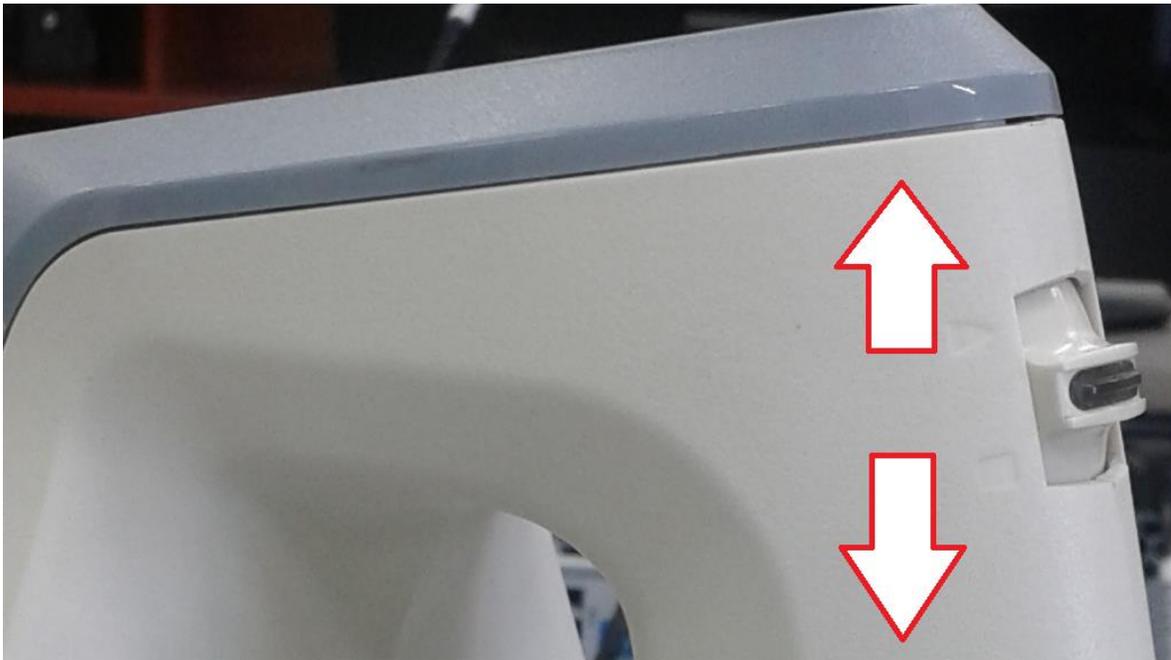


Figura 2. Botón del escáner Spider®.

- Lentes del escáner Artec Spider®:** Un escáner 3D es un dispositivo portátil de luz que captura objetos en resolución de 0.5mm y con textura. Permite digitalizar objetos en 3D, su funcionamiento es similar a una cámara de video, capturando volúmenes además de imágenes de gran calidad. El escáner es capaz de capturar tanto a los objetos inmóviles como escenas, y realizar el escaneo 3D de objetos móviles en tiempo real a una velocidad de 15 fotogramas por segundo. El escáner Artec Spider® tiene un sensor llamado CCD, es una de las partes más importantes, es el ojo de la cámara y de él depende la resolución y la calidad de la filmación, también la cantidad de fotogramas por segundo de video que puede capturar. La luz entra a través del objetivo de la cámara de video y ésta es proyectada al sensor CCD. La función del sensor es traducir la imagen óptica en electrónica, en una determinada secuencia de imágenes, analizando a su vez la luminosidad y color de la imagen, creando así la señal de video. Alrededor del sensor se encuentra varios LED (Figura 3) que permiten iluminar el objetivo a capturar. También cuenta con 3 lentes y un luminoso de color azul que sirven para procesar la imagen captura.

 Institución Universitaria	GUÍA DE TRABAJO Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31



Figura 3. Lentes del escáner Artec Spider®.

	<b>GUÍA DE TRABAJO</b> <b>Ingeniería Mecatrónica</b>	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31

## 5. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME

5.1 Se deben realizar todas las conexiones del escáner Artec Spider® con el equipo de cómputo.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Artec Group. (2013). *manual artec studio 9, version 9.2*. Luxemburgo. group, a. (s.f.). *artec 3D scanners*. Obtenido de artec 3D scanners: [http://www.artec3d.com/es/hardware/artec-spider/how\\_it\\_works/](http://www.artec3d.com/es/hardware/artec-spider/how_it_works/)

<b>Elaborado por:</b>	<i>Andrés Raúl García y Javier Gómez</i>
<b>Versión:</b>	<i>03</i>
<b>Fecha:</b>	<i>30 Julio del 2015</i>
<b>Aprobado por:</b>	<i>Julio Alberto Casas Monroy</i>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## APÉNDICE B: Guía de Trabajo #2

---

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO</b> Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31

## 1. IDENTIFICACIÓN

Asignatura	DISEÑO MECÁNICO						Guía No.	2
Área	Ingeniería Aplicada			Nivel		IX		
Código	MCE92			Pensum		1		
Correquisito(s)				Prerrequisito(s)		RME84		
Créditos	4	TPS	4	TIS	8	TPT	64	
						TIT	128	
<b>TRABAJO INDEPENDIENTE</b>				<b>TRABAJO PRESENCIAL</b>				
Trabajo Teórico		Trabajo Práctico	X	Trabajo Teórico		Trabajo Práctico		

## 2. IDENTIFICACIÓN

COMPETENCIAS	CONTENIDO TEMÁTICO	INDICADOR DE LOGRO
Abrir el software Artec Studio®. Conoce cada una de las partes necesarias para realizar el proceso de escaneo.	Software Artec Studio®: Escaneando un objeto.	Inicia el software Artec Studio para conocer las partes necesarias que permitan obtener la imagen 3D. Realiza todos los movimientos necesarios para obtener buenas capturas.

## 3. RECURSOS REQUERIDOS

- 1 PC (computador)
- 1 Escáner Artec spider®
- 1 Objeto a escanear: Alabe de turbina tipo Franci
- 1 Mesa de trabajo

## 4. PROCEDIMIENTO

Las etapas que deben realizarse para el proceso de escaneo de un objeto son:

- 4.1 **Selección del objeto:** Se debe tener la pieza que se desea escanear en el lugar de trabajo, esta superficie no debe ser brillante y tampoco negra.
- 4.2 **Preparación del escáner artec spider 3D:** Debe de estar conectado el escáner al pc y al tomacorriente.

	<b>GUÍA DE TRABAJO</b> Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31

**4.3 Configuración del software artec studio 9.2:** Este software se encuentra en el escritorio del pc portátil en un acceso directo, dar doble clic al icono artec studio, tal como se muestra en la figura 1; luego dar clic en nuevo proyecto, lo nombramos y se le da crear tal como se muestra en la figura 2.



**Figura 1. Acceso directo del programa Artec Studio®**

Antes de realizar proceso de escaneo se recomienda que no hallan otros dispositivos conectados en el ordenador a excepción del escáner, debido a que esto puede causar disminución de la tasa de captura del escáner e incluso detención de la aplicación. También se recomienda cerrar aplicaciones que no sean necesarias al momento del escaneo como internet, Word, Excel, entre otros, para ayudar al ahorro de recursos de la computadora.

 Institución Universitaria	GUÍA DE TRABAJO Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31



Figura 2. Pantalla de bienvenida.

4.4 Proceso de escaneo del objeto: En el paso anterior se selecciona la opción “crear proyecto” de allí se abrirá el software con la barra de herramienta especializada, la ventana de vista 3D y el espacio de trabajo, tal como se muestra en la figura 3.

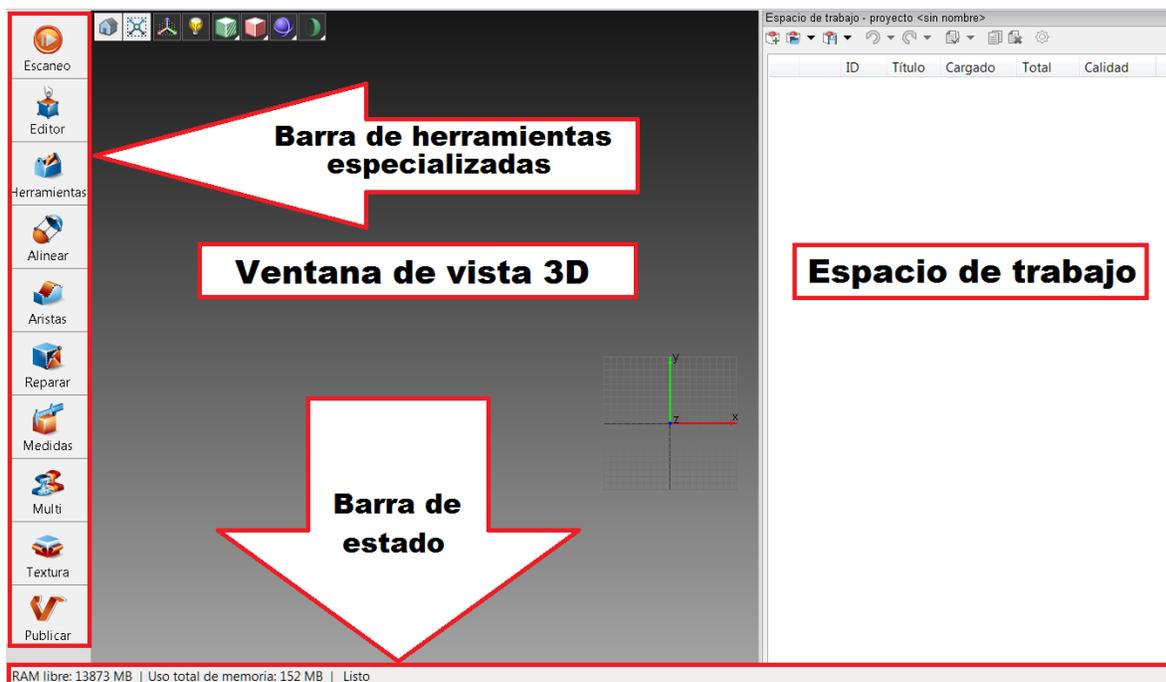


Figura 3. Partes principales del Software.

	<p>GUÍA DE TRABAJO Ingeniería Mecatrónica</p>	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31

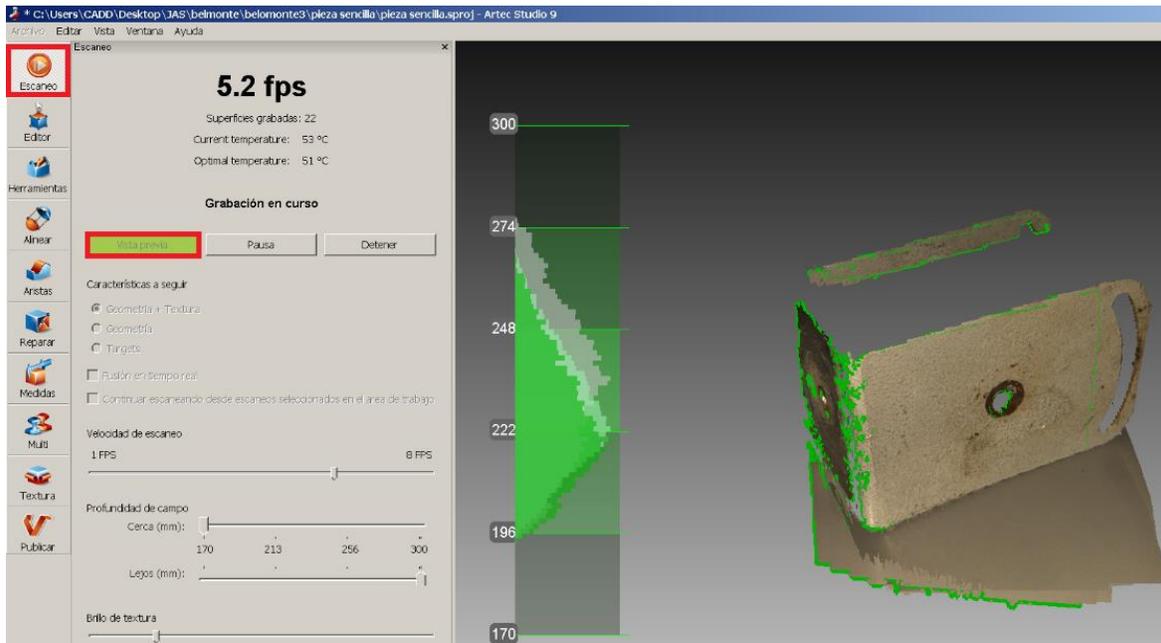
Para empezar con la manipulación del escáner se debe tener en cuenta que este es un equipo muy costoso y delicado por tanto se debe tomar con mucha precaución, apuntar los lentes del escáner hacia la pieza con una distancia aproximadamente de 130 mm que es la que se recomienda para una buena escaneada, esto lo podemos ver en la figura 4.



**Figura 4. Posición de escaneo adecuada.**

Cuando se apuntan los lentes hacia el objeto, en el software damos clic en escaneo que es el primer icono que se ve en la barra de herramientas especializadas, luego se abre una ventana con las opciones de vista previa, grabar y detener, damos clic en vista previa, en ese momento se puede observar que el escáner arroja unas luces que se prenden y se apagan como si fueran fotografías seguidas, en la ventana de vista 3D del software se puede ver la pieza que se tenía apuntada con el escáner, ahí se está observando cómo se va enfocando dicha pieza tal como se ve en la figura 5.

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO</b> Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31



**Figura 5. Inicio de escaneo.**

En la ventana de vista 3D se puede observar la pieza y el histograma que son los 5 cuadros ubicados en la parte izquierda de dicha ventana, este histograma es la parte más importante en la manipulación con el escáner ya que ella me va mostrando por medio de las oscilaciones de rango que se muestran dentro de este histograma de color verde las distancias que se va manejando cuando se mueve el escáner alrededor del objeto, por ejemplo si se acerca mucho el escáner al objeto, esta oscilación sube, y si se aleja mucho la oscilación baja; es por esto que debo mantener siempre está oscilación en el rango medio como se ve en la figura anterior.

Cuando se da clic en el botón “grabar”; este botón se encuentra la opción que aparece al lado del botón de “vista previa” el escáner empieza a tomar las fotogramas y se debe hacer movimientos lentos alrededor del objeto. Cuando se obtiene toda la superficie del objeto se le da clic al botón “detener” que es el botón que aparece al lado del botón “grabar”, allí el escáner se detiene y se puede observar el escaneo en la ventana de vista 3D, apareciendo en el espacio de trabajo el primer scan. El scan son las capturas que hace el escáner desde el momento que se comienza a grabar, hasta que se da clic en detener.

Cuando se está escaneando se recomienda no dejar el escáner mucho tiempo en un solo punto de la superficie y tampoco tardarse escaneando.

Con el primer escaneo que se realice, no se obtendrá la imagen 3D completamente ya que muchas veces quedan huecos y partes faltantes por los movimientos que se hicieron al escanear; es por esto que se debe escanear más de 1 vez hasta que se obtengan toda la imagen de la geometría del objeto.

	<b>GUÍA DE TRABAJO</b> <b>Ingeniería Mecatrónica</b>	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31

## 5. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME

- 5.1 El estudiante debe tomar pantallazos para evidenciar todos los procesos que se hicieron en la práctica, luego pegarlos en un documento de Word que será el formato final en donde deberá escribir detalladamente los pasos del proceso realizado.
- 5.2 Contestar las siguientes preguntas dando el porqué: ¿Tiene que ver el color del objeto en el proceso de escaneo? ¿El tamaño del objeto influye en la dificultad del proceso de escaneo?

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Artec Group. (2013). *manual artec studio 9, version 9.2*. Luxemburgo.

<b>Elaborado por:</b>	<i>Javier Gómez y Andrés Raúl García</i>
<b>Versión:</b>	<i>03</i>
<b>Fecha:</b>	<i>30 de Julio 2015</i>
<b>Aprobado por:</b>	<i>Julio Alberto Casas Monroy</i>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## APÉNDICE C: Guía de Trabajo #3

---

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO</b> Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31

## 1. IDENTIFICACIÓN

Asignatura	DISEÑO MECÁNICO						Guía No.	3
Área	Ingeniería Aplicada			Nivel		IX		
Código	MCE92			Pensum		1		
Correquisito(s)				Prerrequisito(s)		RME84		
Créditos	4	TPS	4	TIS	8	TPT	64	
						TIT	128	
<b>TRABAJO INDEPENDIENTE</b>				<b>TRABAJO PRESENCIAL</b>				
Trabajo Teórico		Trabajo Práctico	X	Trabajo Teórico		Trabajo Práctico		

## 2. IDENTIFICACIÓN

COMPETENCIAS	CONTENIDO TEMÁTICO	INDICADOR DE LOGRO
Utilizar las herramientas especializadas del software Artec Studio®. Conocer el funcionamiento de las herramientas del post-procesado.	Software Artec Studio®: Aplicando las herramientas especializadas al escaneo.	Utiliza la herramienta de alineamiento para obtener el escaneo completo del objeto. Aplica las herramientas de edición para procesar el escaneo. Exporta escaneos en formato .stl a otros software de diseño.

## 3. RECURSOS REQUERIDOS

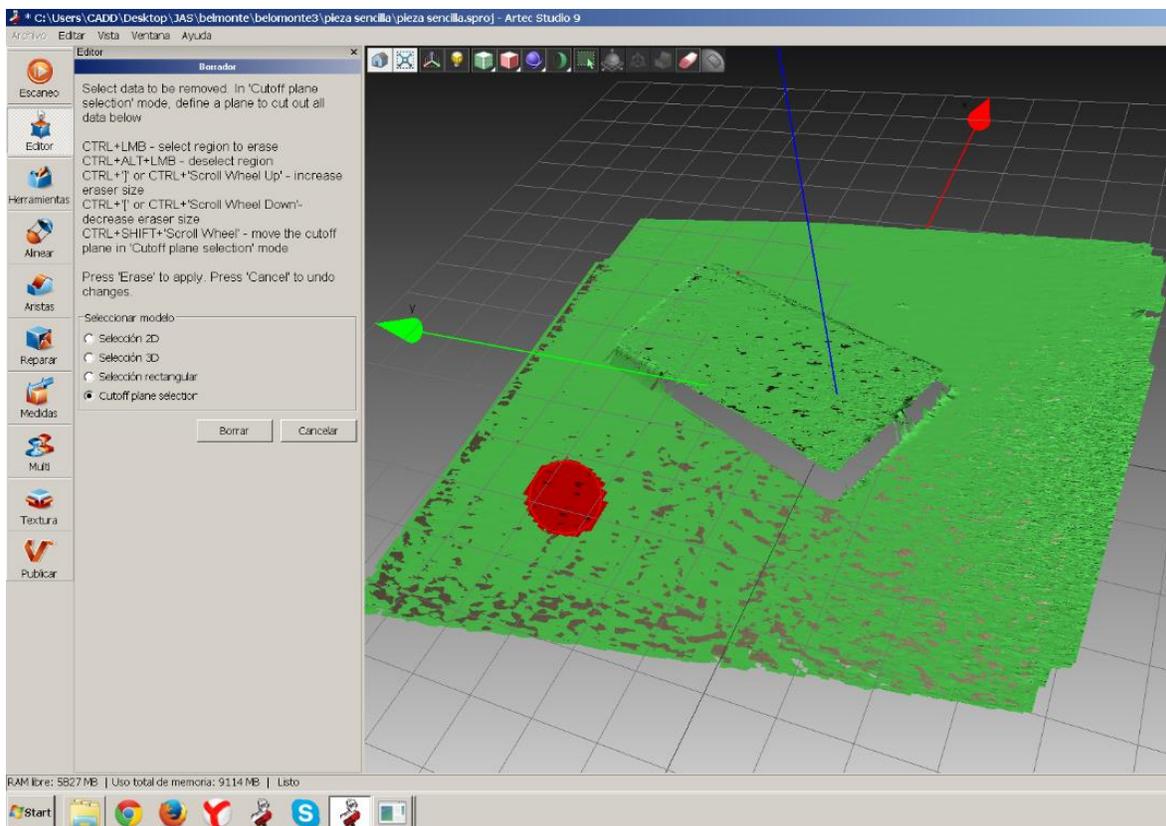
- Laboratorio de modelado
- 1 PC (computador con el software Artec Studio®)
- 1 Escáner 3D spider®

## 4. PROCEDIMIENTO

- 4.1. En esta segunda etapa se describe la aplicación de las herramientas especializadas del software Artec Studio®. antes de realizar esta guía tenga presente que ya se debió realizar la guía 1 y 2.

	<b>GUÍA DE TRABAJO</b> Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31

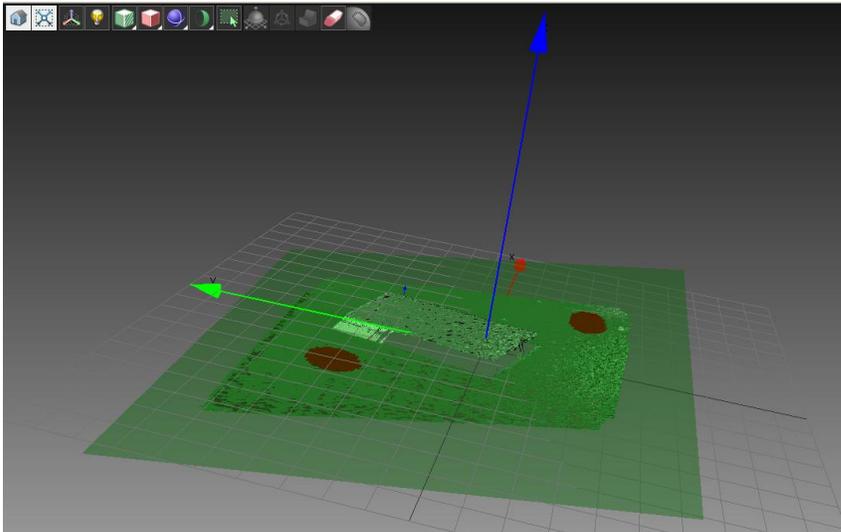
4.2. Cuando se tengan los escaneos lo más probable es que aparezca la mesa en donde se realizó el proceso de escaneo, esta mesa debe ser borrada ya que el propósito es obtener la imagen digital del objeto. Para borrar se hizo el ejemplo con una lámina y es necesario ir a la barra de herramientas especializadas y dar clic en editor, ahí se abrirá una ventana con diferentes editores, se le da clic a la opción borrador, luego seleccionar cutoff plane selector tal como se muestra en la Figura 1, de ahí se van a la ventana de vista 3D donde sale el objeto escaneado y con la tecla CTRL presionada dar clic a un punto de la superficie ubicada debajo del objeto ( la mesa), el próximo paso es desplazarse con el mouse y dar clic en otro extremo de dicha superficie con la tecla CTRL oprimida, es ahí donde se genera un plano tal como se ve en la Figura 2.



**Figura 1. Editor -Borrador-cutoff plane selector.**

En la Figura 2 se puede ver la opción de borrar en la parte izquierda, dar clic a esa opción para el respectivo borrado.

 Institución Universitaria	GUÍA DE TRABAJO Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31

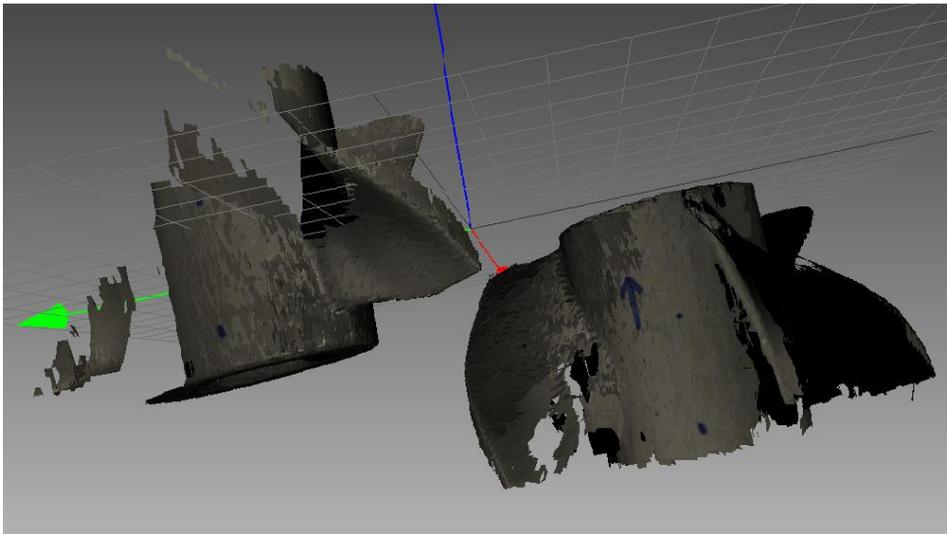


**Figura 2. Generando plano de borrado**

Cuando se obtiene el borrado de todas las superficies de cada scan, si aún siguen apareciendo partes innecesarias o quedan partes de la superficie borrada se puede utilizar otros borradores como el de selección rectangular (Figura 2), este borrador funciona con el mismo procedimiento del anterior solo que se dibuja un rectángulo a la parte que se desea eliminar.

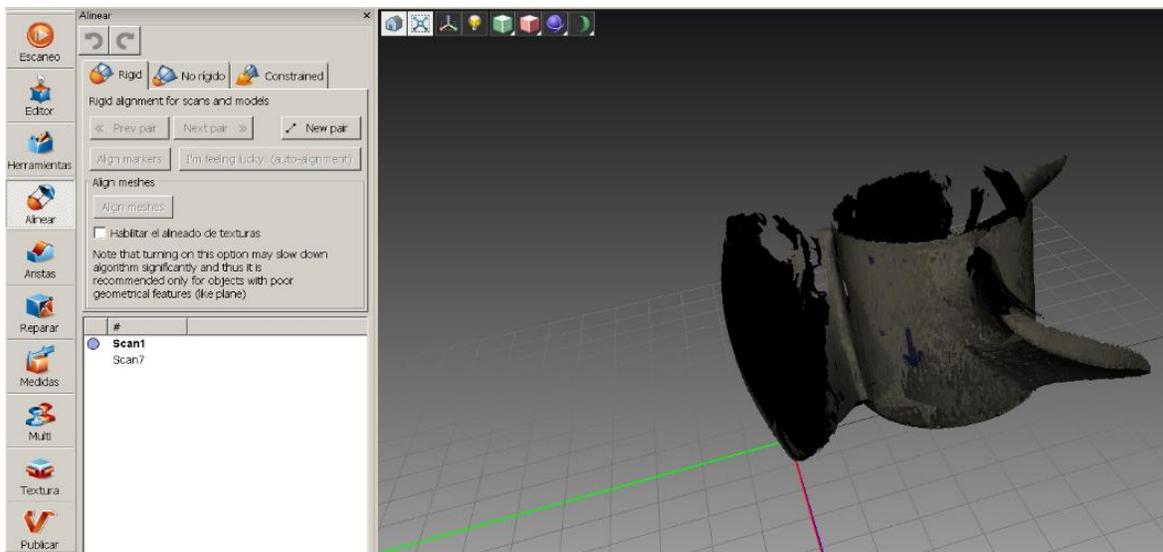
4.3. El objetivo del proceso de escaneo es que con el primer scan se capture gran parte del objeto, luego al visualizar el scan obtenido en la ventana de vista 3D observar que partes faltan por escanear, entonces en el segundo escaneo se realiza un barrido escaneando las partes faltantes del objeto. En la Figura 3 se puede observar que en el scan que aparece en la parte izquierda de la pantalla le falta una parte y el otro scan tiene esa parte faltante; esto quiere decir que se puede realizar un alineamiento puesto que los 2 scan tienen 2 puntos de referencia en común.

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO</b> Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31



**Figura 3. Dos escaneos para compensar hueco.**

4.4. Ahora se procede a alinearlos, para esto en la barra de herramientas especializadas ubicada en la parte derecha de la pantalla se da clic en alinear y aparecerá otra ventana, que en la parte de abajo de esta se puede ver los 2 scan, uno con un círculo al lado de color morado tal como se ve en la Figura 4.

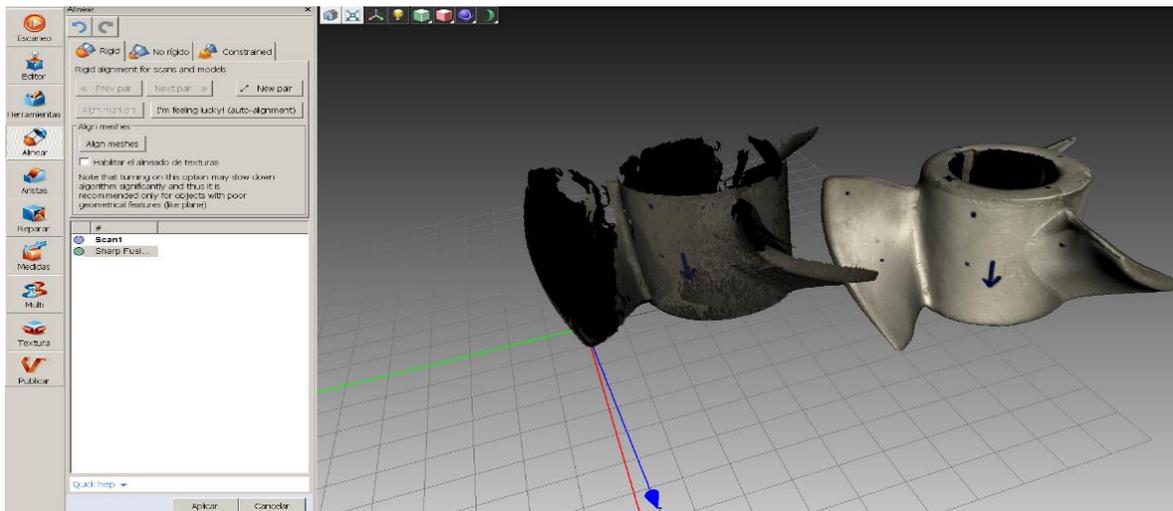


**Figura 4. Herramienta para alinear.**

**Nota:** Antes de dar clic en alinear hay que tener activado los 2  de los scan para alinear, de lo contrario aparecerá una advertencia de que no hay ningún scan seleccionado.

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO</b> Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31

4.5. El scan que muestra la pantalla de vista 3D es precisamente la del scan con el círculo morado, esto significa que este es el scan principal, al que se le desea colocar las partes faltantes. Luego se procede a seleccionar el otro scan, de ahí saldrá un círculo verde y se mostrara en la ventana de vista 3D el otro scan, tal como se ve en la Figura 5.



**Figura 5. Ventana de alinear con sus respectivos scan.**

**NOTA:** Se pueden tener los 2 scan de color morado, dando doble clic en el círculo verde; pero nunca se va a poder tener 2 scan de color verde; lo que quiere decir que no se pueden mover los 2 scan al mismo tiempo.

4.6. Para la manipulación de los scan en la ventana de vista 3D con el fin de orientarlas en una posición que se puedan observar los puntos de referencias en común que fueron marcados al inicio de la práctica, se debe tener en cuenta los siguientes comandos:

- 4.6.1. Se da la tecla SHIFT + clic derecho en el mouse sobre la ventana de vista 3D y se mueve el mouse, se va a observar que el scan que tiene el color verde va ir acercándose o alejándose a medida que se mueva el mouse.
- 4.6.2. Se da la tecla SHIFT+ clic sobre el scroll del mouse se va a observar que la pieza de color verde se va trasladando a medida que se mueva el mouse.
- 4.6.3. Se da la tecla SHIFT+ clic izquierdo en el mouse sobre la ventana de vista 3D y se mueve el mouse, la pieza de color verde va rotando.
- 4.6.4. Se da la tecla SHIFT+ scroll hacia arriba y abajo y muestra el zoom de la pieza de color verde.

 Institución Universitaria	GUÍA DE TRABAJO Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31

4.6.5. Si se hace todos los procedimientos de los comandos anteriores pero sin la tecla SHIFT se dará la misma función pero moviendo ambas piezas al mismo tiempo en la ventana de vista 3D.

4.7. Antes de trazar los puntos para realizar el alineamiento es necesario hacer un Zoom con el botón “Scroll” del mouse a cada uno de los escaneos para obtener una mejor precisión del alineamiento.

4.8. Dando clic a cada uno de los puntos de referencias común entre los dos escaneos, aparecerá 1 punto de determinado color tal como se muestra en la Figura 6.

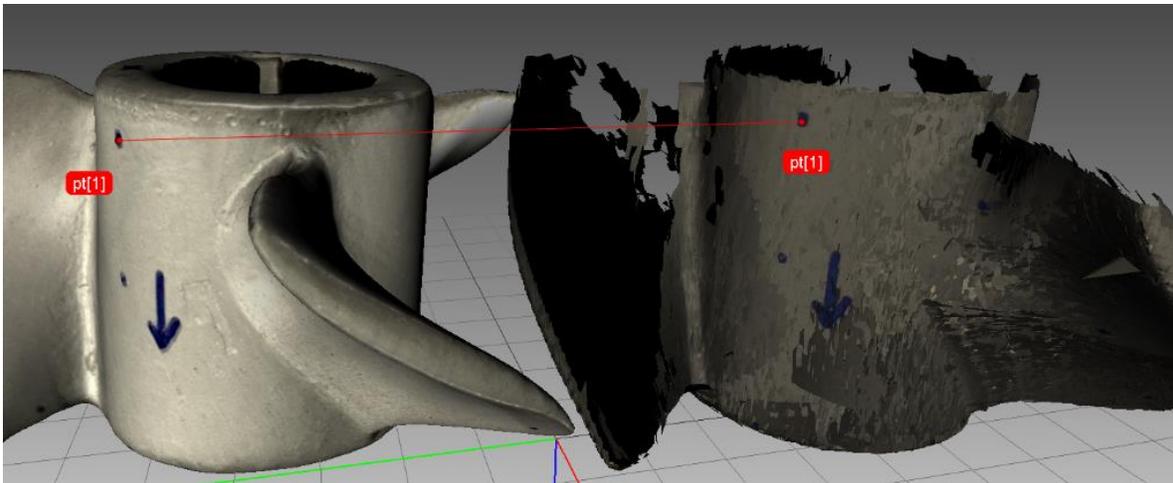


Figura 6. Trazando puntos para el alineamiento.

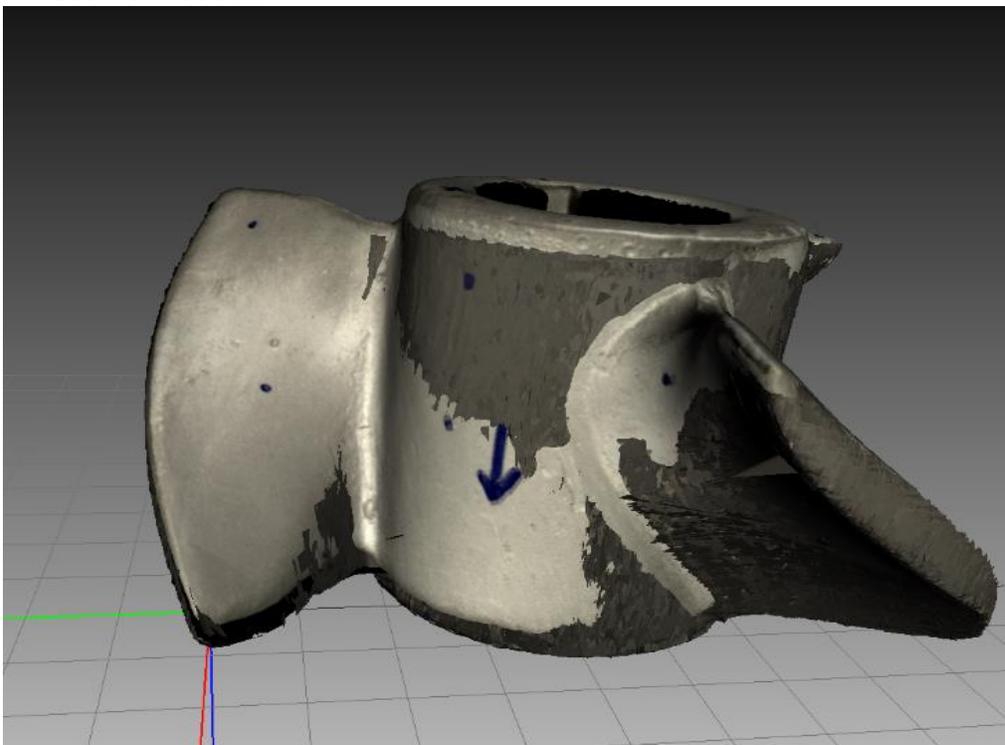
4.9. Luego se hace lo mismo para trazar los demás puntos que se deseen para obtener el alineamiento; lo recomendado son 3 puntos como mínimo y si están dispersos uno del otro mucho mejor.

**NOTA:** Si por algún error se coloca el punto donde no es, dar clic sobre el punto y luego dar a la tecla suprimir (supr) inmediatamente este punto se elimina. Si por algún motivo al seleccionar el primer punto y luego al seleccionar el otro punto no aparece la línea que une los 2 puntos, se debe dar clic en el botón “new pair” que se puede ver en la Figura 5, al dar clic se generará el par de puntos.

4.10. Cuando se tenga los puntos necesarios para alinear se da clic en el botón “Aplicar” (Figura 5). De ahí aparecerá la pieza alineada tal como se muestra en la Figura 8.

	<b>GUÍA DE TRABAJO</b> Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31

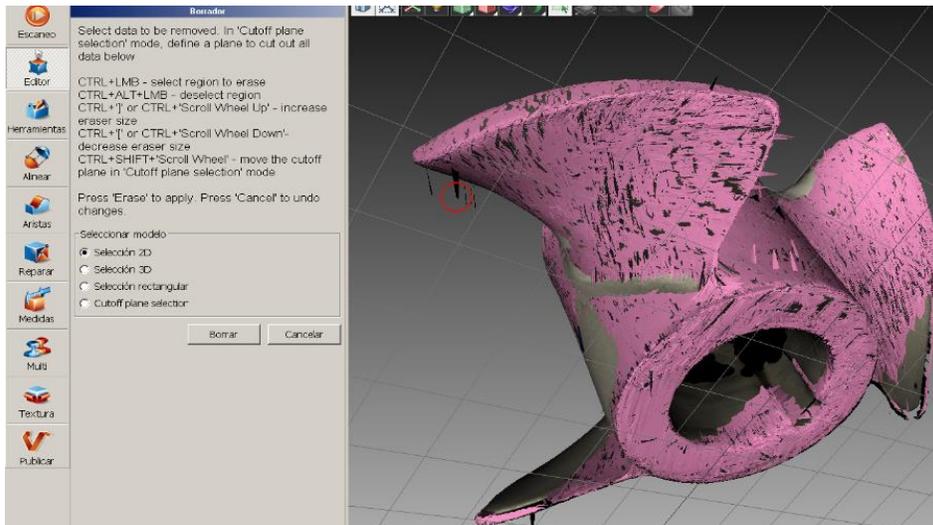
- 4.11. Luego se procede a observar si con esos 2 alineamientos basta para tener la imagen completa, si todavía existen huecos o partes faltantes, se debe escanear de nuevo buscando capturar esas partes faltantes con el escáner y también los puntos de referencia necesarios para guiarse cuando se vaya a realizar el alineamiento.
- 4.12. Al obtener el scan necesario y se crea que es suficiente para completar la imagen en 3D se debe hacer de nuevo el proceso para alinear, pero se debe tener en cuenta que los 2 scan alineados inicialmente deben estar seleccionados con el círculo de color morado y el tercer scan obtenido debe estar seleccionado con el círculo de color verde, pues de no ser así se desalineará los 2 primeros scan alineados.



**Figura 7. Pieza alineada.**

- 4.13. Cuando se obtiene el alineamiento completo del objeto se debe seleccionar en la barra de herramientas especializadas el botón de “editor” y luego el “borrador” y se escoge el “borrador 2D”, este borrador se utiliza igualmente que los anteriores con la tecla CTRL presionada y se le cambia el tamaño con el botón “scroll” del mouse, para eliminar pequeñas partículas que quedan alrededor del objeto. Si por algún motivo se borran parte accidentalmente se utiliza la opción CTRL + Z para deshacer los cambios.

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO</b> Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31

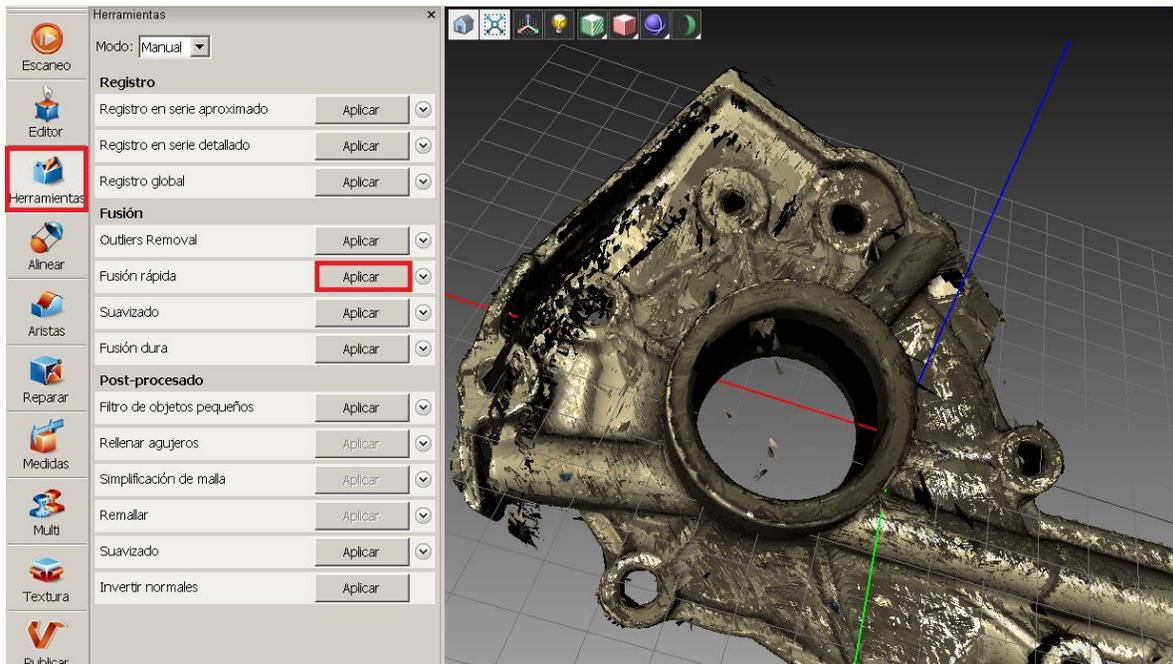


**Figura 8. Herramienta borrador 2D.**

En esta última etapa se describen los pasos a seguir para llevar a cabo el procesamiento final, exportación y guardar la imagen 3D.

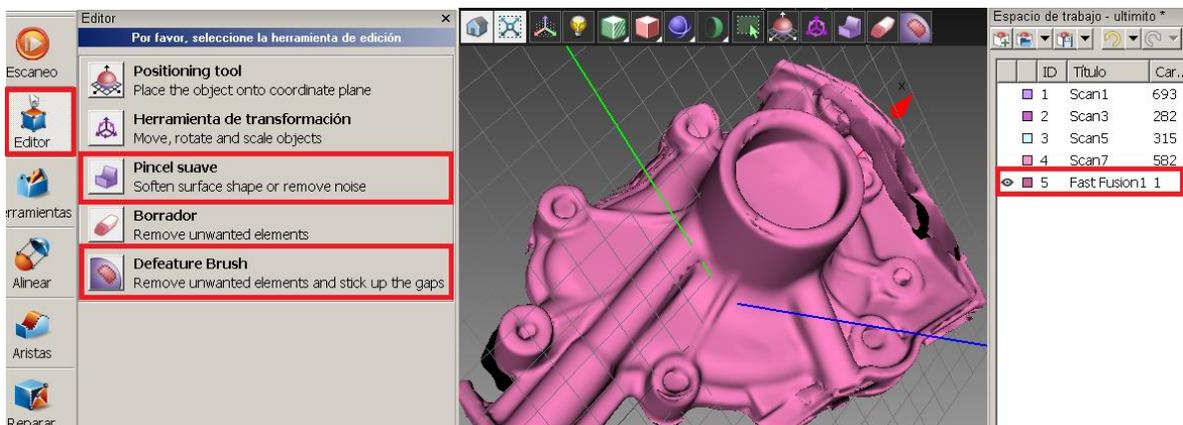
4.1 Al finalizar el proceso de alineamiento y edición, la pieza queda con partes defectuosas como sombras, partes brillantes, rallas; entonces se le da clic en el botón herramientas del menú principal del software artec studio® y se selecciona la opción registro global, el cual mejorará todas las imperfecciones nombradas anteriormente. En ese mismo menú se encuentran las opciones de fusión rápida, fusión suavizada y fusión dura; se da clic en el botón Aplicar a la opción de fusión rápida para perfeccionar curvas y bordes defectuosos que tenga la pieza. Este menú se muestra en la Figura 9.

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO</b> Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31



**Figura 9. Herramienta de registro global y Fusión rápida.**

4.2 Cuando finaliza el proceso de fusión rápida el software arroja un nuevo escaneo en el espacio de trabajo llamado Fast Fusión1. Luego se le da clic al menú Editor y se selecciona la opción Defeature Brush (removedor de defectos), encargada de remover defectos y quitar volúmenes. En la Figura 10 se visualiza el resultado de la fusión rápida y el menú Editor con las opciones mencionadas anteriormente.

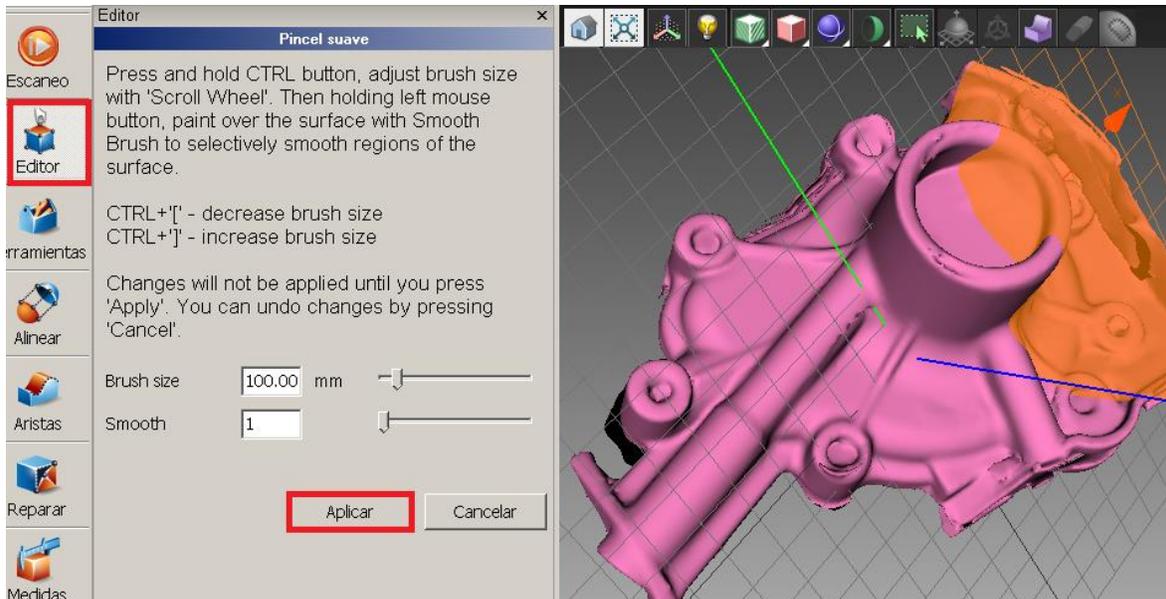


**Figura 10. Fusión rápida terminada y removedor de defectos.**

4.3 Luego de remover las partes defectuosas y quitar volúmenes, nuevamente en el menú Editor se selecciona la opción Pincel suave, también indicada en la Figura 10, y manteniendo presionado el botón CTRL del teclado y el botón izquierdo del mouse al mismo tiempo se selecciona la parte que se quiere

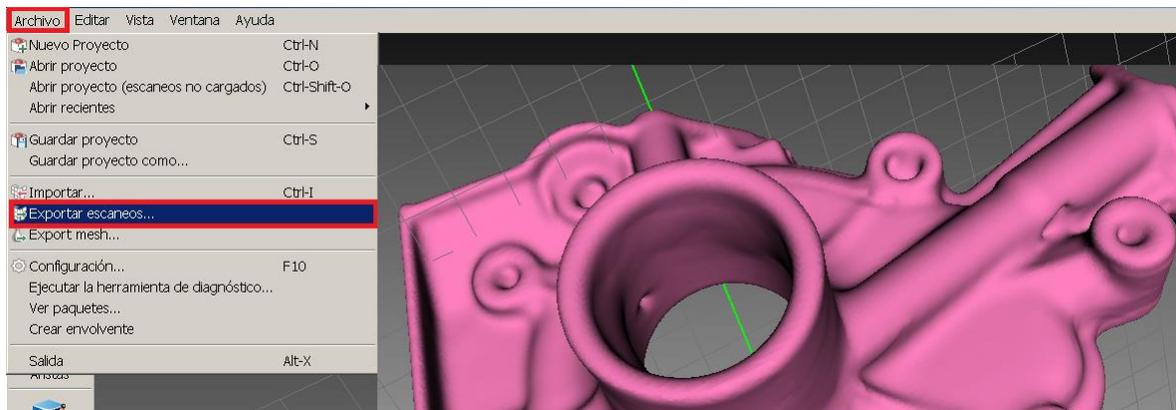
 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO</b> Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31

pulir con el pincel suave y se le da clic en el botón Aplicar después de seleccionar la parte deseada. Esta herramienta es la encargada de pulir las partes defectuosas y suavizar partes voluminosas (quitar volumen) que quedaron después de usar la herramienta “Defeature Brush”. Tenga en cuenta utilizar el pincel suave en la misma parte que fue usada la herramienta Defeature Brush. El procedimiento con el pincel suave se observa en la Figura 11.



**Figura 11. Aplicando el pincel suave a la pieza escaneada.**

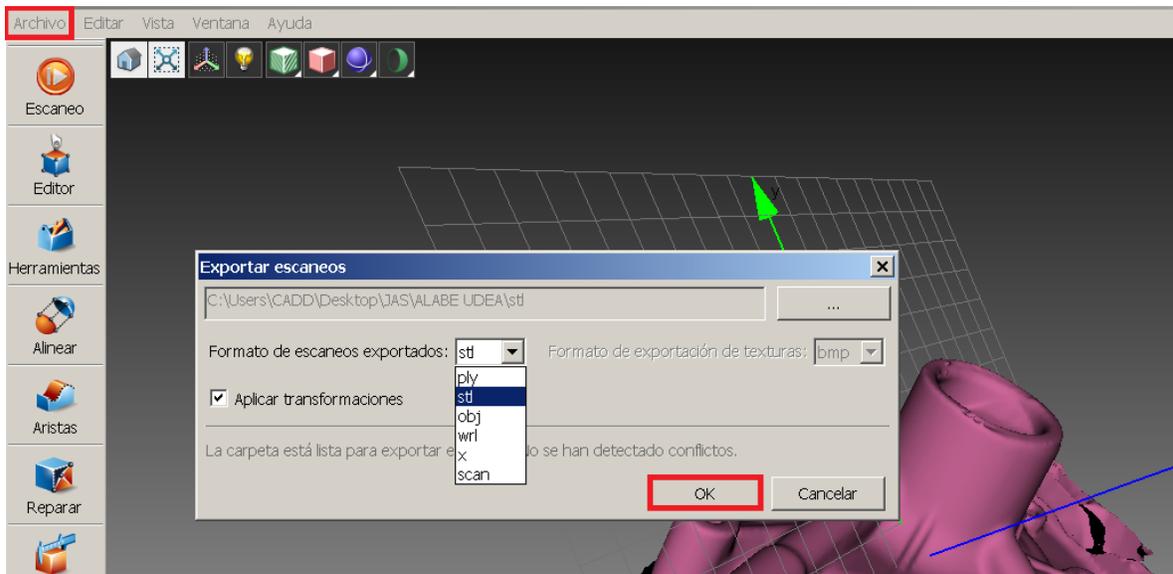
4.4 Para terminar, se procede a guardar y exportar el escaneo resultante a cualquier programa de diseño. Para ello se da clic en la pestaña Archivo ubicado en la esquina de la parte superior de la ventana del programa y se selecciona la opción “Exportar escaneos”, como se muestra en la Figura 12.



**Figura 12. Exportar escaneos.**

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO</b> Ingeniería Mecatrónica	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31

4.5 Inmediatamente aparece una ventana pequeña la cual se muestra en la Figura 13, en donde se debe escoger el tipo de archivo deseado a guardar y posteriormente exportar. El software arroja varios tipos de archivos como: .ply, .stl, .x, .scan. En este caso se guardará en .stl debido a que es el formato entregado por el artec studio® con mayor compatibilidad en los softwares CAD que hay en la institución, al final se le da clic en el botón OK.



**Figura 13. Guardando en formato .stl**

## 5. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME

**5.1. El estudiante debe tomar pantallazos de los procedimientos utilizados tanto de los borradores como del alineamiento.**

**5.2. Sacar conclusiones de los resultados obtenidos de cada uno de los borradores utilizados y del alineamiento.**

**5.3. Contestar las siguientes preguntas:**

5.3.1. *¿Porque es importante marcarle puntos a la pieza antes de ser escaneada?*

5.3.2. *¿Para alinear una pieza basta con un solo par de puntos? ¿Explica por qué?*

5.3.3. *¿El borrador de sección rectangular es el mismo de selector de plano de corte? ¿Explica por qué? ¿Y si son diferentes en que se diferencian?*

	<b>GUÍA DE TRABAJO</b> <b>Ingeniería Mecatrónica</b>	Código	FDE 048
		Versión	03
		Fecha	2015-07-31

5.3.4. ¿Cuántos puntos de deben utilizar para generar un borrador de plano de corte y si para generarlo se coloca un punto a la pieza, que pasara con ella?

5.3.5. ¿Qué herramienta es indispensable utilizar después de aplicar el removedor de defectos (Defeature Brush)?

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Artec Group. (2013). *manual artec studio 9, version 9.2*. Luxemburgo.  
group, a. (s.f.). *artec 3D scanners*. Obtenido de artec 3D scanners:  
[http://www.artec3d.com/es/hardware/artec-spider/how\\_it\\_works/](http://www.artec3d.com/es/hardware/artec-spider/how_it_works/)

<b>Elaborado por:</b>	<i>Andrés Raúl García y Javier Gómez</i>
<b>Versión:</b>	<i>03</i>
<b>Fecha:</b>	<i>31 de Julio de 2015</i>
<b>Aprobado por:</b>	<i>Julio Alberto Casas Monroy</i>

