



Fabricación avanzada de productos manufactureros
tradicionales mediante tecnologías de Additive
Manufacturing

E5.3 Informe de fabricación de prototipos personalizados funcionales por FDM del sector calzado

Fecha entregable: 30/Abril/2016



Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"

TABLA DE CONTENIDOS

1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO	3
2. DETALLES DEL ENTREGABLE.	4
3. DISEÑO DE PIEZAS PROTOTIPO	5
4. FABRICACIÓN DE LAS PIEZAS PROTOTIPO DEMOSTRADORES CON DIFERENTE FUNCIONALIDAD.....	12
5. CARACTERIZACIÓN DE LAS PIEZAS OBTENIDAS Y VALIDACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD. ...	19

1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO.

Título del proyecto: Fabricación avanzada de productos manufactureros tradicionales mediante tecnologías de additive manufacturing

Acrónimo: AMFAB-II

Programa de trabajo: IVACE. Ayudas dirigidas a centros tecnológicos de la Comunidad Valenciana para 2016 (IMDECA2016/3).


Fecha de comienzo: 1 de Enero de 2016

Duración: 12 meses

Lista de participantes:

Participante No.	Nombre organización participante.	Nombre abreviado	Lugar
1 (Coord.)	Asociación de Investigación de la Industria del Juguete, Conexas y Afines	AIJU	Ibi
2	Instituto Español del Calzado y Conexas	INESCOP	Elda
3	Instituto Tecnológico textil	AITEX	Alcoy

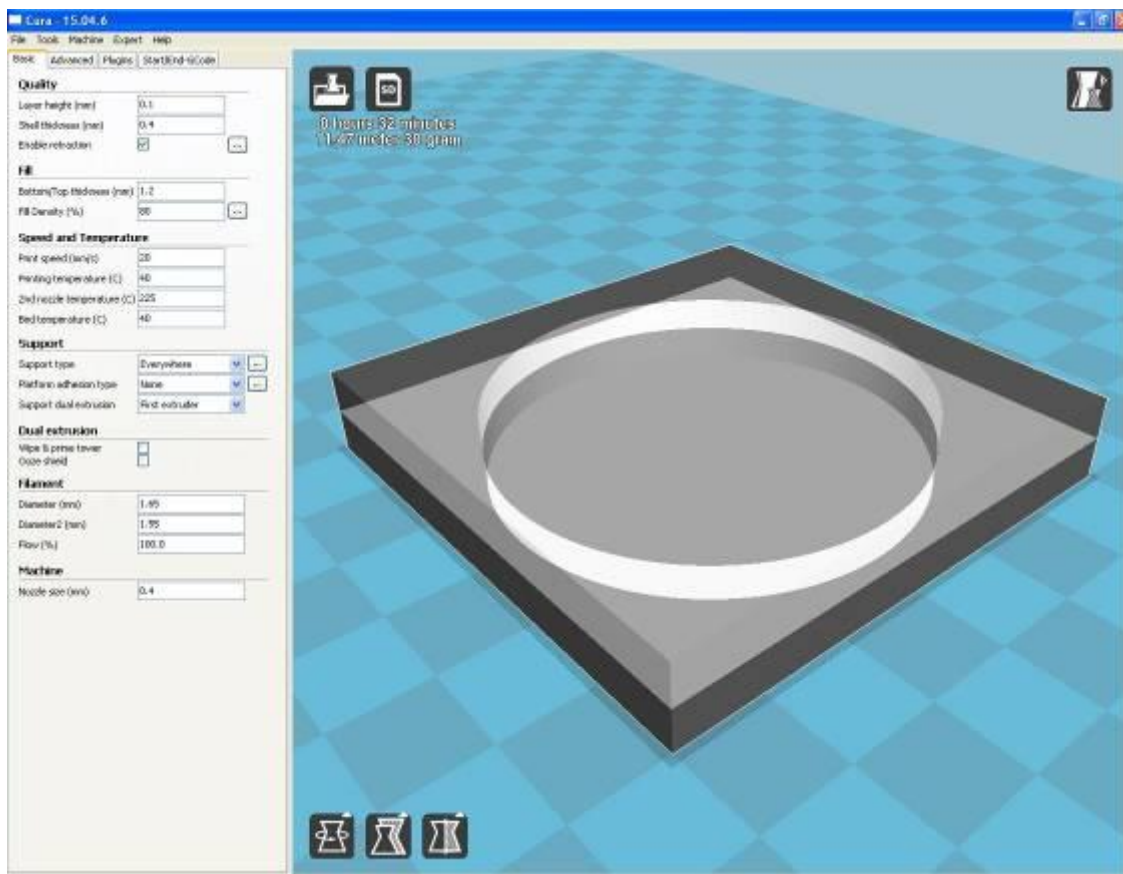
2. DETALLES DEL ENTREGABLE.

Entregable número:	E5.3.
Título den entregable:	Prototipos personalizados funcionales de calzado
Periodo:	07/2016 – 12/2016
Paquete trabajo:	PT5.Desarrollo de demostradores de juguete, textil y calzado mediante FDM con materiales funcionales
Tarea:	Tarea 5.3. Obtención y caracterización de piezas finales para el sector calzado
Autor:	Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas  INESCOP <small>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL CALZADO Y CONEXAS</small>
Resumen:	En el presente informe se va a resumir todo el proceso seguido para la fabricación y caracterización de diferentes piezas del sector calzado, mediante técnicas de FDM, utilizando los materiales con propiedades específicas y utilizando las diferentes herramientas software de diseño desarrolladas en el proyecto, las cuales servirán para demostrar la viabilidad de la nueva tecnología planteada.

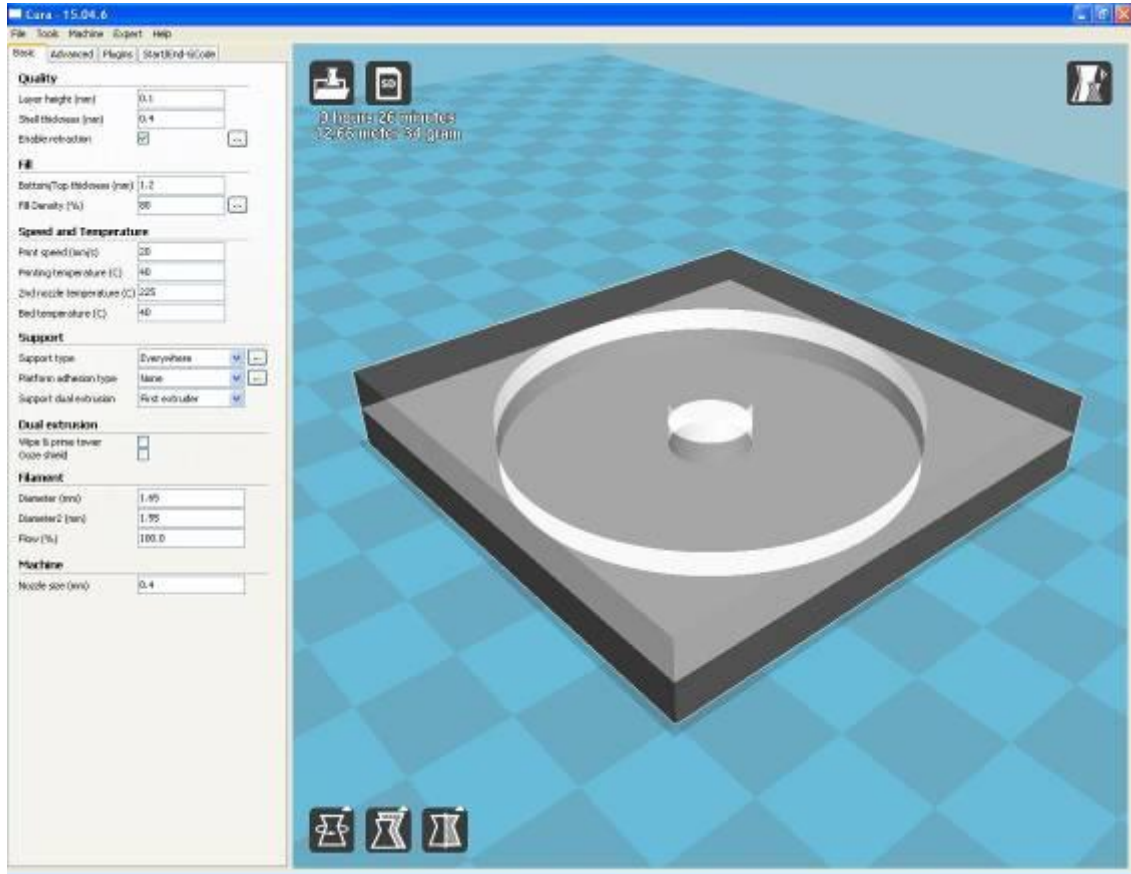
3. DISEÑO DE PIEZAS PROTOTIPO

Si bien durante la primera anualidad se diseñaron y se fabricaron una serie de piezas prototipo cuya finalidad principal era la de optimizar todos los parámetros del proceso de producción de las piezas; desde perfeccionar el diseño software de las piezas para que después puedan ser fabricadas de la manera más fácil posible, hasta la depuración del funcionamiento de los cabezales extrusores diseñados para trabajar con los materiales desarrollados por Inescop, en esta segunda anualidad esta tarea de diseño de las piezas ha estado centrada en la optimización de la geometría y estructura interna de piezas tales como plantillas, tacones de diseño y piezas técnicas para calzado deportivo, mediante el software, para que cumplan con los requisitos establecidos. Se han optimizado los procesos de diseño de manera que a la hora de convertir los ficheros *.stl de las piezas diseñadas al formato de fichero que el software de gestión de la impresora 3D es capaz de leer no exista ningún problema. Se ha tenido especial cuidado en el diseño de piezas que incluyan algún tipo de “cámara de aire”, teniendo que diseñarse de una manera especial (en dos partes que luego se unen) para una correcta generación del fichero *.stl.

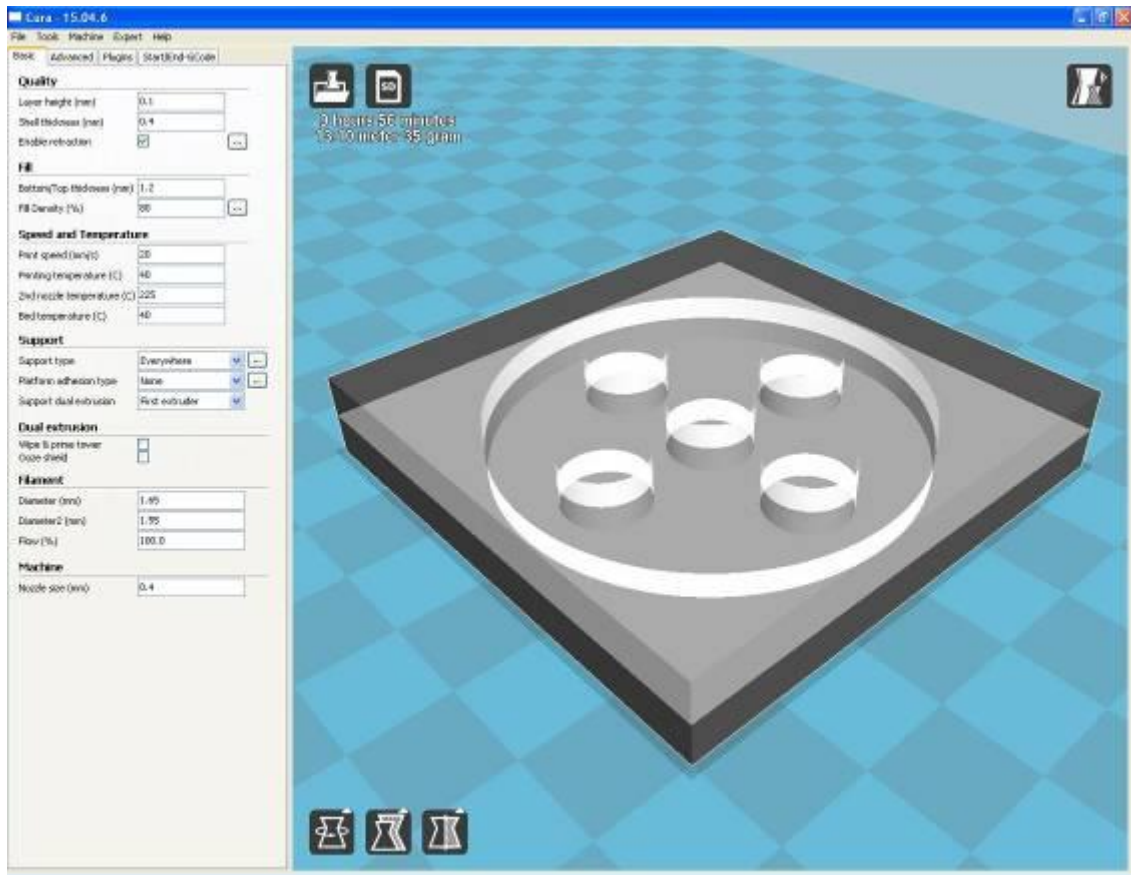
A continuación se muestran todas las piezas generadas en esta tarea:



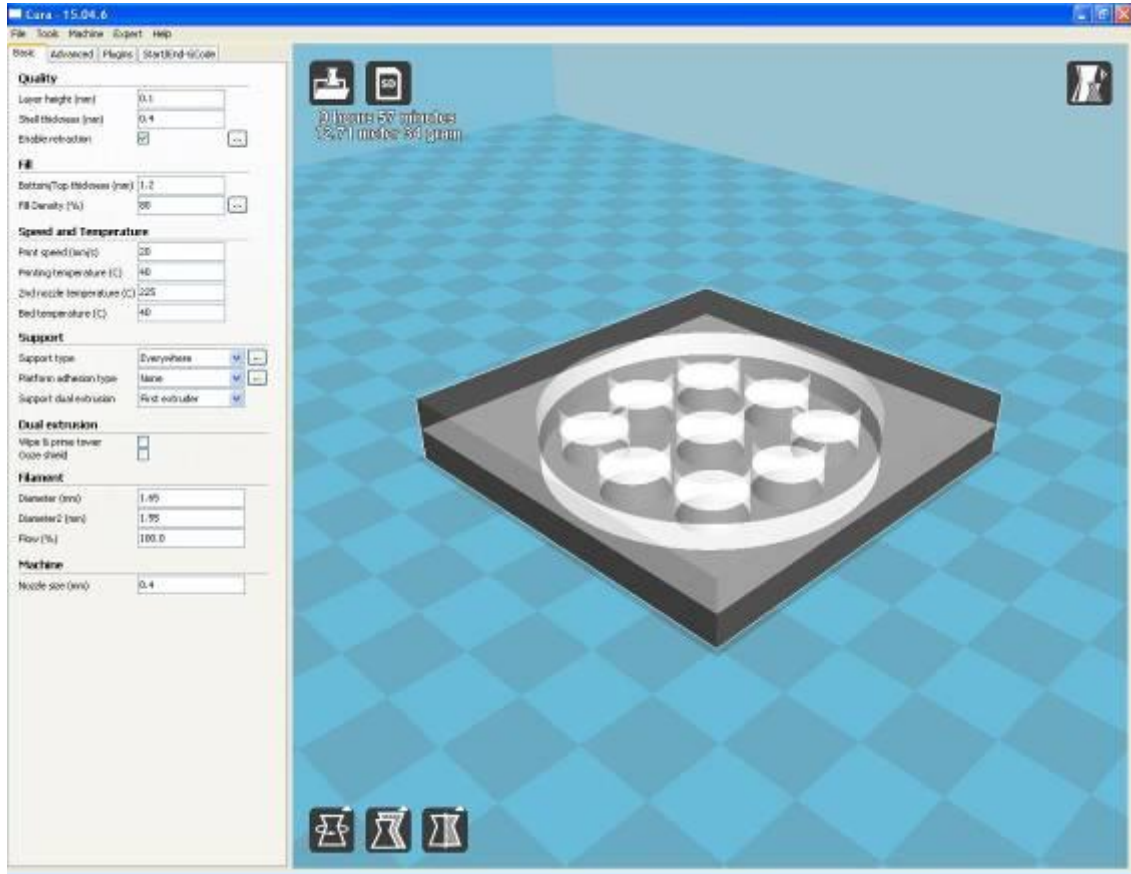
Pieza 01



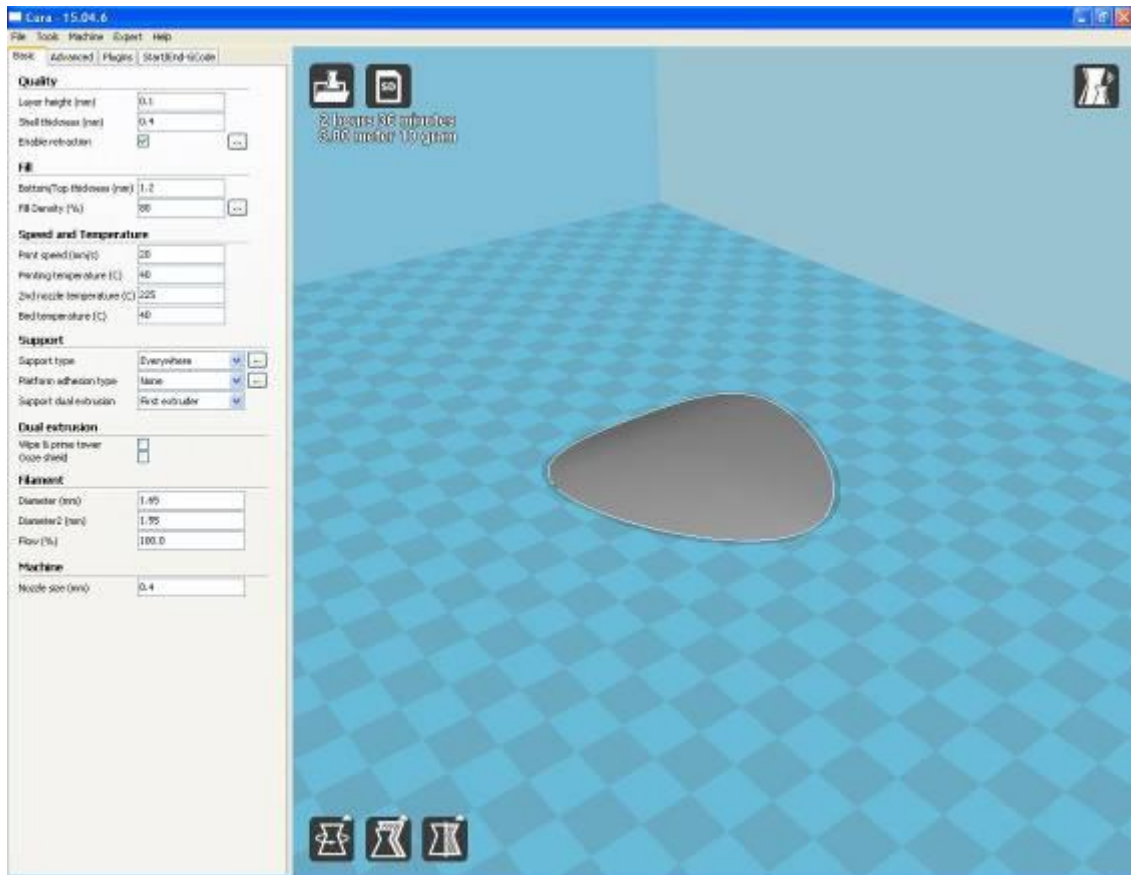
Pieza 02



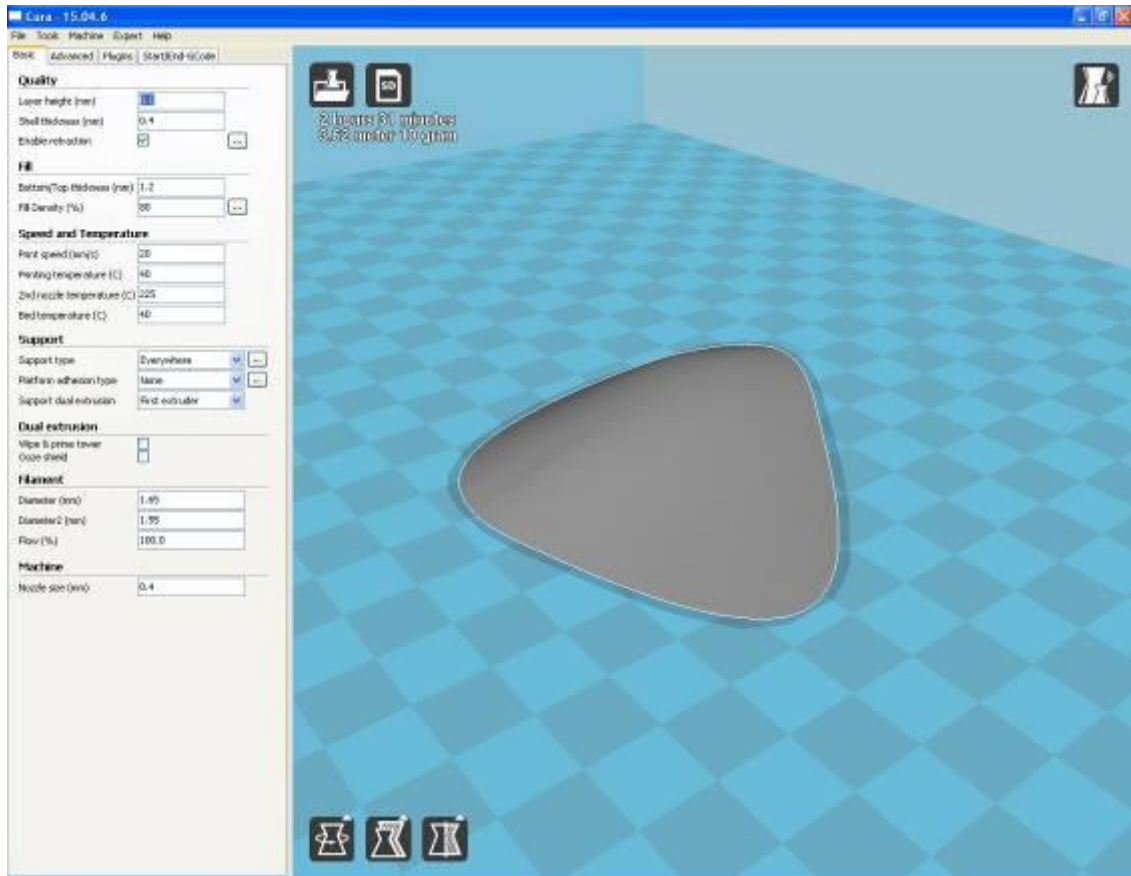
Pieza 03



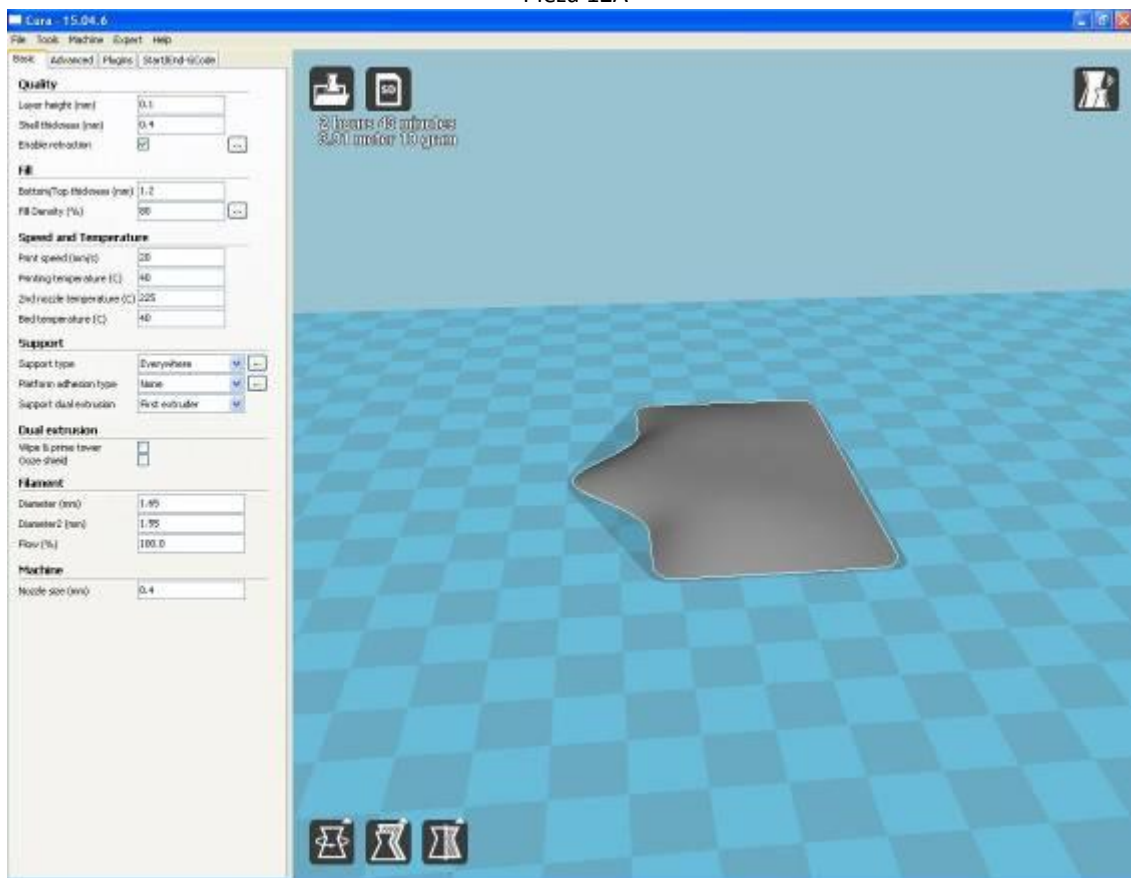
Pieza 04



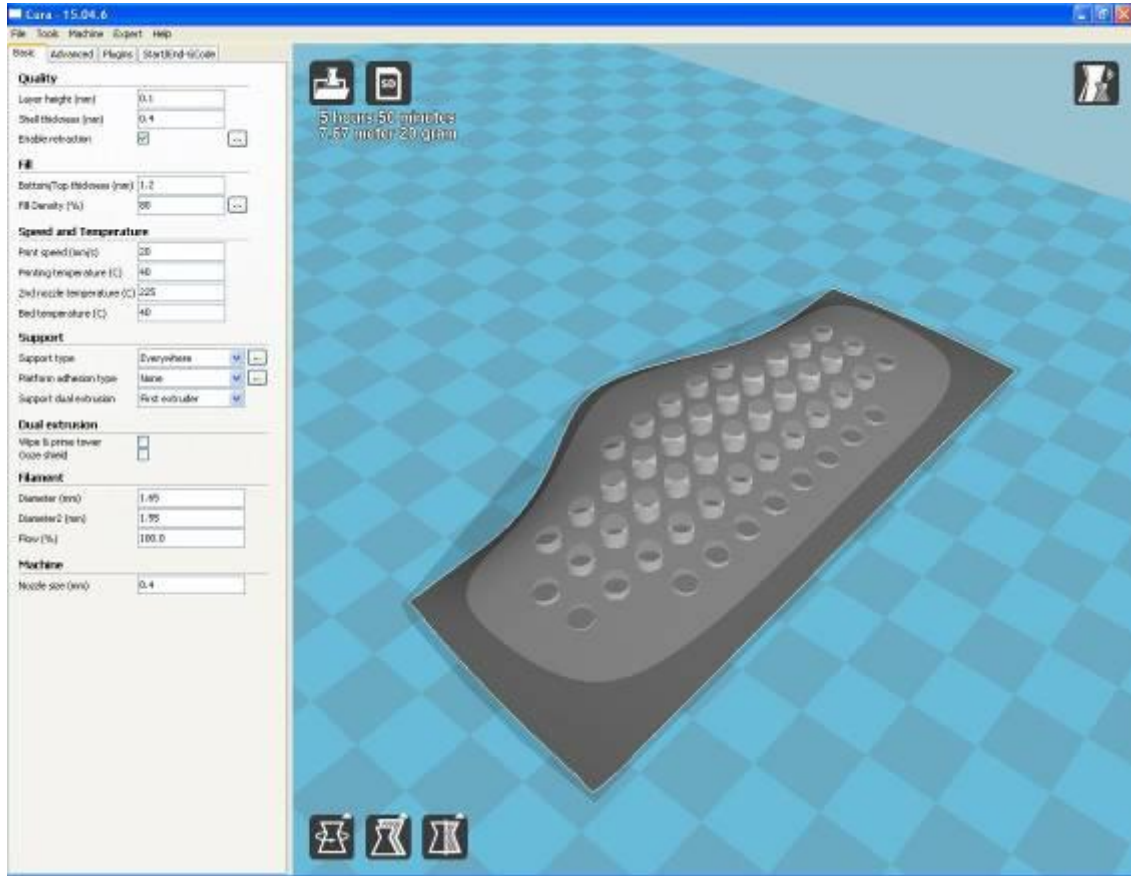
Pieza 11A



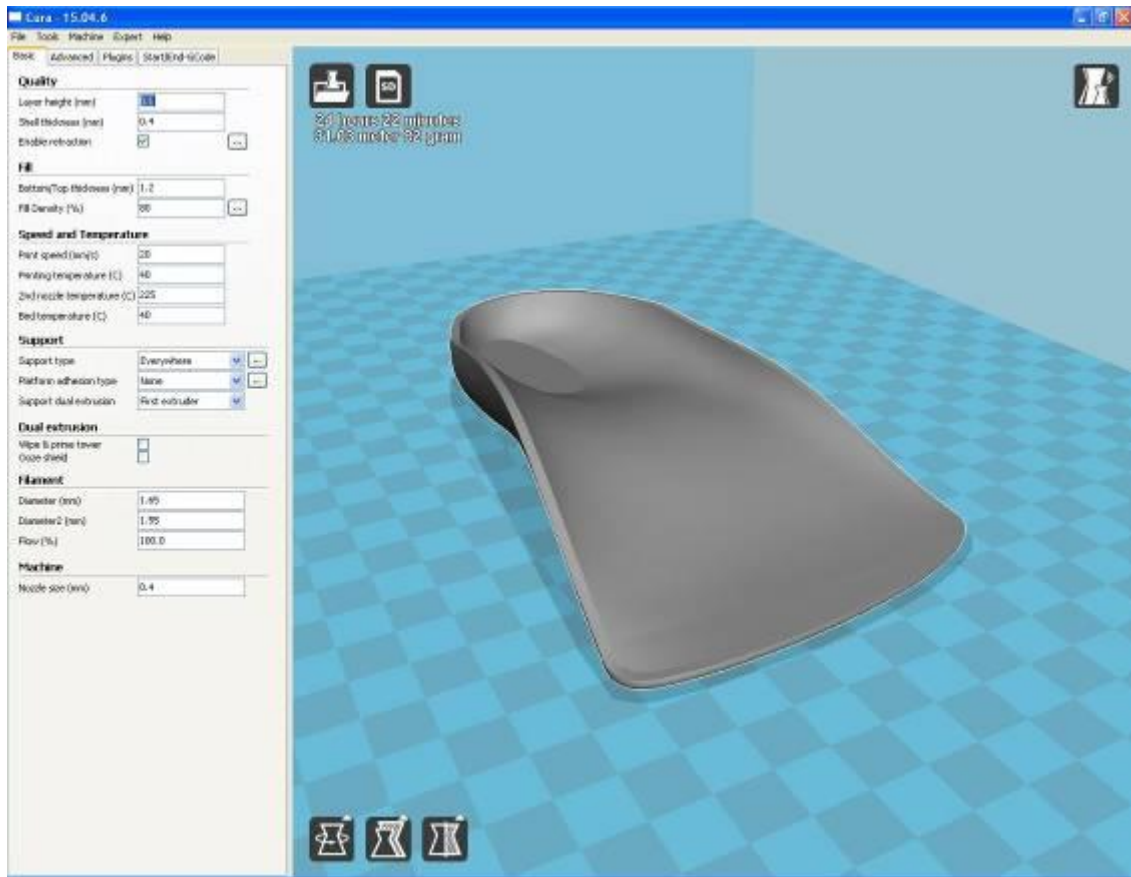
Pieza 12A



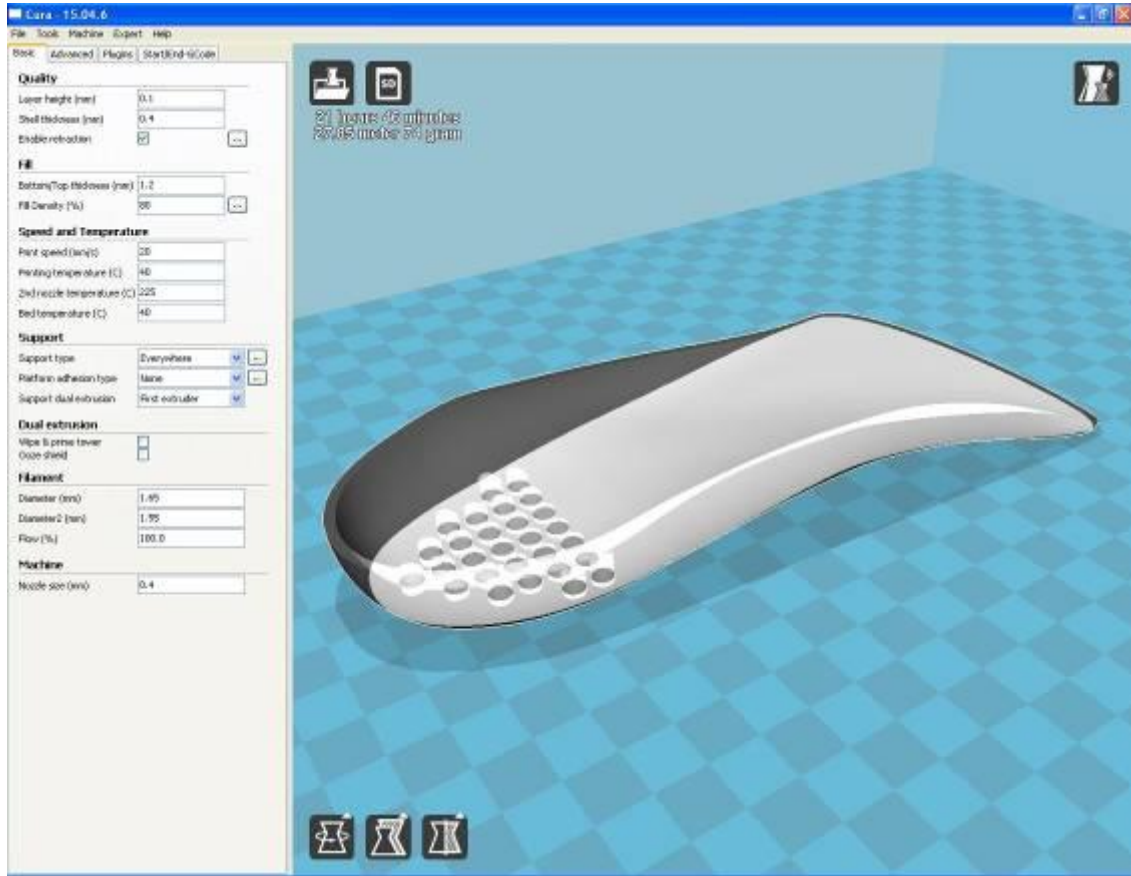
Pieza 13A



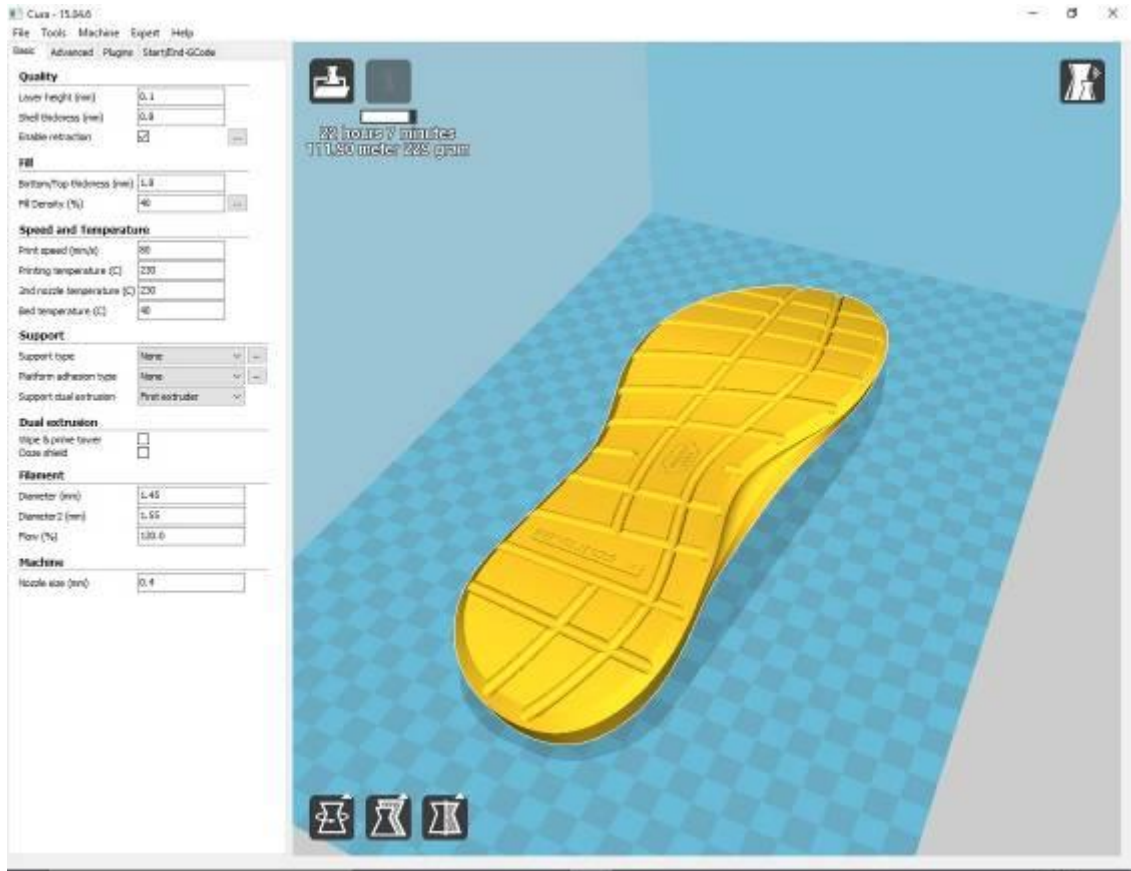
Pieza 14A



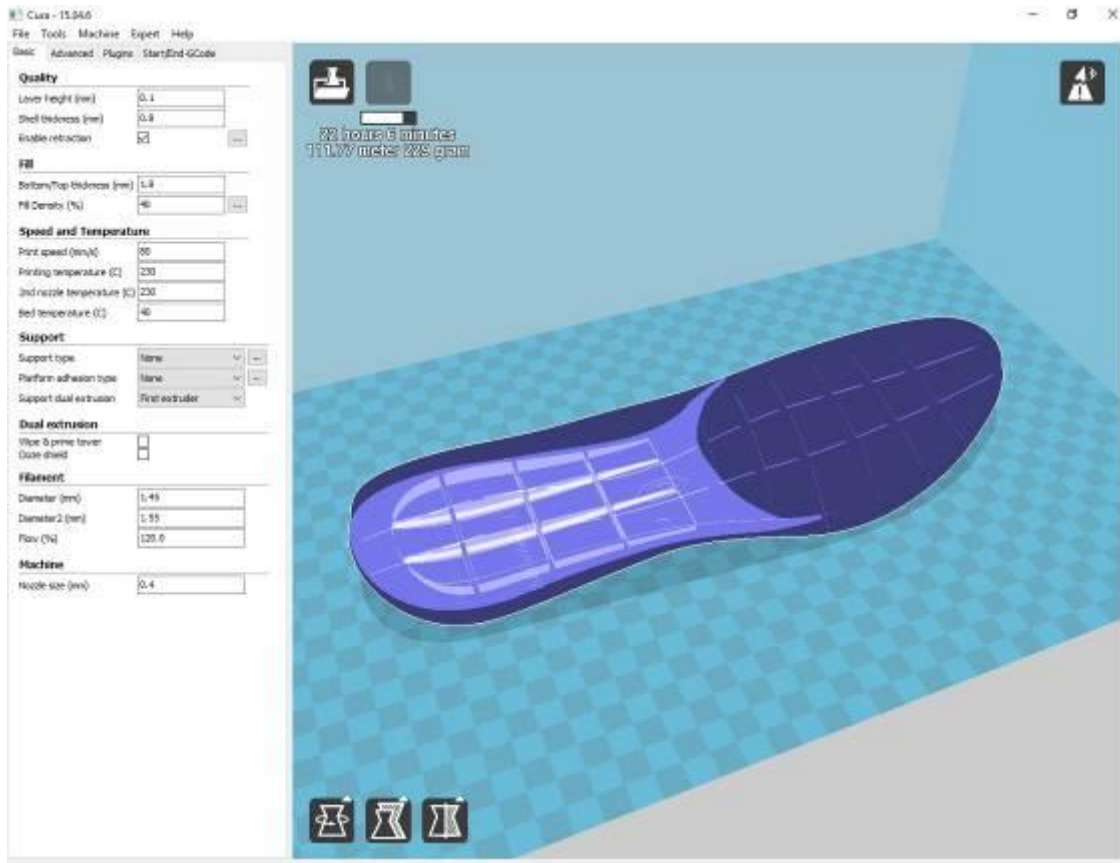
Pieza 21A



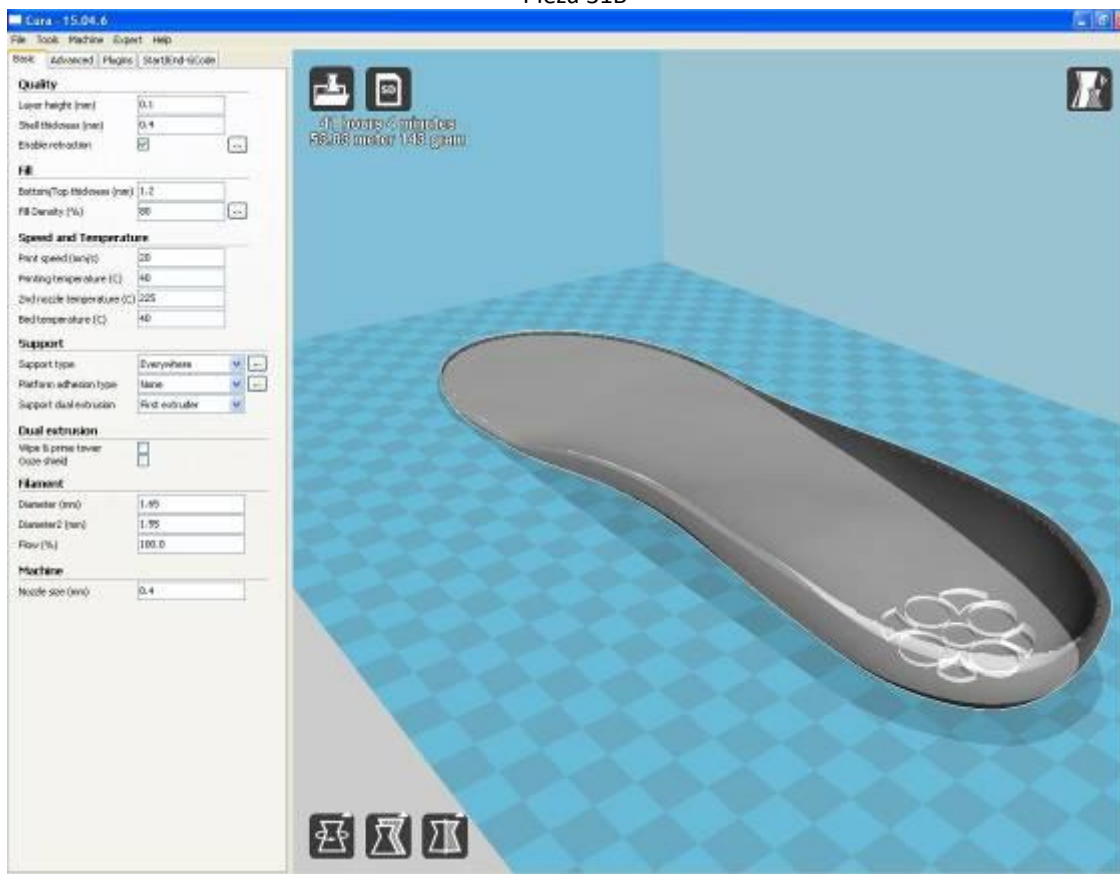
Pieza 22X



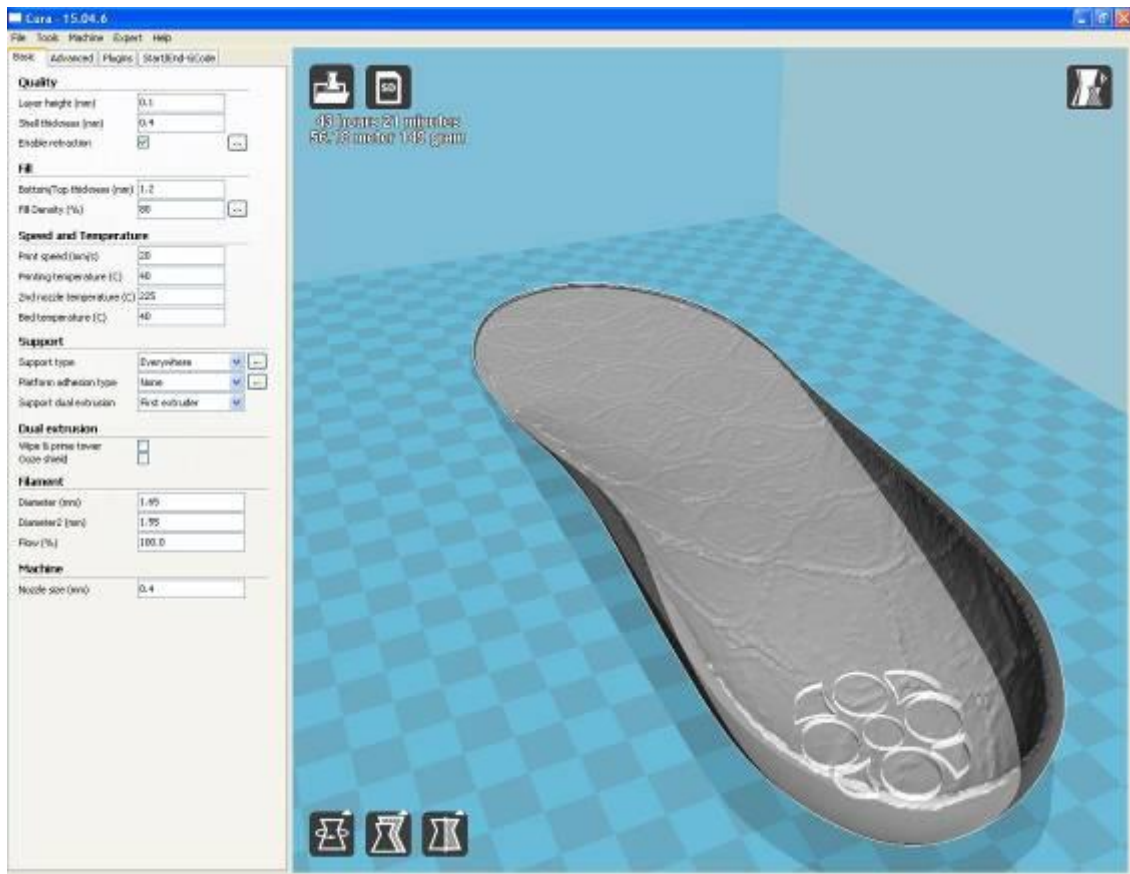
Pieza 31A



Pieza 31B



Pieza 32A



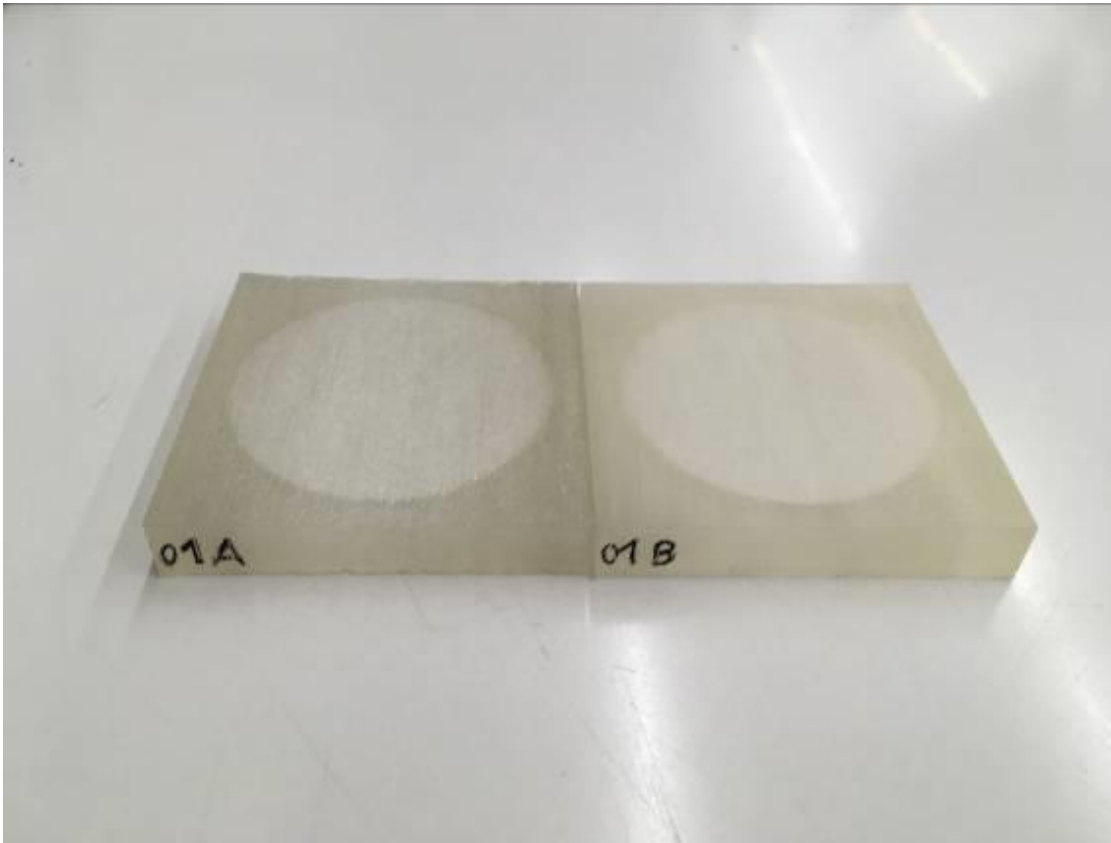
Pieza 32B

4. FABRICACIÓN DE LAS PIEZAS PROTOTIPO DEMOSTRADORES CON DIFERENTE FUNCIONALIDAD.

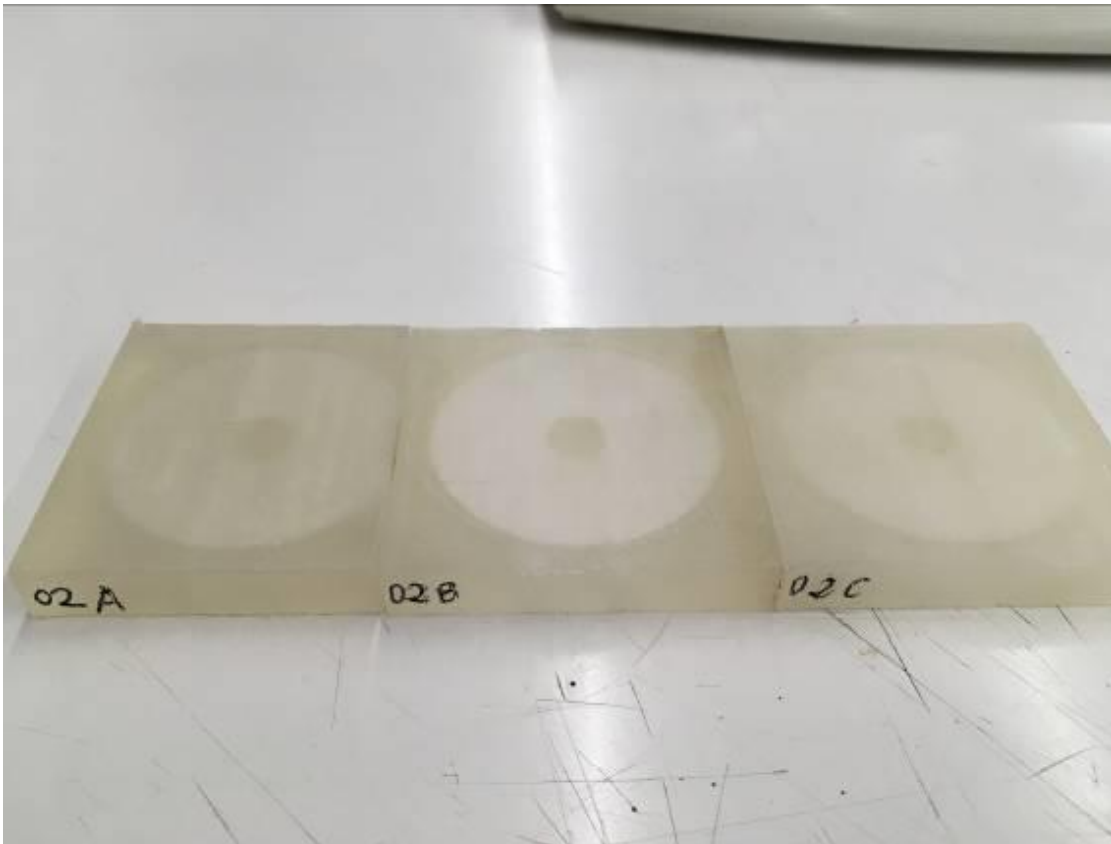
Si bien durante la primera anualidad se imprimieron en 3D varias piezas tales como insertos y plantillas anatómicas con con material flexible (tanto comercial como desarrollado por INESCOP), en esta segunda anualidad se han fabricado varios tipos de piezas funcionales más complejas (inclusión de texturizado orgánico en plantillas anatómicas) de nivel industrial, para su validación industrial mediante la técnica de AM. Se han fabricado también varios tipos de probetas con diferentes clases y grados de relleno estructural más avanzado (panal de abeja, circular, ...), incluso se ha llegado a imprimir alguna pieza prototipo con un texturizado (pieza 33^a). El objetivo de la fabricación de estas probetas es la caracterización de las estructuras de relleno en términos de absorción de impactos, disipación de la energía, etc.

Durante esta tarea, aparte de todo lo descrito anteriormente, también se han realizados varias impresiones con material rígido, material flexible comercial, material desarrollado por INESCOP, material soluble...para finalizar la puesta a punto y los ajustes finos de los cabezales extrusores que nos van a permitir la fabricación de las piezas con diferentes tipos de densidad, de absorción de impactos, de flexibilidad, etc, etc...es decir una personalización casi total de todos los parámetros que afectan a la funcionalidad de las piezas.

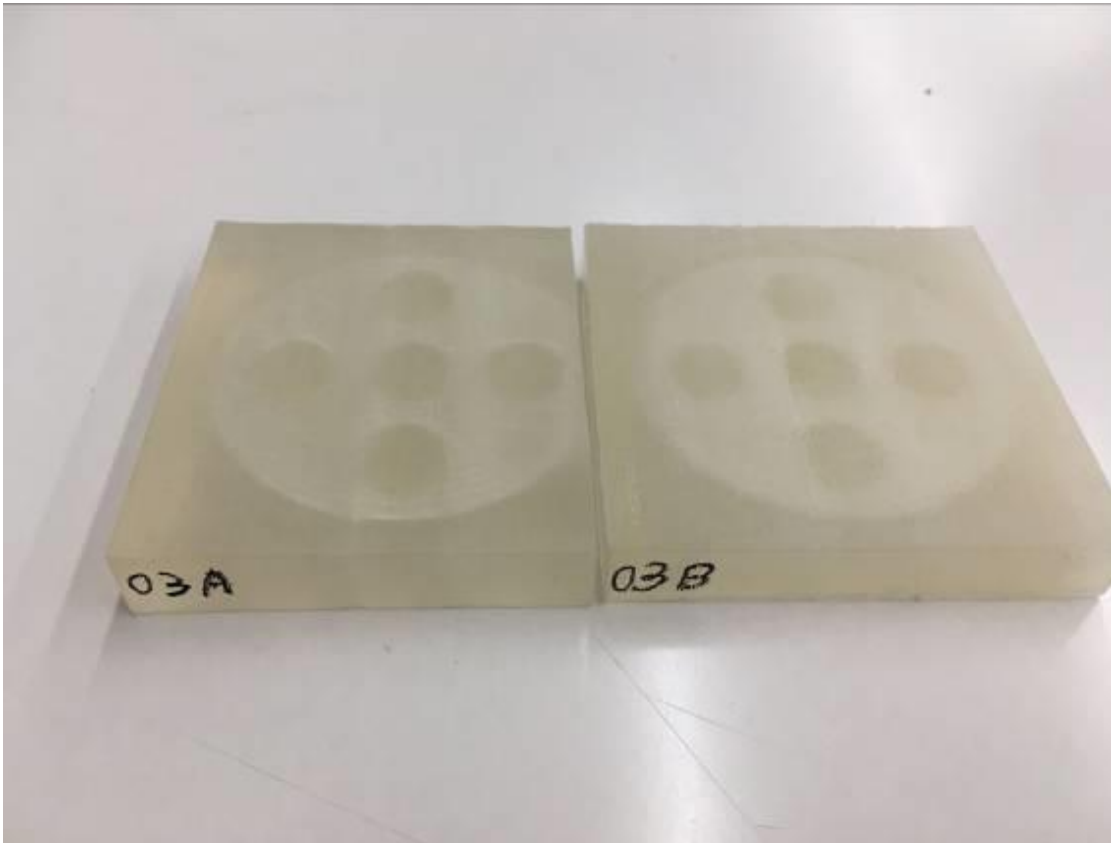
Este último proceso es muy necesario, puesto que mediante él se crean unos perfiles de configuración de los cabezales, y en función de los materiales a utilizar y de la combinación de los mismos, se cargarán unos u otros. A continuación se adjuntan las imágenes de los prototipos ya imprimidos:



Probetas 01A-01B



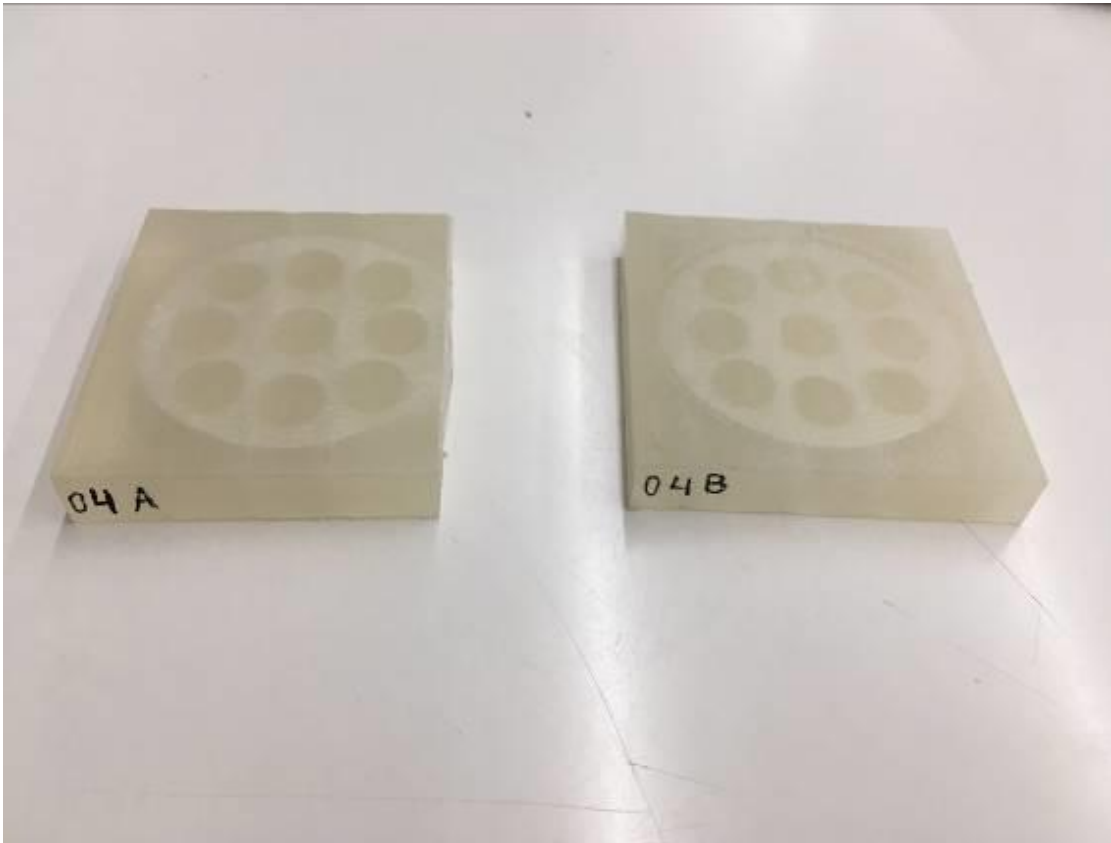
Probetas 02A-02B-02C



Probetas 03A-03B



Probetas 11A-12A-13A-14A



Probetas 04A-04B



Probeta 21A



Probetas 22A-22B-22C



Probetas 33A-33B

Durante los diferentes procesos de fabricación realizados durante la primera anualidad hemos llegado a la conclusión que el proceso de fabricación necesita una supervisión, al menos en la primera fase. Esta supervisión es necesaria para corroborar que el sistema fabrica el objeto de manera adecuada habiendo combinado temperatura de trabajo, velocidad de extrusión o la propia geometría de la pieza.

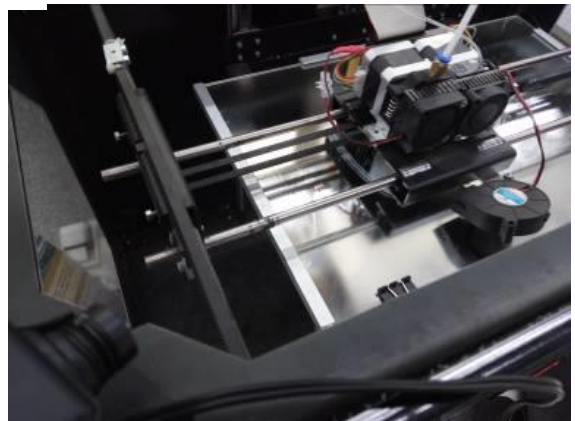
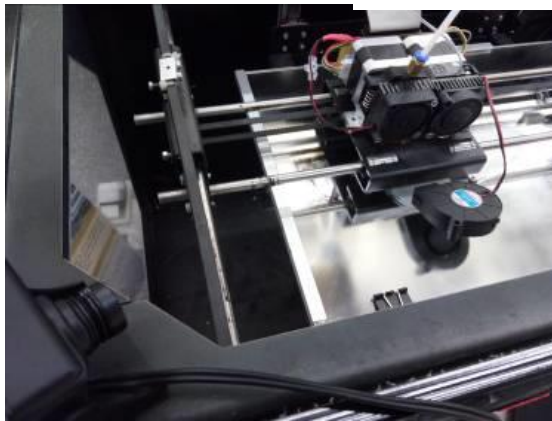
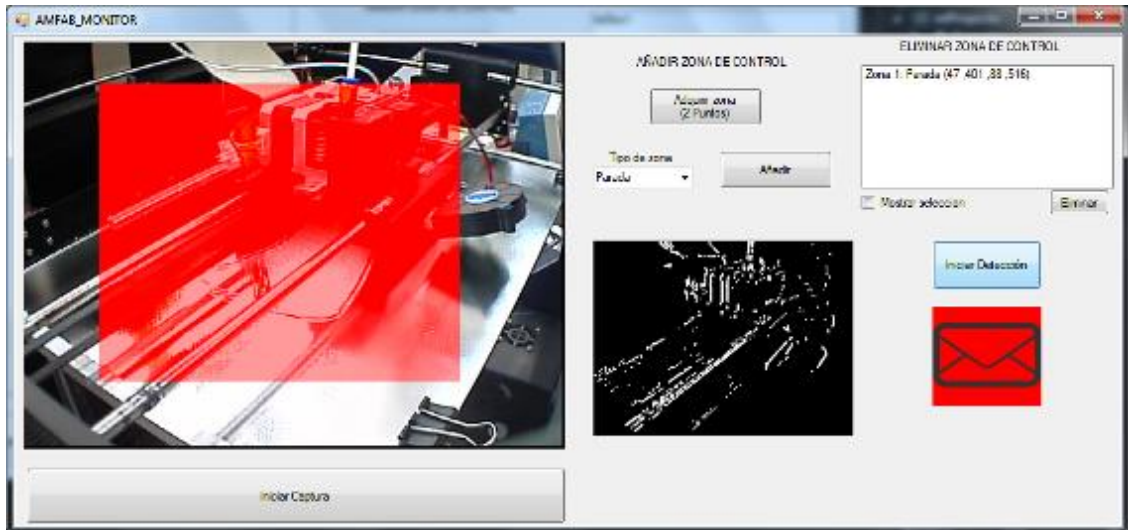
Dependiendo de la complejidad, material y/o geometría del objeto, el proceso de fabricación mediante técnica FDM puede prolongarse durante varias horas. Es por esto que la impresora 3D puede quedar desatendida durante un lapso de tiempo importante y según la situación de parada, puede haber un riesgo importante de

Con una monitorización continua y de alarma se consiguen varios objetivos:

- Apagado del sistema una vez fabricado el objeto
- En caso de problema mecánico y/o movimiento del cabezal extrusor, parada de la fabricación para el ahorro del material.
- Parada de la dosificación de material en el caso de un mal funcionamiento (atasco o rotura) del cabezal extrusor. Esta parte es particularmente interesante por los problemas que conlleva poner a punto de nuevo el cabezal.
- Ahorro de energía en general.
- Aviso en forma de mail al usuario de cualquier problema en el proceso de fabricación.

Como solución se aporta el uso de un sistema de visión artificial combinado más un software desarrollado instalado en un sistema informático conectado a la web que permite el control remoto del sistema dedicado a la fabricación FDM. El software además es capaz de enviar un correo electrónico al usuario en el momento que salte alguna alarma.

El software recoge y trata la imagen capturada por una cámara, a través de comunicación USB. El algoritmo de detección se basa en la ausencia de movimiento durante un tiempo pre-establecido y mandar una alarma vía e-mail a la dirección de correo deseada. Cuando el usuario receptor de la alarma es consciente del problema, puede comunicarse remotamente (a través de software gratuito de terceros: TeamViewer, AnyDesk...) con el equipo informático que gestiona la fabricación 3D.



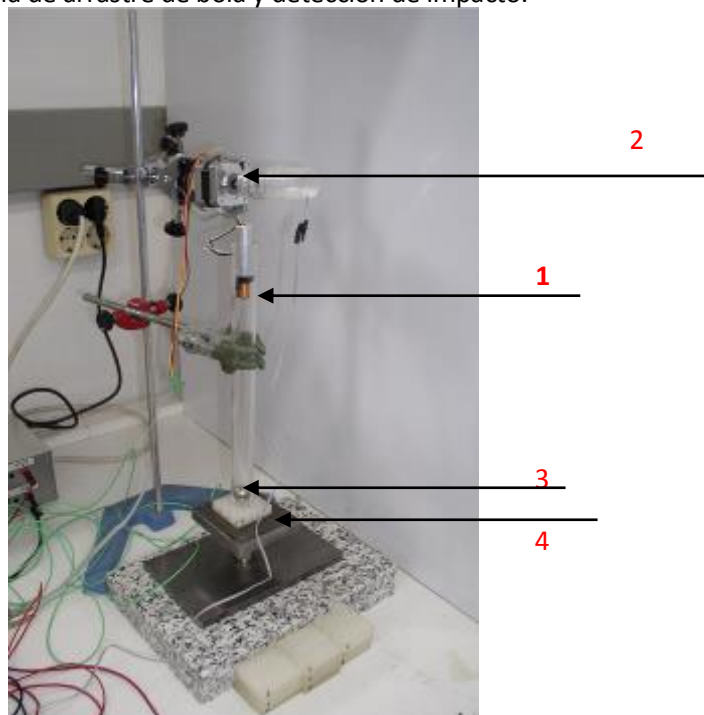
5. CARACTERIZACIÓN DE LAS PIEZAS OBTENIDAS Y VALIDACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD.

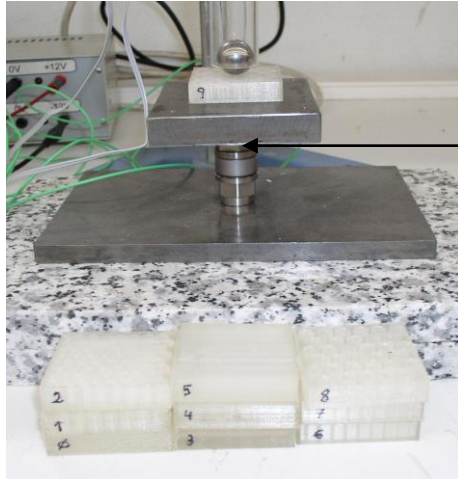
Una vez se han diseñado las piezas prototipo y se han fabricado, el siguiente paso es el de caracterizarlas. El tipo de caracterización que se va a llevar a cabo va a ser evaluarlas en término de capacidad de absorber impactos, ya que ese será el parámetro determinante para, posteriormente, optar por un tipo de pieza u otro a la hora de diseñar una plantilla personalizada con diferentes grados de amortiguación/absorción de impactos.

Para poder realizar una correcta caracterización de las piezas, el primer paso que hemos tenido que dar ha sido el de realizar una búsqueda para ver si existe algún ensayo que nos permita evaluar esta característica. Consultando las normas al respecto, así como los diferentes ensayos normalizados, hemos tomado la decisión de implementar un sistema que consta de una bola de acero de 28grs. de peso que sube a una altura de 220mm. sobre una probeta colocada justo en su vertical. Una vez alcanzada dicha altura, se deja caer en caída libre la bola hasta que impacta contra la probeta. Una célula de carga colocada en la base de la probeta se va a encargar de medir la energía transmitida en cada golpeo de la bola. Puesto que conocemos la energía de inicio (energía potencial de la bola), así como la energía transmitida a través de la probeta, es muy fácil calcular la energía que la probeta absorbe.

Para ello, se ha desarrollado un circuito electrónico capaz de adaptar la señal del sensor de la célula de carga y así poder convertirla y transmitirla a un PC donde es analizada. El proceso se basa en un motor con un electroimán que captura una bola de acero y la eleva hasta una altura determinada desde donde es lanzada en caída libre. La medición de la energía que pasa a través de la probeta es capturada por una célula de carga. La señal proporcionada por la célula de carga se adapta para poder ser convertida por un PIC mediante un convertor A/D, y ese mismo PIC envía el resultado de la conversión a un programa de PC desarrollado en Visual C# para analizar los resultados. A continuación se describen con más detalle cada una de las partes que forman el sistema:

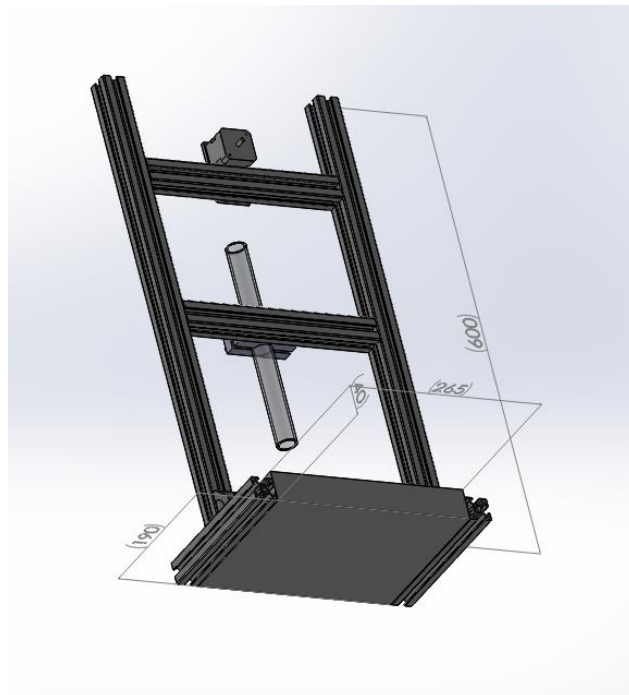
- Prototipo de sistema de arrastre de bola y detección de impacto:

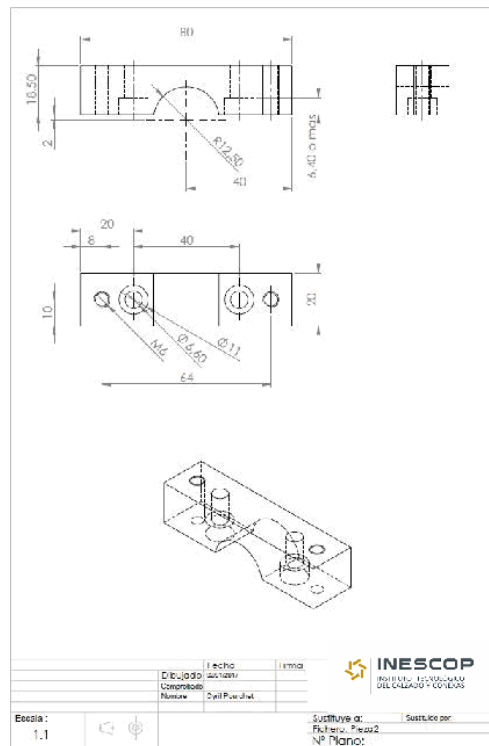
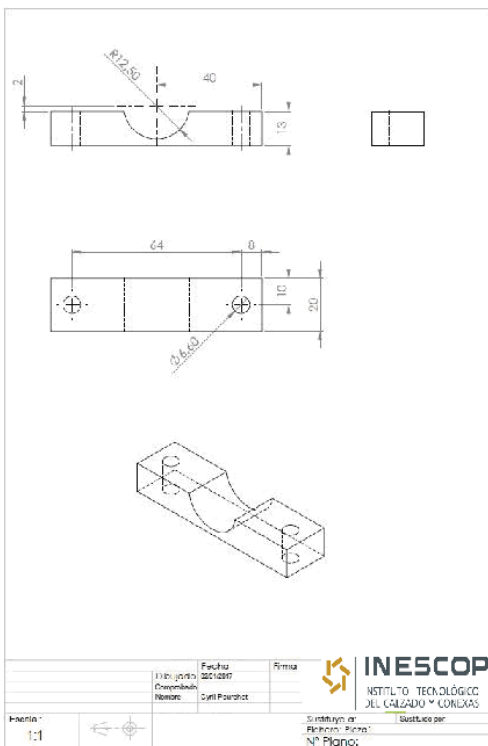
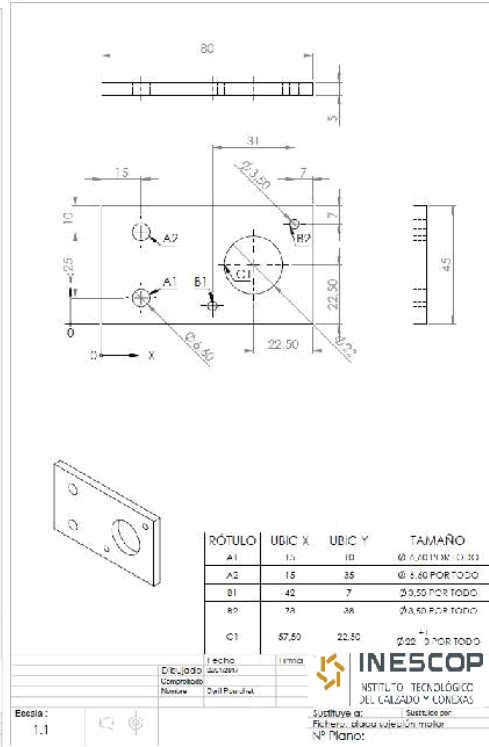
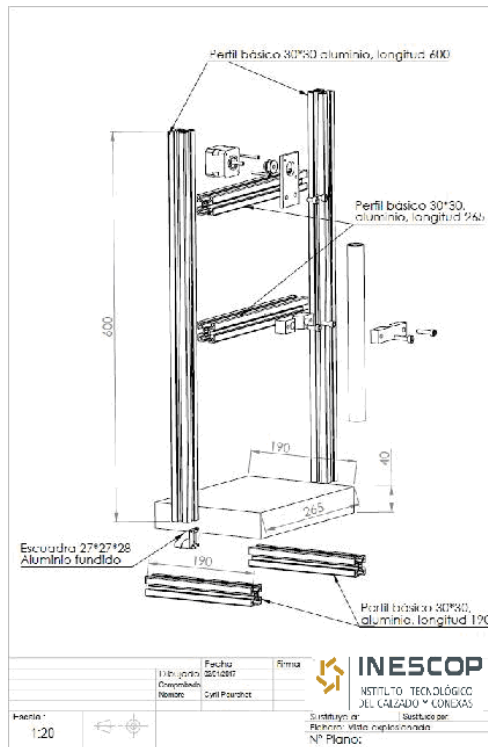




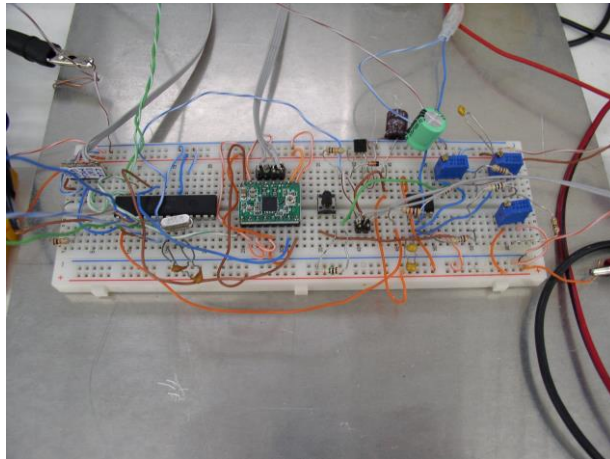
Detalle de la zona de impacto

En esta imagen se puede observar el prototipo compuesto por un electroimán (1), el motor paso a paso (2) empleado para subir la bola a una altura dada, la bola (3), la célula de carga (4) donde se registra la energía que la probeta no absorbe. Se adjuntan a continuación los planos de diseño y construcción del prototipo.

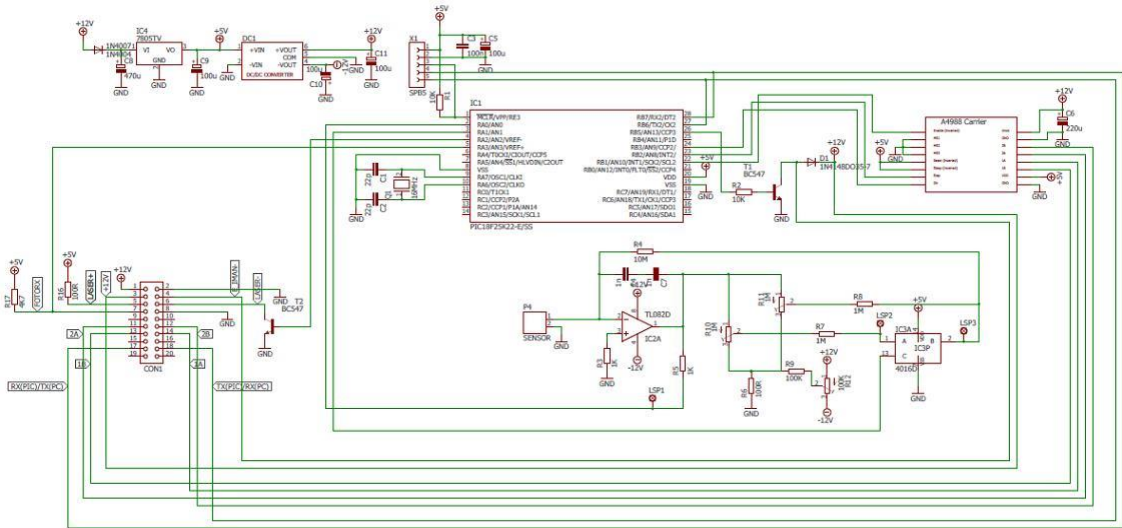




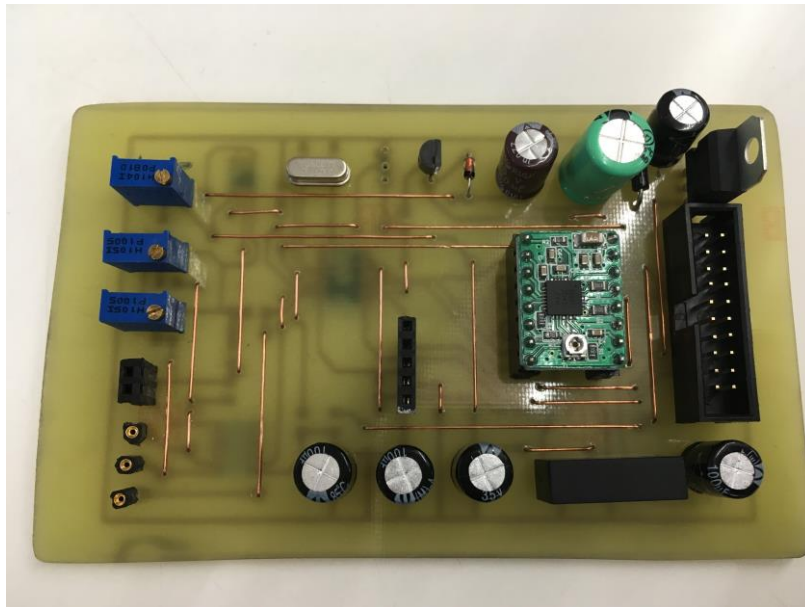
- Circuito de control: La medición de la energía que pasa a través de la probeta es capturada por una célula de carga. La señal proporcionada por la célula de carga se adapta para poder ser convertida por un PIC mediante un convertor A/D, y ese mismo PIC envía el resultado de la conversión a un programa de PC desarrollado en Visual C# para analizar los resultados. Se adjuntan a continuación fotos del circuito de control, así como planos de diseño para su integración en placa.



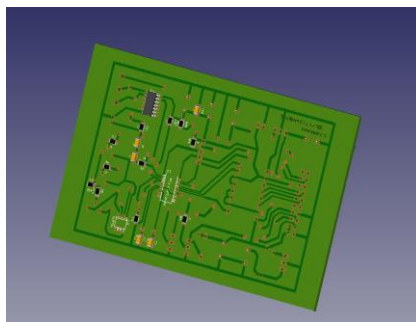
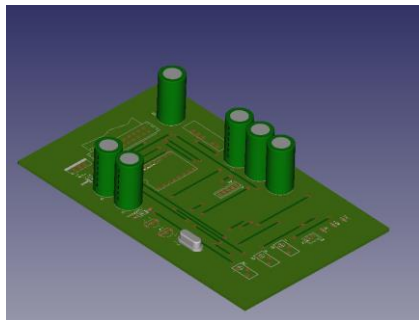
Diseño preliminar circuito en protoboard



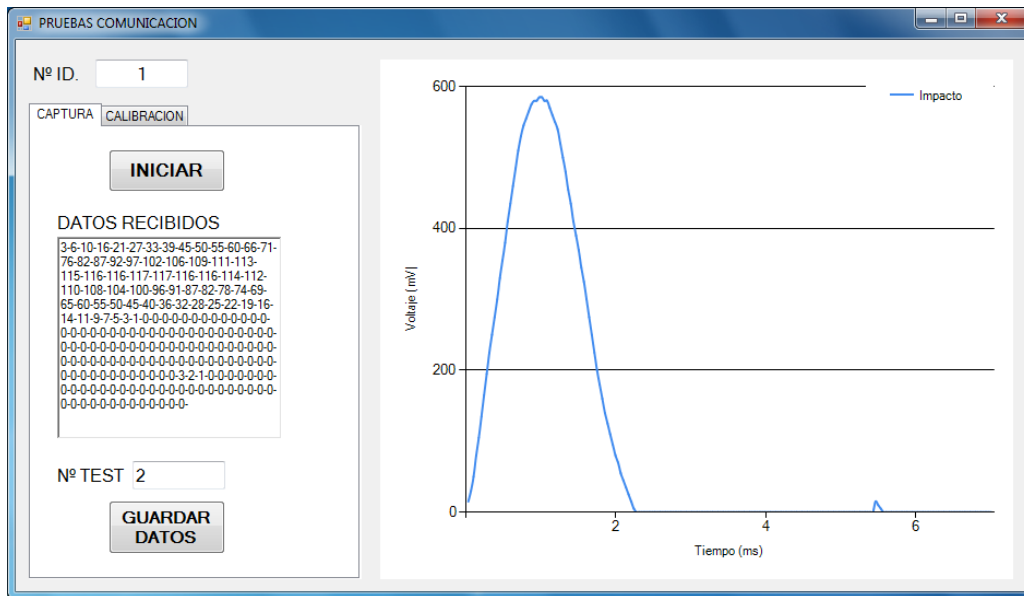
Esquema eléctrico



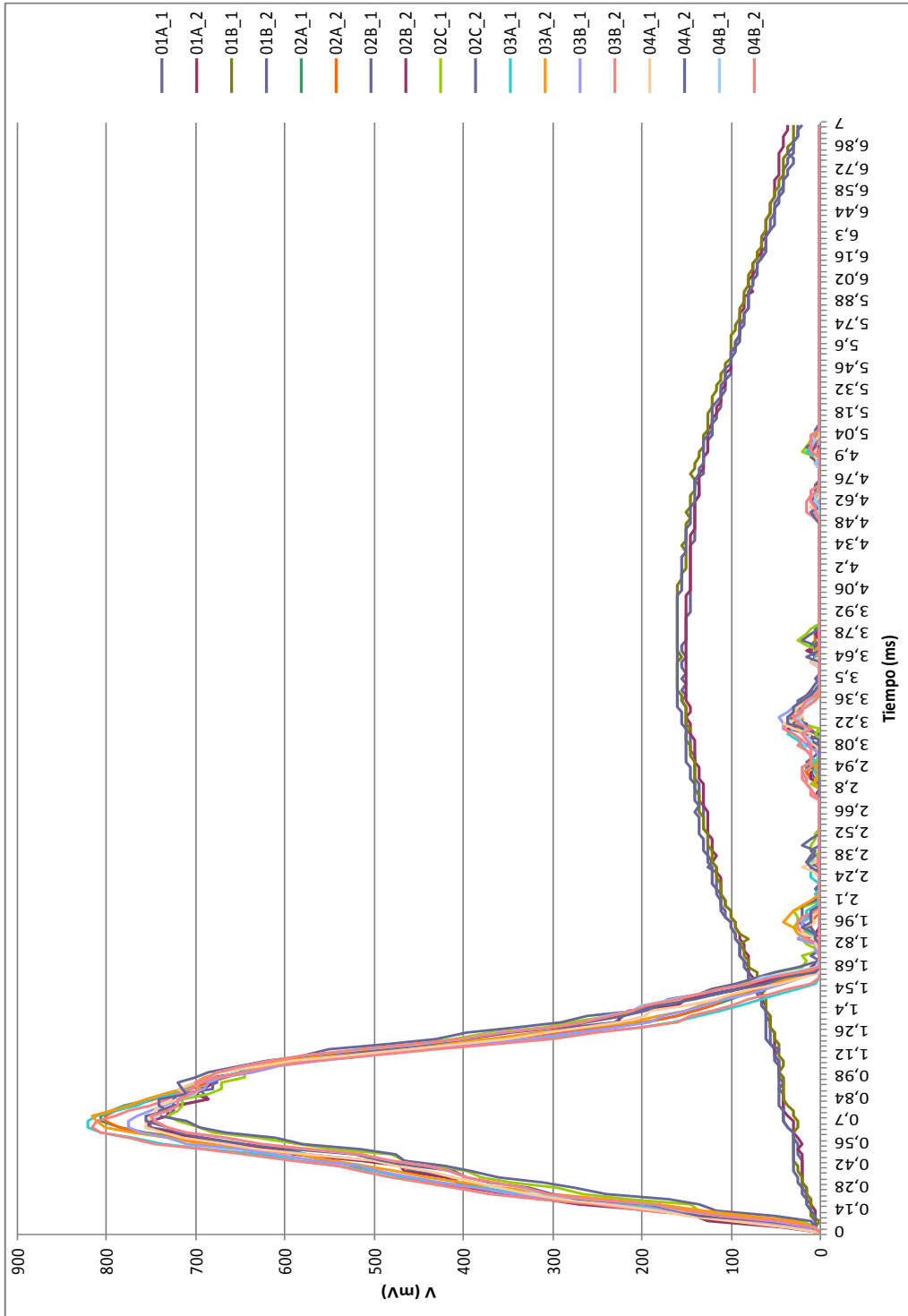
Placa de control



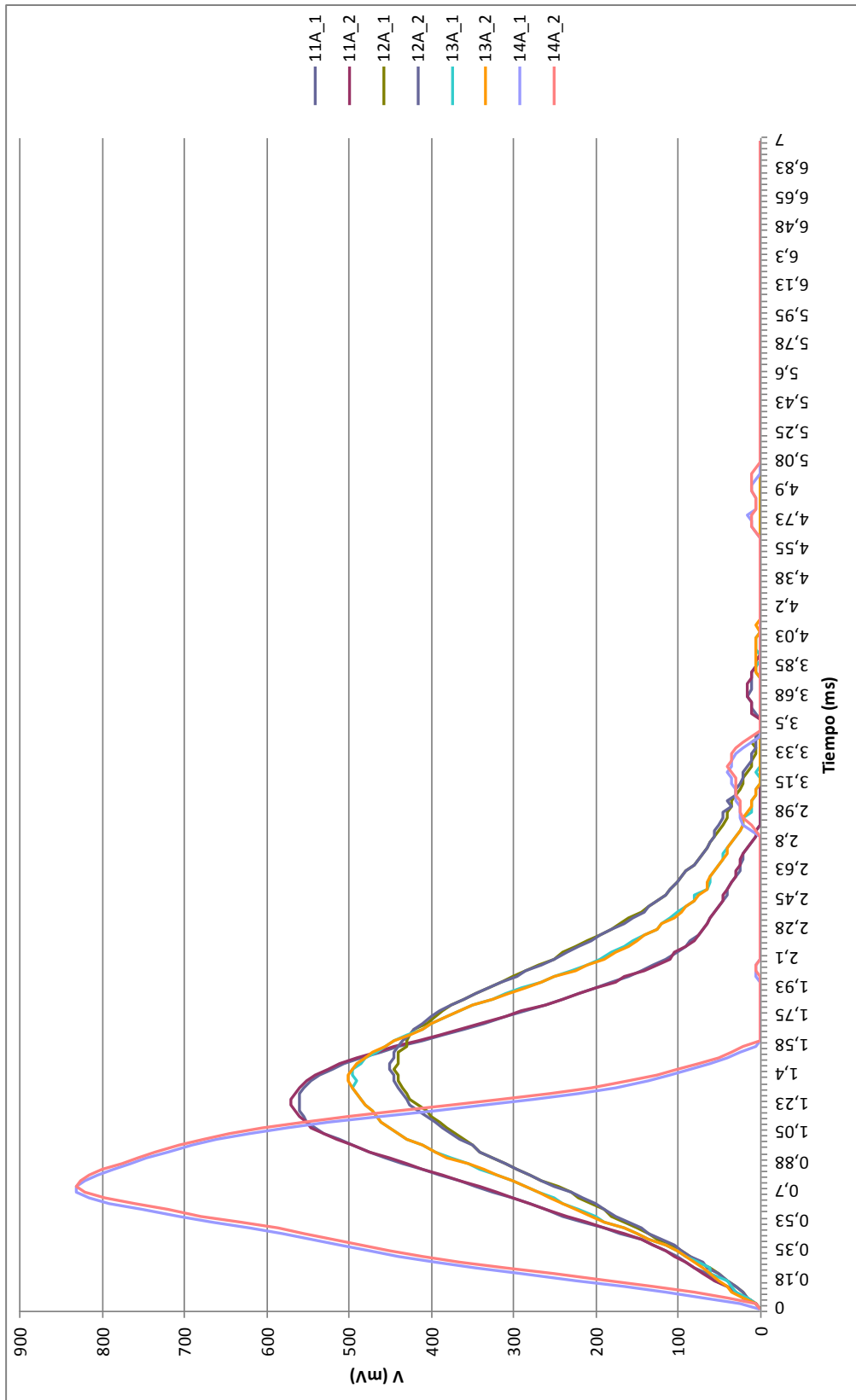
- Software: El software diseñado va a ser el encargado de comunicarse con la placa de control y de gestionar al ascenso de la bola (a través del motor paso a paso), la suelta de la misma para su caída libre (mediante la conexión/desconexión del electroimán) y de recoger los datos que envía la célula de carga tanto para su representación gráfica en la pantalla del ordenador como para su almacenamiento en un fichero de datos. En la gráfica que ofrece se puede ver la amplitud del rebote (en términos de tensión) frente al tiempo.



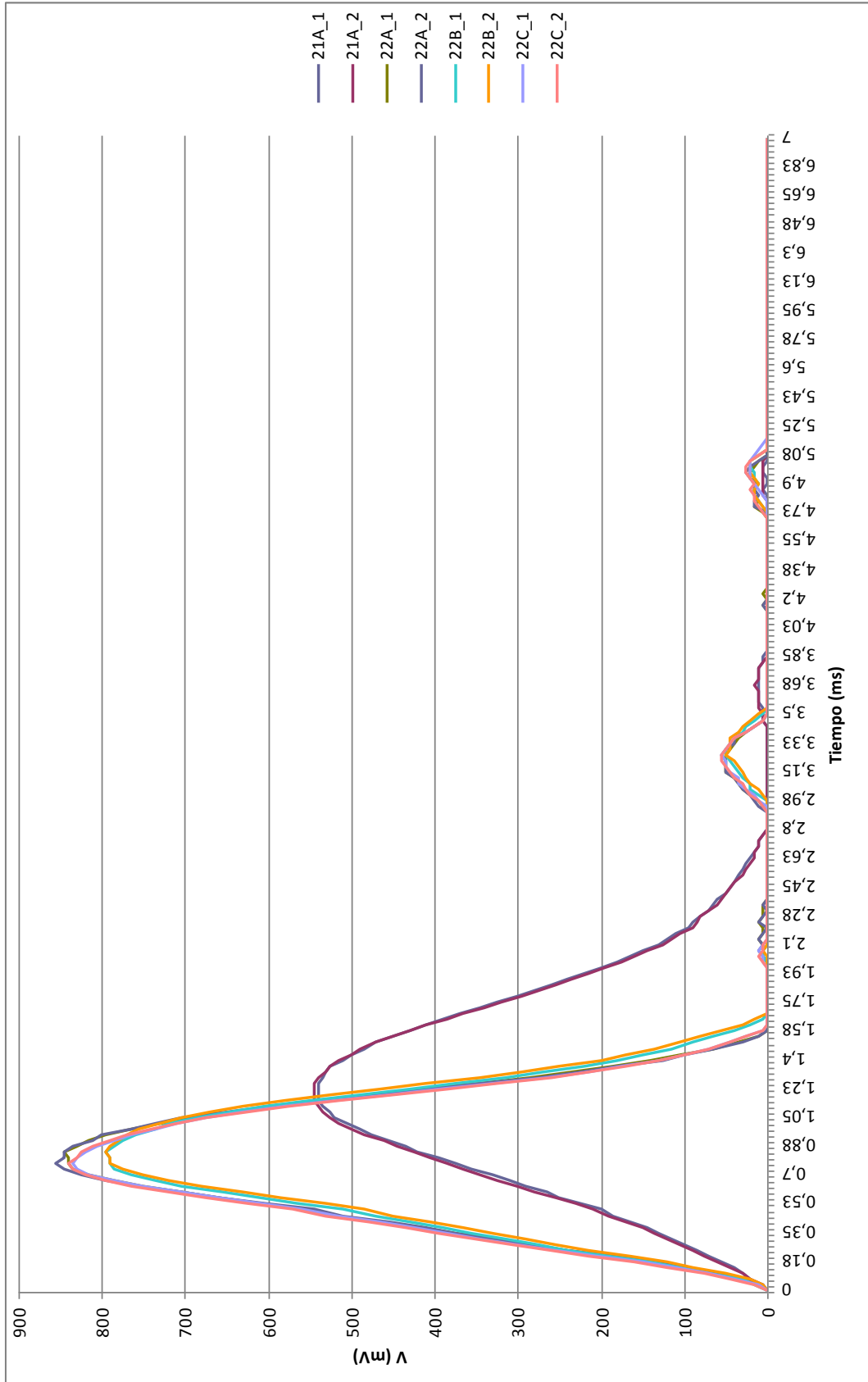
Con todo el sistema anteriormente descrito, se procede a realizar un par de ensayos para cada una de las probetas. El motivo de realizar dos ensayos y no uno con cada probeta es para que los resultados obtenidos sean más fiables, al minimizar el efecto del ruido o de datos espúreos que puedan aparecer. A continuación se adjuntan las gráficas de datos obtenidas para cada grupo de probetas. Se puede comprobar que los ensayos correspondientes a cada una de las probetas ofrecen valores casi idénticos, lo que también es un buen signo de la repetibilidad del proceso de fabricación de las piezas. También observamos la diferencia de valores entre probetas con diferente tipo de relleno, cosa esperada. A través de los resultado obtenidos, somos capaces de caracterizar la capacidad para absorber impactos de cada una de los diferentes tipos de piezas, e introducir esta caracterización como un parámetro en el software de diseño de plantillas, de manera que para una zona determinada de la plantilla donde se quiera un grado concreto de amortiguación, el software es capaz de seleccionar entre todos los tipos de piezas la más adecuada para cumplir con los requisitos de diseño.



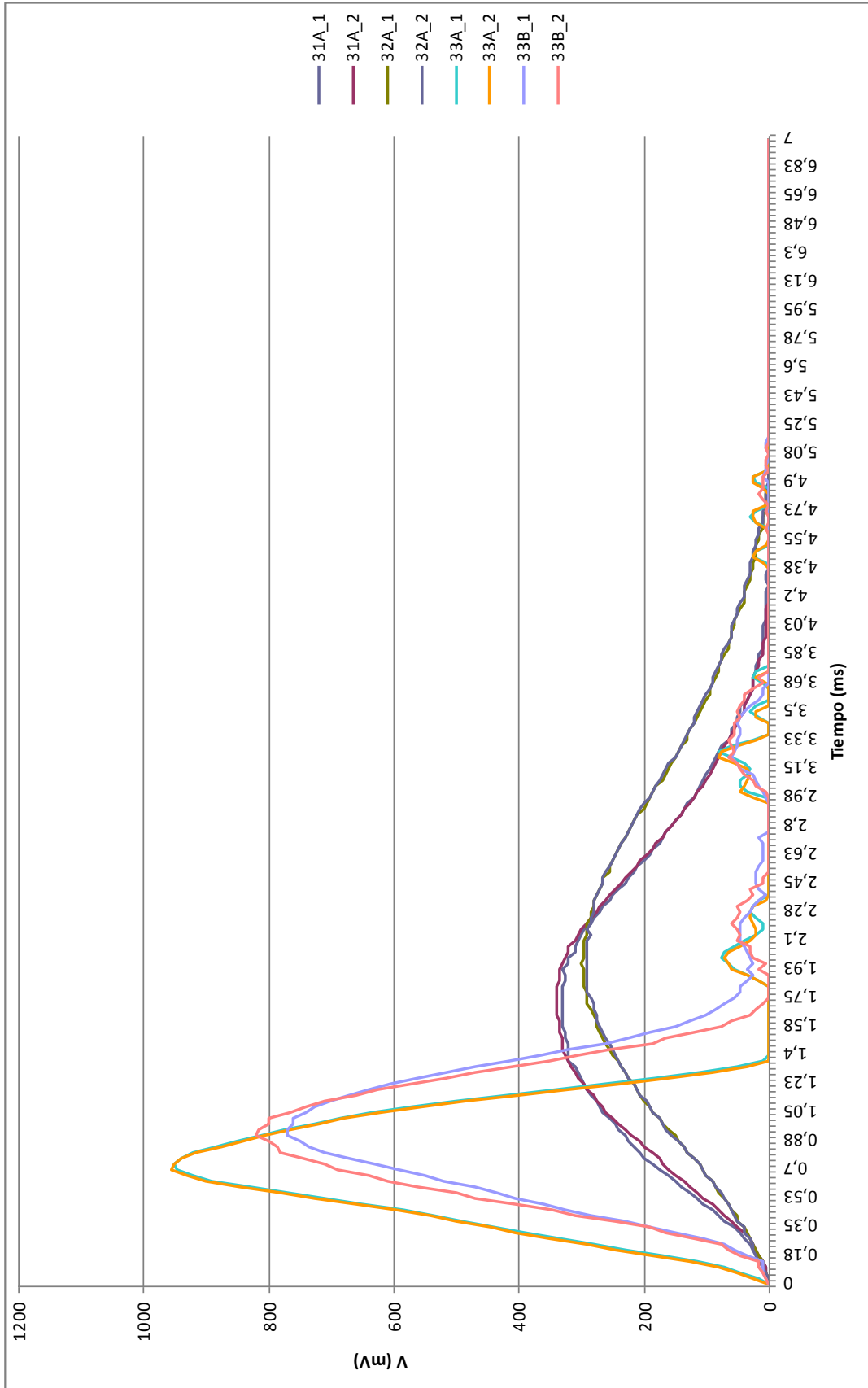
Resultados probetas 01A,01B,02A,02B,02C,03A,03B,04A,04B



Resultados probetas 11A,12A,13A,14A



Resultados probetas 21A,22A,22B,22C



Resultados probetas 31A,32A,33A,33B