

Realidad Aumentada e impresión 3D.

Construcciones de Félix Candela.

José Aurelio Pina Romero

ja.pinaromero@edu.gva.es

IGV – SEMCV Al-Khwarizmi- IES Sant Blai. Alicante

Bernat Ancochea Millet

bancoche@gmail.com

Profesor jubilado ACG – FEEMCAT

Núcleo temático: Recursos para el aula.

Modalidad: Taller.

Nivel educativo: Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato.

Requisitos: Aula de informática con ordenadores que tengan instalado GeoGebra 5, GeoGebra 6 y Cura, y al ser posible colindante al laboratorio de impresoras 3D.

RESUMEN

Se ha utilizado GeoGebra para reproducir obras del arquitecto español Félix Candela (Madrid, EE. UU., 1910-1997), que destacan por sus estructuras realizadas en hormigón armado y de manera más específica con el uso del paraboloides hiperbólico.

En el taller construiremos superficies regladas y de revolución, y veremos la forma de descargar los archivos de GeoGebra en nuestro móvil con Realidad Aumentada para interactuar con la misma, con la posibilidad de acceder a su interior, modificar algunos de sus parámetros, realizar fotos y grabar la obra mediante la pantalla de tu dispositivo. Intentaremos reproducir algunas de las construcciones de Félix Candela mediante el uso del paraboloides hiperbólico.

El taller finalizará con la exportación de la construcción a un formato adecuado (stl) para poder laminar mediante CURA e imprimir la construcción con impresoras FDM.

Palabras clave: Paraboloides hiperbólico, GeoGebra, Realidad Aumentada, Impresión 3D.

Indicaciones de horario: José Aurelio Pina Romero participa en dos talleres (construcción del omnipoliedro, y el de arte cinético). Bernat Ancochea Millet participa en el Taller sobre superficies en clase con GeoGebra.

Nota: Los participantes pueden trabajar con su ordenador personal, pero es necesario la instalación de la versión 5.0 de GeoGebra, y la versión 4.13.1 del CURA. Y la aplicación para Android o iPhone de la graficadora 3D en su dispositivo móvil (tableta o móvil).

ÍNDICE

1. Introducción	4
1.1. Biografía de Félix Candela	4
1.2. Principales obras	7
1.3. Tecnología de la información	10
2. Construcción sencilla de superficies regladas y de revolución.	13
2.1. Definición superficie reglada	13
2.2. Definición superficie de revolución	13
2.3. Construcción paso a paso	14
3. Construcción paraboloides hiperbólicos	14
3.1. Definición	14
3.2. Construcción paso a paso	15
4. Reproducción de una obra de Félix Candela	15
5. Impresión 3D y realidad aumentada	16
5.1. Impresión 3D	16
5.2. Impresión de objetos 3D con GeoGebra	17
5.3. Realidad aumentada mediante la Graficadora 3D	22
6. Referencias	30

1. Introducción

1.1. Biografía de Félix Candela

Nace en Madrid el 27 de enero de 1910 y fallece en Carolina del Norte el 7 de diciembre de 1997. De nacionalidad española y nacionalizado mexicano en 1941 y estadounidense en 1978. Estudió arquitectura en la Escuela Superior de Madrid, donde se licenció en 1935. Continuo sus estudios en la Real Academia de Bellas artes de San Fernando donde conoció a Eduardo Torroja y sus técnicas de uso de cubiertas de hormigón.

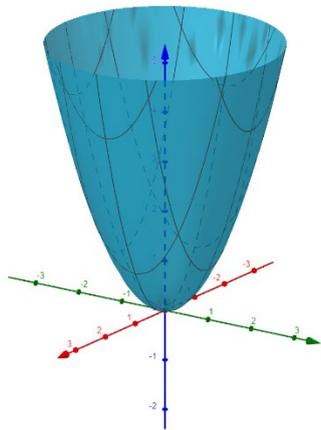


Una de las figuras fundamentales de la arquitectura del siglo XX en cuanto al desarrollo de nuevas formas estructurales de hormigón armado se refiere. Su mayor aportación a la arquitectura fue la creación de estructuras en forma de cascarón, generadas a partir de paraboloides hiperbólicos, una forma geométrica de una eficacia extraordinaria que se han convertido en el sello distintivo de su arquitectura.

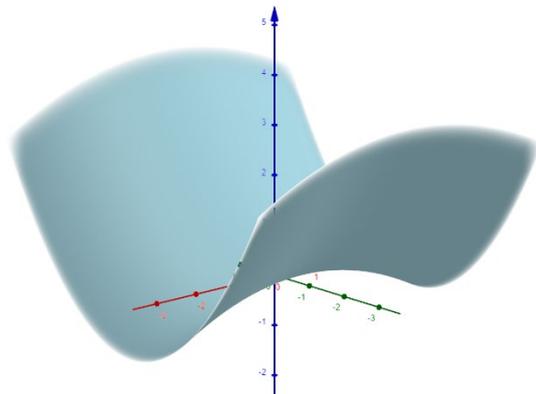
En geometría analítica, una cuádrlica es un paraboloides, superficie tridimensional que se describe mediante ecuaciones cuya forma canónica es del tipo:

$$\left(\frac{x}{a}\right)^2 \pm \left(\frac{y}{b}\right)^2 - z = 0$$

Y puedes ser elípticos o hiperbólico según los valores que tomen los términos cuadráticos. Si los términos cuadráticos toma signo contrario, entonces tenemos un paraboloides hiperbólico. Y si toman el mismo signo, entonces tenemos un paraboloides elíptico.



Paraboloide elíptico



Paraboloide hiperbólico

Fuente: <https://www.geogebra.org/m/vyepjuuu>

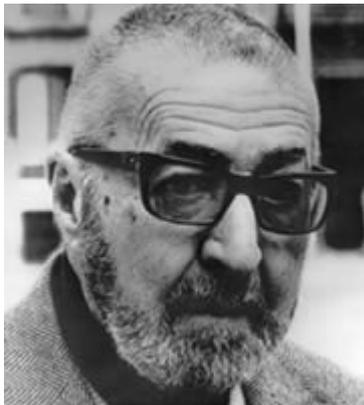
Su obra replantea el papel del arquitecto en relación con los problemas estructurales a partir de tres premisas: economía, sencillez de cálculo y flexibilidad. No obstante, la calidad de su obra radica en la sensibilidad para conformar espacios

En 1936 obtiene una beca para estudiar en Alemania, pero al desencadenarse la guerra civil se alista en las fuerzas republicanas y es nombrado capitán de ingenieros. Tras pasar por el campo de concentración de Perpiñán, se exilia en México en junio de 1939 donde establece contacto con los hermanos arquitectos Fernando y Raúl Fernández Rangel. Juntos fundaron en 1950 la empresa Cubiertas Ala, dedicada a instalar estructuras industriales.

La empresa constructora disfrutó un notable auge durante veinte años, que culminó con la edificación del Palacio de los Deportes con motivo de la olimpiada de 1968 en México.

Candela, que desde sus inicios se había preocupado por enviar sus artículos al American Concrete Institute (ACI) y dar a conocer su obra estructural, empezó a obtener fama internacional y a divulgar sus conocimientos en congresos a los que

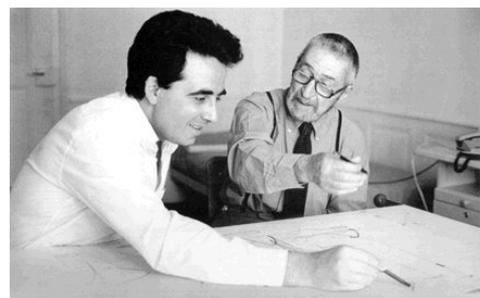
asistía y en conferencias que impartía, siempre con una actitud rebelde y un vigoroso espíritu crítico. Esto le ayudó a abrirse camino dentro del medio de la construcción y comenzó a recibir encargos frecuentes del extranjero, hasta el punto de que empezó a considerar la posibilidad de emigrar nuevamente.



Desde 1961, cuando se le confirió el premio Augusto Perret, se demandaba su presencia en muchos países. En 1971, después de culminar el Proyecto del Palacio de los Deportes, Candela se decidió a dejar el país y trasladarse a Estados Unidos.

Candela experimentó una profunda transformación profesional y creativa, que lo alentó a abandonar su trabajo de ingeniero y concentrarse cada vez más en la arquitectura. Se instaló en Chicago y trabajó como profesor de tiempo completo en la Universidad de Illinois, tarea que desempeñó hasta 1978. No En esos años recibió una invitación para realizar en 1973, el proyecto del estadio de fútbol madrileño Santiago Bernabéu. Pero como las autoridades se empeñaron en acompañar el coso de un rascacielos, la obra nunca se llevó a cabo.

Realizo una gran cantidad de proyectos, muy ambiciosos casi todos, sólo culminaron algunos. Uno de los últimos en que participó antes de morir fue la Ciudad de las Artes y de las Ciencias de Valencia, que incluyó un gran parque oceanográfico en cuya construcción colaboró



también el famoso arquitecto Santiago Calatrava. Durante su estancia en la capital de provincia, su antigua dolencia del corazón le obligó a retornar a Raleigh, Carolina del Norte, su lugar de residencia desde el año 1990, para recibir atención en el Hospital de Duke, donde falleció en diciembre de 1997

1.2. Principales obras

Pabellón de los Rayos Cósmicos, Ciudad de México, México. (1950-1951)



Ilustración 1 Pabellón de los Rayos Cósmicos, Ciudad de México, México. (1950-1951)

Iglesia de la Milagrosa, Navarte, México. (1953-1957)



Quiosco de Música, Santa Fe, México. (1955-1956)



Tienda de Flores y Plantas, Lomas Virreyes, México D.F. (1951)



Junto con Eduardo Robles Piquer y Cayetano de la Jara y Ramón.

Capilla de Nuestra Señora de la Soledad, Coyoacán, México. (1955)



Fábrica High Life, Coyoacán, México (1955-1958)



Capilla de San Antonio de las Huertas,
Tacuba, México. (1956)



Restaurante Los Manantiales, Xochimilco, México. (1956-1957)



Cabaret La Jacaranda, Acapulco, México. (1956-1957)



Capilla abierta de Cuernavaca, Palmira, México. (1957-1958)



Plaza de Abanicos, Lomas de Cuernavaca, México (1958)



Iglesia de San José Obrero, Monterrey, México. (1958-1959)



Capilla de San Vicente Paul, Coyoacán, México. (1959)



Capilla de Santa Mónica, San Lorenzo de Xochimancas, México. (1959-1960)



Planta embotelladora de Bacardí, Cuautitlán, México. (1959-1960)



Iglesia Nuestra Señora de Guadalupe, Madrid, España. (1962-1963)



Iglesia de San Pedro Mártir, Tlalpan, México (1965)



Palacio de Deportes, Ciudad de México, México. (1965-1968)



Parroquia del Señor del Campo Florido,
Ciudad de México, México. (1966)



L'Oceanogràfic, Ciudad de las Artes y
las Ciencias, Valencia,(1994-2002)



1.3. Tecnología de la información

En el siglo XXI el profesorado puede plantear al alumnado proyectos enmarcados en el currículum que ayuden a mejorar su competencia en matemáticas y en las tecnologías de la información. Realizar conexiones con otras áreas de conocimiento (arte, arquitectura, tecnología, etc.) que les permita inferir procedimientos propios de las matemáticas en otros escenarios no matemáticos.

Cabe recordar que en la última década el uso de impresoras 3D en el ámbito educativo se ha visto incrementado por su coste y accesibilidad de la mano del profesorado (Beltrán-Pellicer P; 2017, Aguilar G., 2020, Mora et al 2021) innovador y creativo. Creemos que el uso de esta tecnología se puede utilizar para generar oportunidades para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas a nivel escolar, abriendo la mente del alumnado (Reichenberger et al, 2019).

Descargar Aplicaciones GeoGebra
 Aplicaciones GeoGebra gratuitas para iOS, Android, Windows, Mac, Chromebook y Linux

 Suite Calculadora Explora funciones, resuelve ecuaciones, construye figuras geométricas y 3D.	 Calculadora gráfica Gráfica funciones, resuelve ecuaciones y representa datos gratis con GeoGebra.
 Calculadora 3D Gráfica funciones 3D, superficies y objetos 3D con GeoGebra Graficador 3D.	 Geometría Haz círculos, ángulos, transformaciones y más. ¡Gratis con GeoGebra Geometría!
 GeoGebra Clásico 6 Aplicaciones gratuitas para geometría, hoja de cálculo, probabilidad y CAS.	 Calculadora CAS Resuelve ecuaciones, desarrolla y factoriza, halla derivadas e integrales.
 GeoGebra Clásico 5 Aplicaciones gratuitas para geometría, hoja de cálculo, probabilidad y CAS.	

El software libre GeoGebra (<https://www.geogebra.org/>), permite trabajar con Geometría en el espacio a partir de la versión 5 de manera sencilla, y la versión 6 incorpora la posibilidad de exportar los objetos a formato STL que nos permitirá imprimirlas tras laminar con un programa adecuado (Cura, PrusaSlicer, Repetier-Host etc.). Y

se puede utilizar en todas las etapas educativas del sistema educativo español de acuerdo con la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre. Además, cabe recordar que el RD 1105/2005, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato promueve la utilización de aplicaciones informáticas de geometría dinámica que faciliten la comprensión de conceptos y propiedades geométricas.

<https://www.geogebra.org/download>

Ultimaker Cura

Elegido por millones de usuarios, Ultimaker Cura es el software de impresión 3D más popular del mundo. Prepare impresiones con unos cuantos clics, intégrele con el software de CAD para un mejor flujo de trabajo o aproveche las configuraciones personalizadas para conseguir un control más completo.

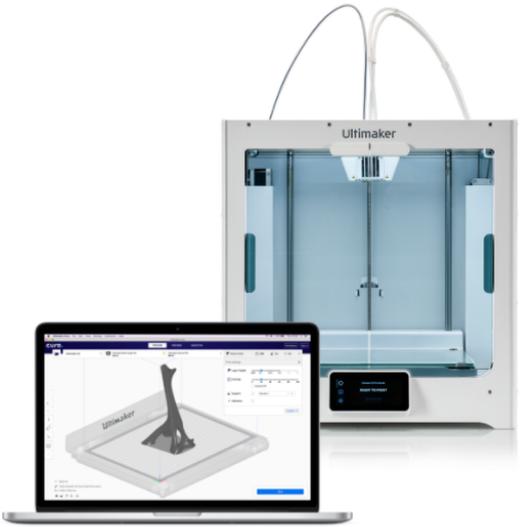

Ultimaker Cura 4.13.1

Descarga gratuita

[↓ Prueba Ultimaker Cura 5.0 beta](#)

[🕒 Buscar versiones anteriores](#)

[🕒 Requisitos del sistema](#)

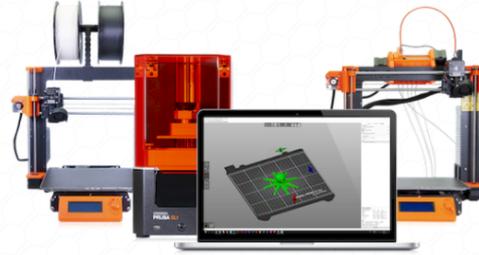


<https://ultimaker.com/es/software/ultimaker-cura>

PrusaSlicer - Introducción y descarga

PrusaSlicer (antes conocido como Slic3r Prusa Edition o Slic3r PE) es nuestro propio software de rebanado desarrollado internamente basado en el proyecto de código abierto Slic3r. PrusaSlicer es una **herramienta de código abierto, rica en características y frecuentemente actualizada, que contiene todo lo que necesitas para exportar los archivos de impresión perfectos** para tu impresora 3D Original Prusa.

PrusaSlicer está disponible para **Windows, Mac, Linux** e incluso ofrecemos versiones para **dispositivos ARM y Chromebooks**.



¡Obtén PrusaSlicer 2.4.2 ahora!

 **Windows PrusaSlicer Standalone**

Este es nuestro nuevo instalador (experimental). Los objetos de muestra son una descarga opcional y cuenta con un nuevo auto-actualizador para PrusaSlicer. Por favor, informa de cualquier error a info@prusa3d.com.

https://www.prusa3d.com/es/pagina/prusaslicer_424/



Search

[Repetier-Host](#) [Repetier-Firmware](#) [Repetier-Server](#) [Support](#) [3D Websites](#) [About us](#) [Twitter](#) [Facebook](#)

Download Software

Repetier-Server PRO
COUPON CODE:

POWER

For a limited time only

POWER
SALE
20% OFF

If you wish to support the further development of this free software to obtain updates and new features in future, we would appreciate a voluntary donation. **Donate quick and easy via PayPal**, simply enter the desired amount. After donating, you will be redirected to the download page.

Promotions as a thank you for your donation

If you donate 10,- € / USD or more for Repetier you will get a full version of our QR Customizer Pro worth 49,99 €.

If you donate 20,- € / USD or more for Repetier you will get a full version of our QR Customizer Pro and QR Customizer Pro Statistics worth 69,99 €.



<https://www.repetier.com>

2. Construcción sencilla de superficies regladas y de revolución.

2.1. Definición superficie reglada

Una superficie reglada, en geometría, es la generada por una recta, denominada generatriz, al desplazarse sobre una curva o varias, denominadas directrices. En función de las características y condiciones particulares de estos elementos, recibe diversos nombres.

No existe una instrucción específica en GeoGebra para construir superficies regladas, basta con aplicar la definición. Para poder construir superficies regladas, las dos curvas han de estar definidas en forma paramétrica, con una excepción: se admiten segmentos contruidos en forma geométrica en la versión actual de GeoGebra.

Si dos segmentos están en el mismo plano, la superficie reglada construida entre ellos es el cuadrilátero que tiene por lados opuestos los segmentos dados. Si los segmentos no son coplanarios, la superficie reglada entre ellos es una porción de un paraboloides hiperbólico, también conocido como “silla de montar”.

2.2. Definición superficie de revolución

Una superficie de revolución es aquella que se genera mediante la rotación de una curva plana, o generatriz, alrededor de una recta directriz, llamada eje de rotación, *la cual se halla en el mismo plano que la curva (no es necesario en GeoGebra)*.

Ejemplos comunes de una superficie de revolución son:

Una superficie de revolución cilíndrica es generada por la rotación de una línea recta, paralela al eje de rotación, alrededor del mismo;

Una superficie de revolución cónica es generada por la rotación de una recta alrededor de un eje al cual interseca en un punto, llamado vértice o ápice,

Una superficie de revolución esférica está generada por la rotación de una semicircunferencia alrededor de su diámetro;

Una superficie de revolución toroidal está generada por la rotación de una circunferencia alrededor de un eje que no la interseca en ningún punto

La utilización de superficies de revolución es esencial en diversos campos de la física y la ingeniería, así como en el diseño. La alfarería, el torneado industrial e incluso el diseño en multitud de campos, moldean y modelan volúmenes con variadas superficies de revolución de gran utilidad y uso cotidiano.

2.3. Construcción paso a paso

La construcción paso a paso de estas superficies se detalla en aplicaciones con GeoGebra que figuran en el libro GeoGebra (<https://www.geogebra.org/m/sdebdrxa>) del taller proponiendo algunos ejemplos sencillos (Ancochea Millet, B. y Pina Romero J.A. (2022)).

3. Construcción paraboloides hiperbólicos

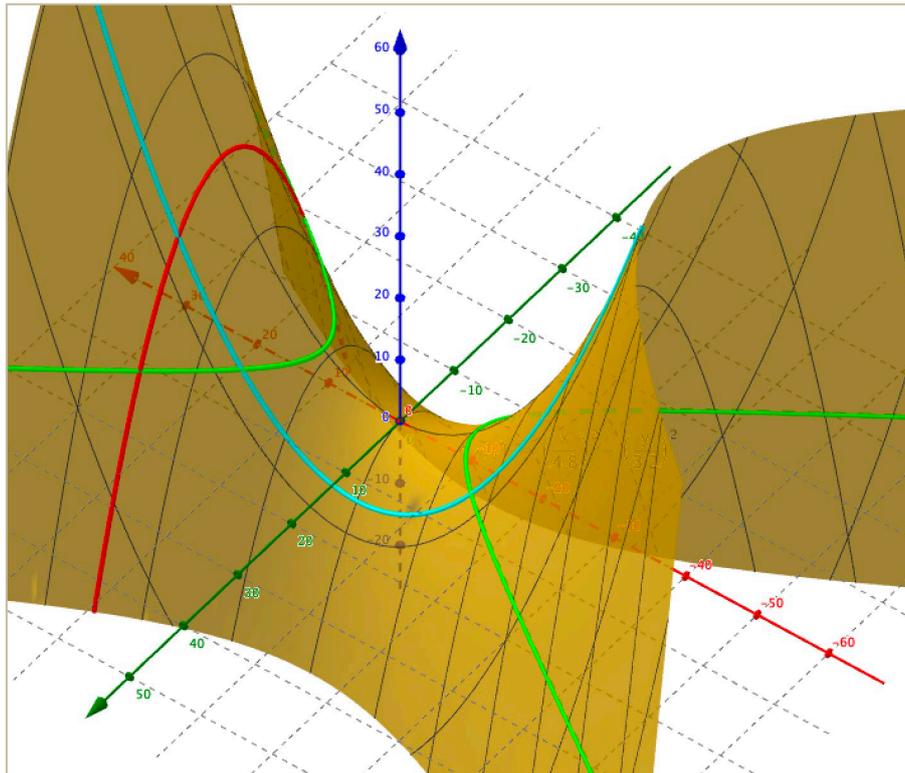
3.1. Definición

Es una superficie doblemente reglada por lo que se puede construir a partir de rectas. Es una de las más utilizadas en obras de Antoni Gaudí y de Félix Candela. También se lo conoce bajo los nombres de silla de montar o paso de montaña por su conformación geométrica, pues es una superficie que en una dirección tiene las secciones en forma de parábola con los lados hacia arriba y, en la sección perpendicular, las secciones son en forma de parábola con los lados hacia abajo. Se puede simplificar el concepto afirmando que es un plano alabeado.

Las secciones según planos perpendiculares a los dos anteriores son en forma de hipérbola. Si están por debajo del punto de la silla, en el centro de la figura, los lados de la hipérbola dan la forma de valles. Si están por arriba de este punto, las secciones de la hipérbola dan forma a los picos que flanquean el paso.

3.2. Construcción paso a paso

Una forma sencilla de construir un paraboloides hiperbólico es introducir su ecuación en la Línea de Entrada del GeoGebra como, por ejemplo, $x^2 - y^2$.



La construcción paso a paso de estas superficies también se detalla en el libro GeoGebra del taller antes citado.

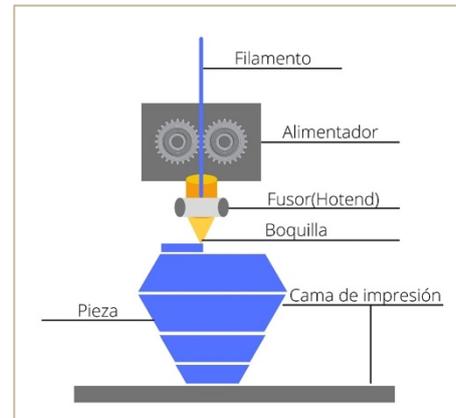
4. Reproducción de una obra de Félix Candela

No es trivial reproducir con GeoGebra una obra de Félix Candela y la explicación paso a paso sobrepasaría los límites de este documento por lo que hemos aprovechado también las posibilidades que nos ofrecen los libros GeoGebra para mostrar el procedimiento de manera pautada y detallada.

5. Impresión 3D y realidad aumentada

5.1. Impresión 3D

Una impresora 3D construye de forma automática objetos en tres dimensiones a partir de unas instrucciones almacenadas en un fichero electrónico. Existen diversas tecnologías de impresión 3D, aunque la más extendida en diversos ámbitos es la conocida como FDM (Modelado por Deposición Fundida) que se basa en 3 elementos: una cama de impresión, una bobina de filamento y una cabeza de extrusión. El



filamento es fundido por el extrusor de la impresora, que deposita el material capa a capa sobre la cama de impresión. El filamento se funde cuando el Fusor (Hotend) alcanza alrededor de 200°C (en función del tipo de material), a continuación, se extruye el material de 1,75 mm de diámetro sobre la plataforma a través de una boquilla que se mueve sobre tres ejes (X, Y, Z). (Mora et al, 2021).

El material más utilizado por la comunidad es el PLA (Ácido poliacético), que a su vez es el más económico. Es cierto que hay otros tipos, también muy conocidos, como sonb: el ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), el PETG (Tereftalato de Polietileno Glicol), el TPE (elastómeros termoplásticos, el ASA (Acrilonitrilo estireno Acrilato) y el PD (Policarbonato).

Las impresoras FDM se pueden adquirir ensambladas por un precio que puede rondar los 200 euros, consideradas de bajo costes ya que hay disponible en el mercado máquinas con un coste que pueden rondar los 5000-6000 euros.

5.2. Impresión de objetos 3D con GeoGebra

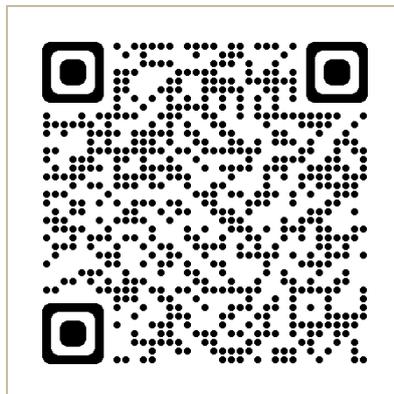
Partimos de una de las construcciones disponibles en el libro de GeoGebra sobre Félix Candela [Construcciones de Félix Candela – GeoGebra](#)

Paso 1: Accede a la construcción, pulsa en los tres puntos que aparecen en la parte superior derecha y después en Abrir con GeoGebra

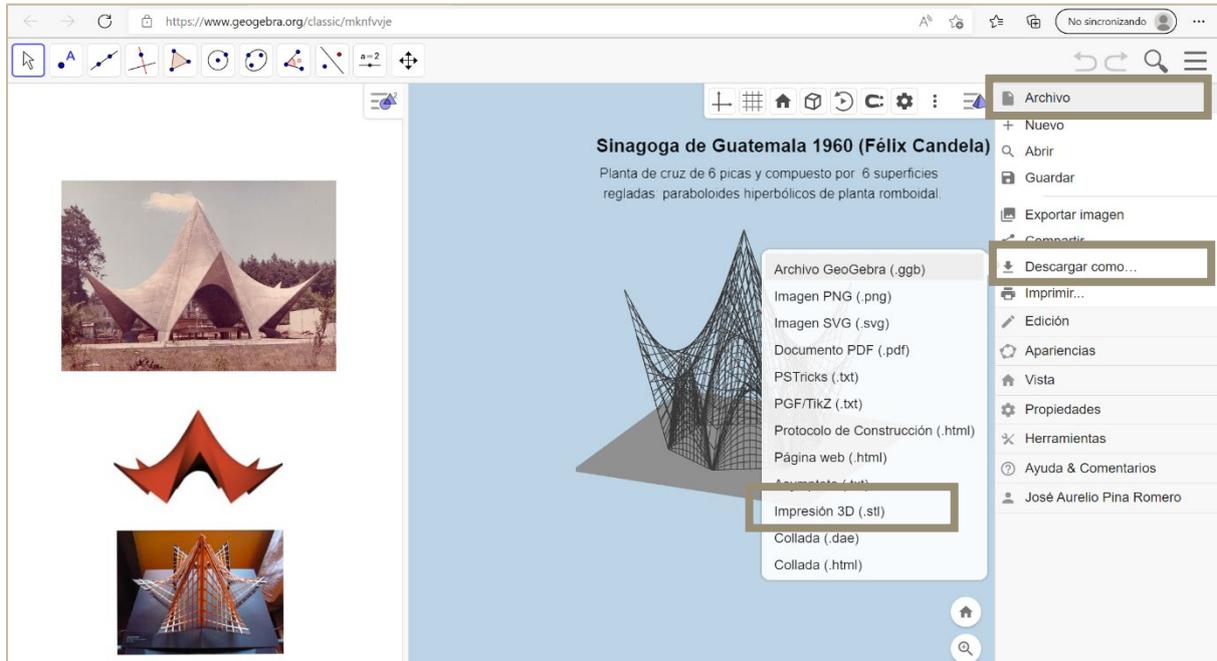
Construcción: [Sinagoga Guatemala 1960 \(Félix Candela\)](#)

The screenshot shows the GeoGebra web interface. At the top left is the GeoGebra logo. The main content area is titled 'Sinagoga Guatemala 1960 (Félix Candela)' with the author 'Autor: José Aurelio Piña Romero'. On the left, there is a photograph of the building and a small 3D model. On the right, a larger 3D wireframe model is displayed. A dropdown menu is open on the right side, showing options: 'Añadir a Favoritos', 'Compartir', 'Publicar', 'Mover a', 'Abrir con GeoGebra' (highlighted), 'Editar Actividad', 'Copiar Actividad', 'Detalles', and 'Borrar'. The text below the wireframe model reads: 'Sinagoga de Guatemala 1960 (Félix Candela) Planta de cruz de 6 picas y compuesto por 6 superficies regladas: paraboloides hiperbólicos de planta romboidal.'

Nota: se puede descargar la construcción, y seguir los pasos mediante la versión 6 de escritorio ([Descargas – GeoGebra](#))



Paso 2: Pulsa en Archivo → Descargar como → Impresión 3D (.stl)



Se puede ajustar las dimensiones y el espesor del objeto (también existe la posibilidad de exportar el objeto con un relleno solido pulsando sobre la casilla, y determinar el grosor en mm)

Impresión 3D (stl)

Ancho	Longitud	Altura
2.5 cm	4 cm	1.5 cm

escala

1.94 units = 1 cm

Espesor

3.5 mm Relleno sólido

CANCELA
DESCARGAR

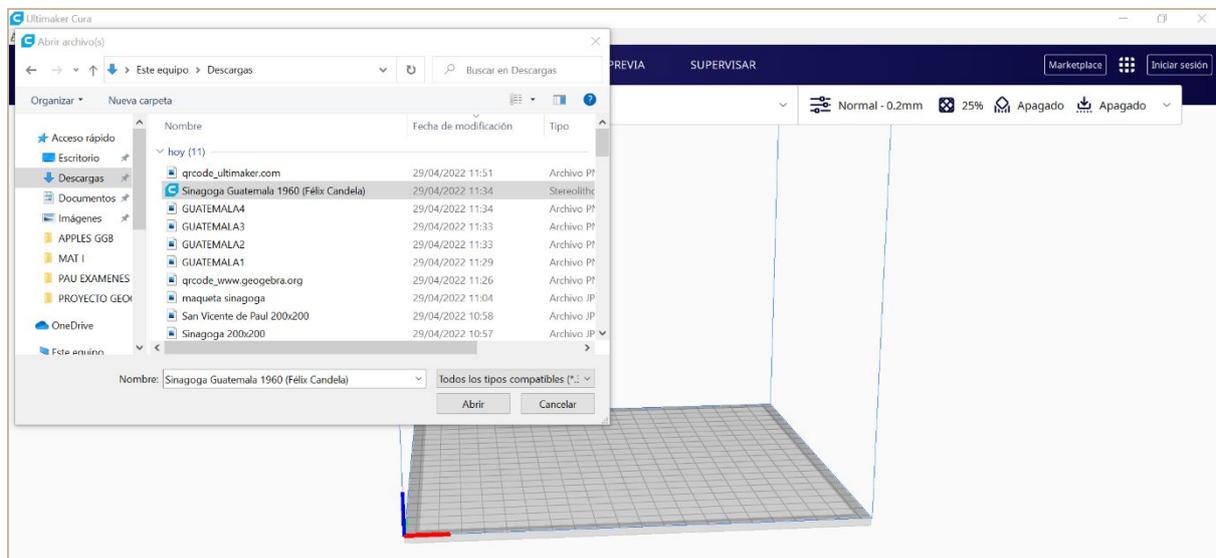
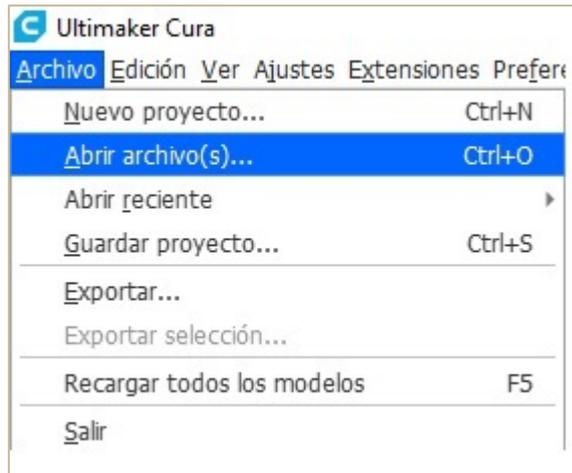
Paso 3: Cargar el fichero en un laminador, en nuestro caso Cura versión 4.13.1

Dos posibles formas de cargar el fichero:

1. Arrastrar el fichero .STL al programa
2. Archivo → Abrir archivo(s)...

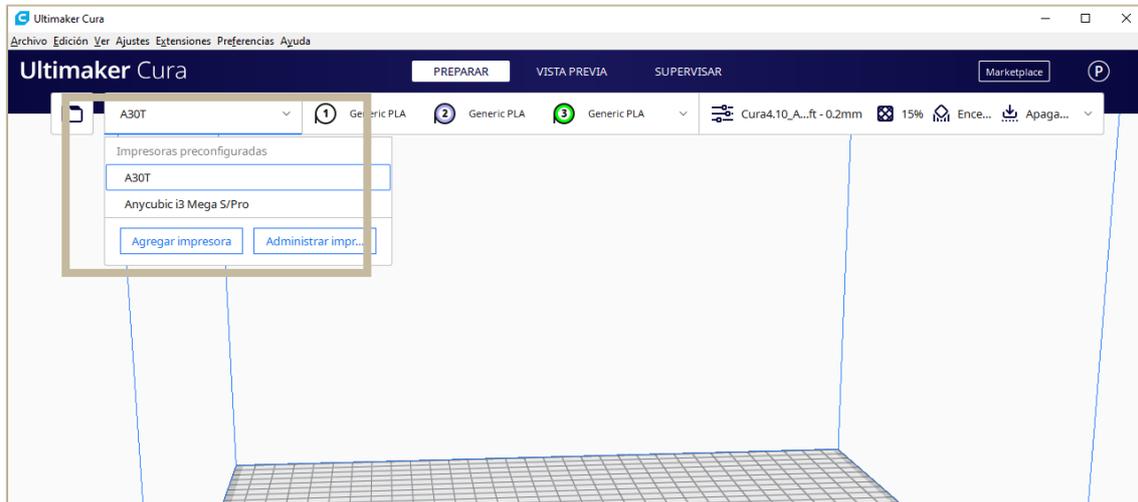


Descarga Cura

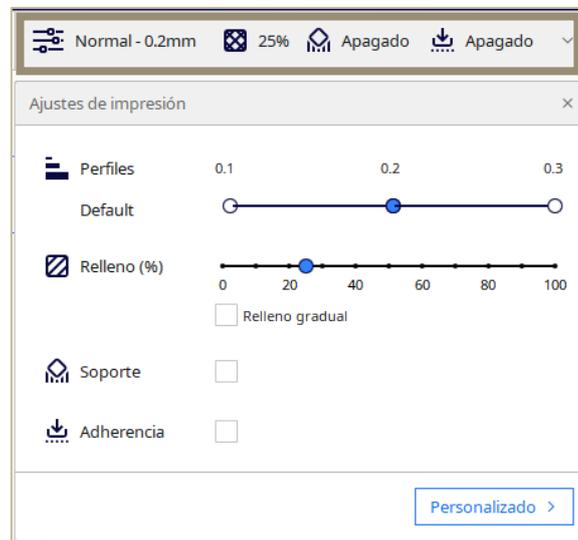


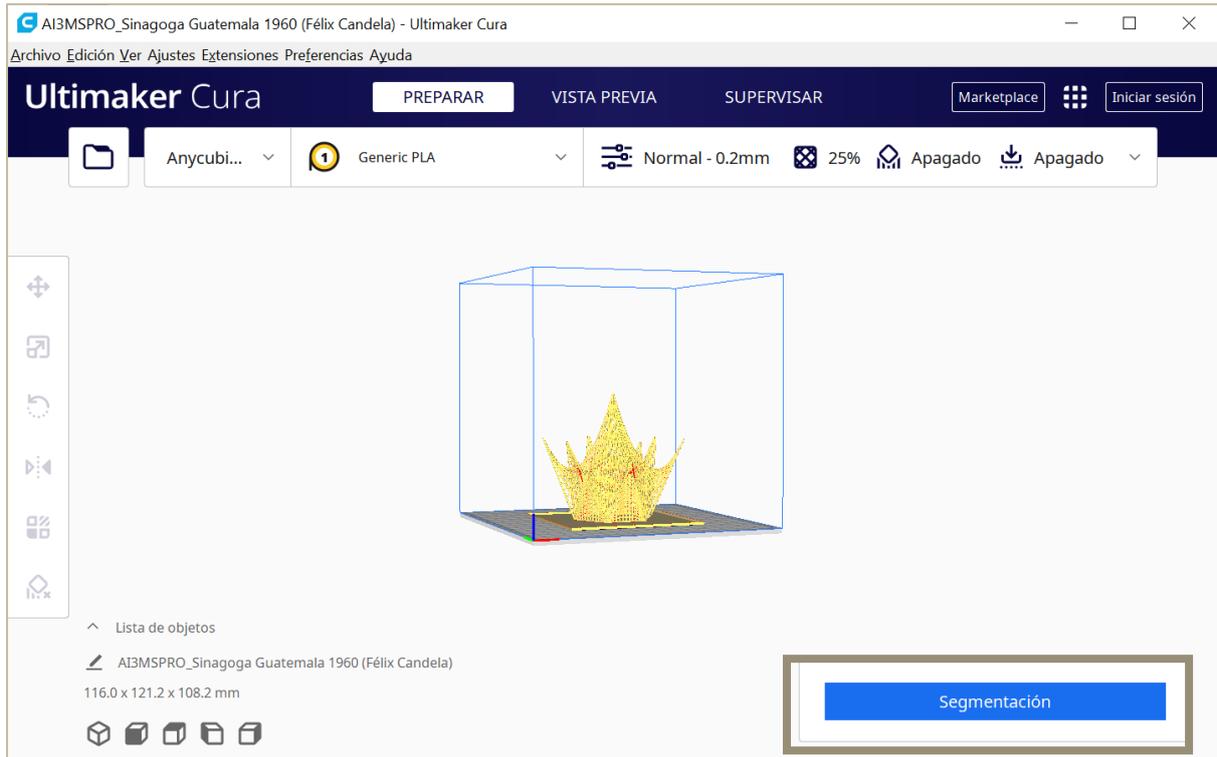
Paso 4: Ajustes en Cura

En primer lugar, hay que seleccionar la impresora con la que quieres imprimir tu pieza que te permitir seleccionar los ajustes de impresión básicos (altura de capa, densidad de relleno, soporte y adherencia).

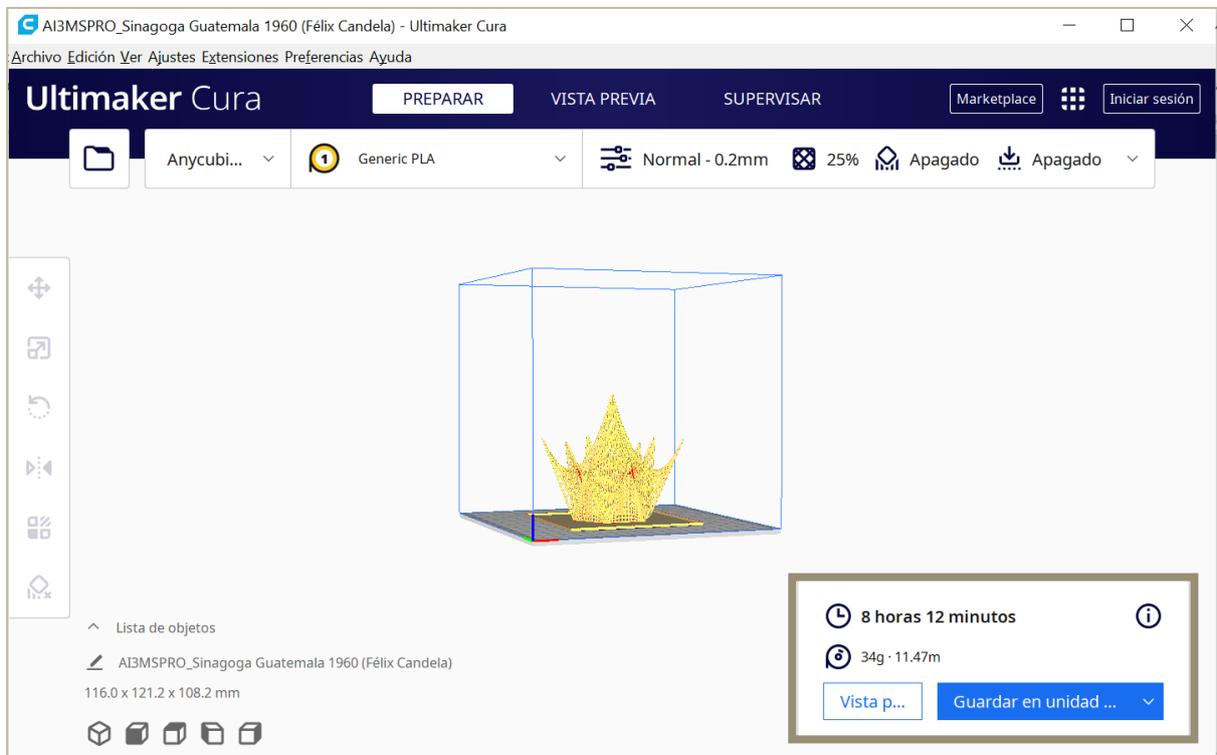


Si pulsamos en la parte superior aparecen los ajustes de impresión básicos (altura de capa, densidad de relleno, soporte y adherencia).

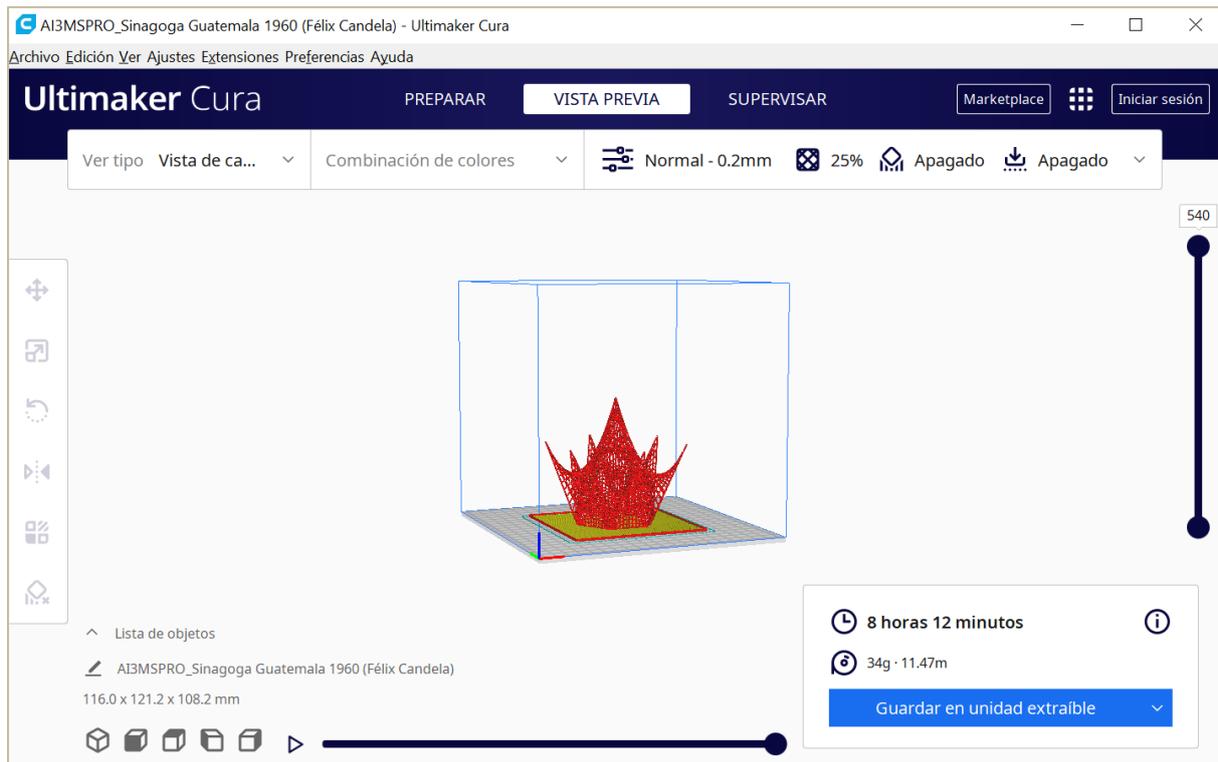




Una vez que se han modificado todos los ajustes oportunos, sólo nos queda segmentar/laminar la pieza en cuestión pulsando en **SEGMENTACIÓN**.



Nos indica el tiempo y la cantidad de material que necesitará.



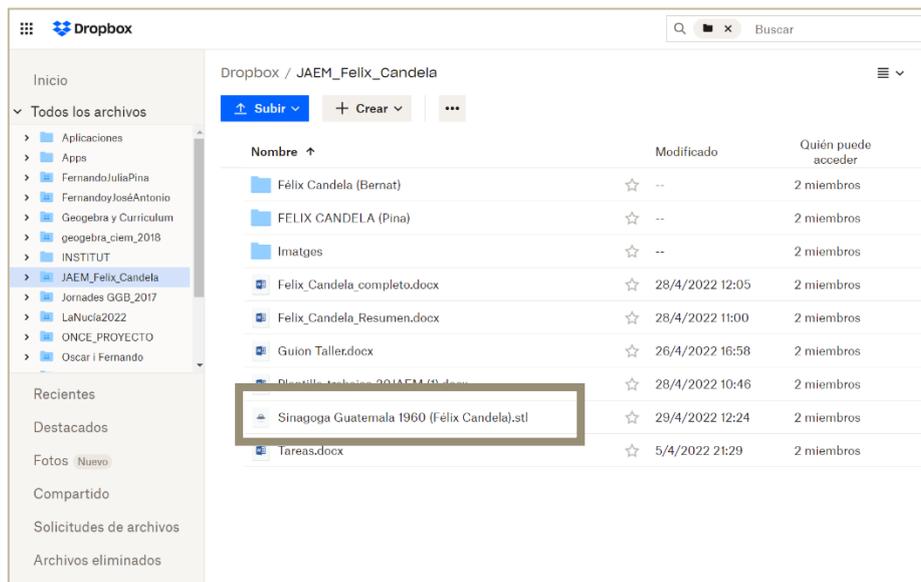
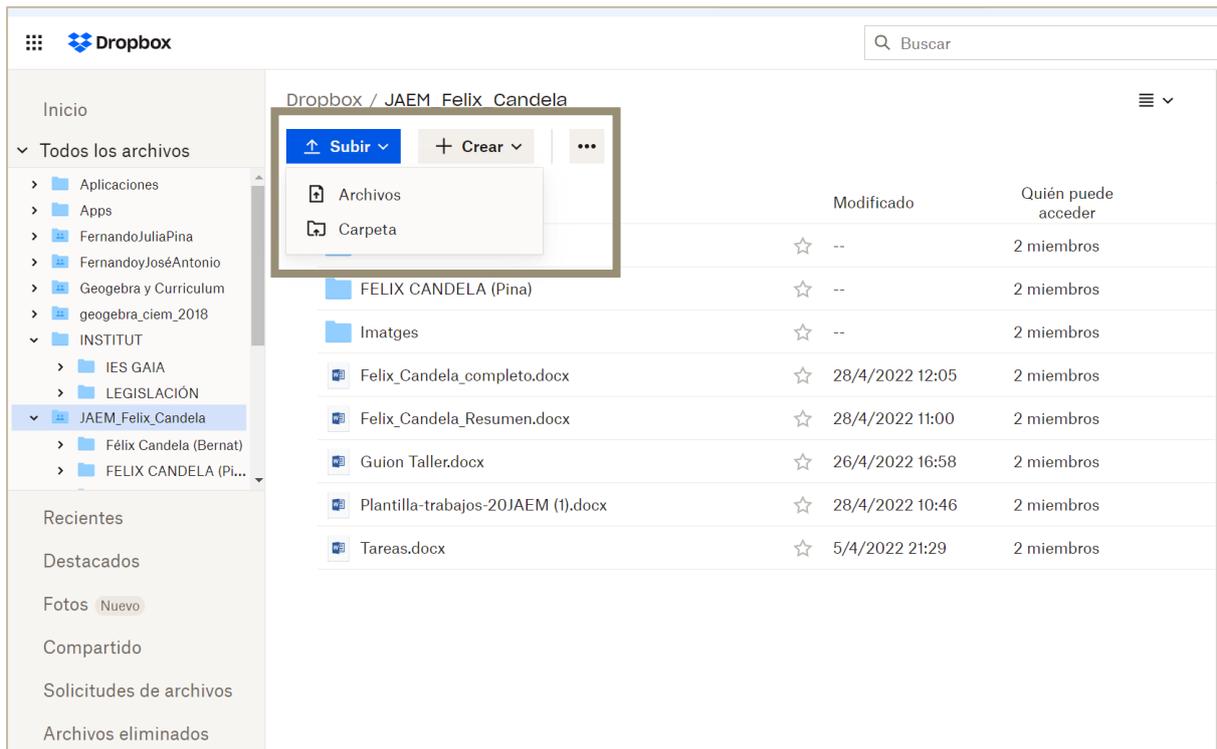
Si pulsamos en VISTA PREVIA, podemos observar como se construirá la pieza capa a capa.

Puede consultar un manual extenso en [Manual extenso Impresión 3D – GeoGebra](#) (Mora et al 2020)

5.3. Realidad aumentada mediante la Graficadora 3D

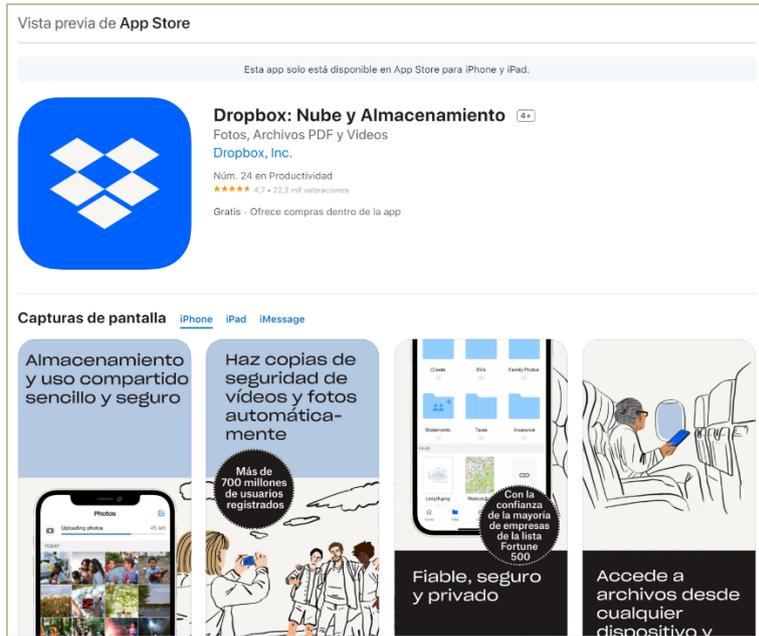
Para poder visualizar la construcción en Realidad aumentada debes de seguir los siguientes pasos:

Paso 1: Descargar la construcción y alojarla en el sistema de almacenamiento en la nube, en nuestro caso se ha empleado Dropbox.



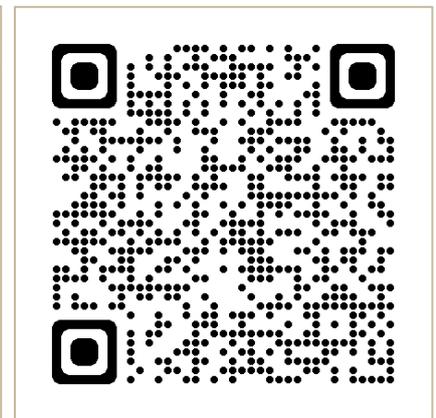
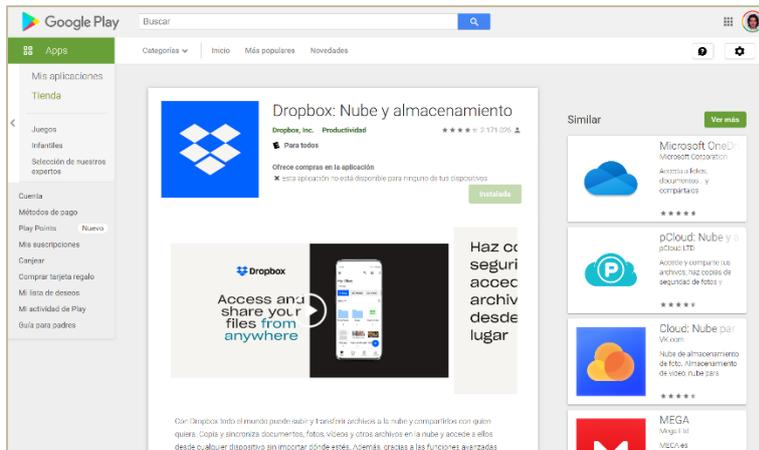
Paso 2: Instalar la aplicación en el dispositivo móvil.

iPhone: acceder a App Store e instalar Dropbox



<https://apps.apple.com/es/app/dropbox-nube-y-almacenamiento/id327630330>

Android: acceder a Play Store e instalar Dropbox

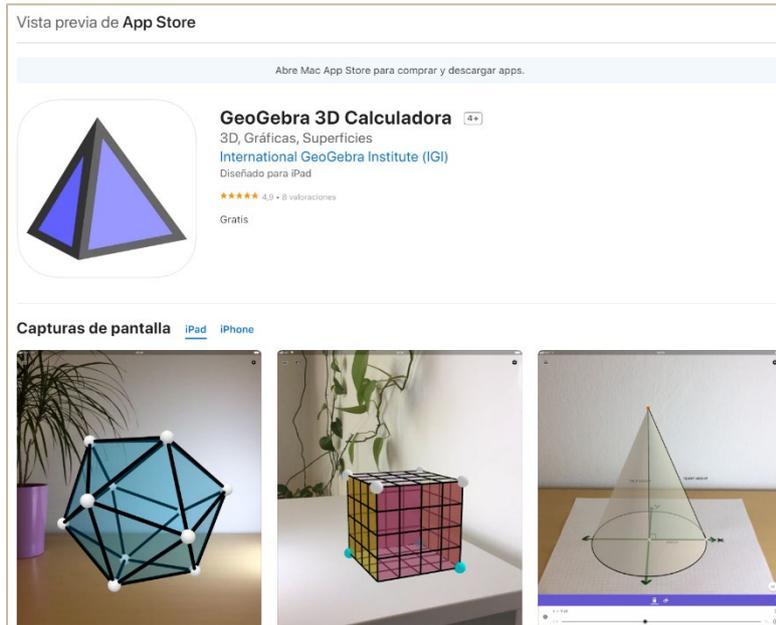


[Dropbox: Nube y almacenamiento - Aplicaciones en Google Play](#)

Paso 3: Instalar Graficadora 3D en el dispositivo móvil.

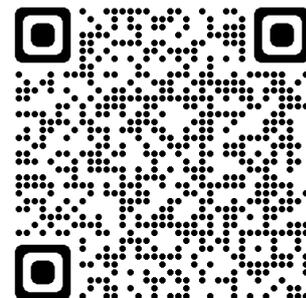
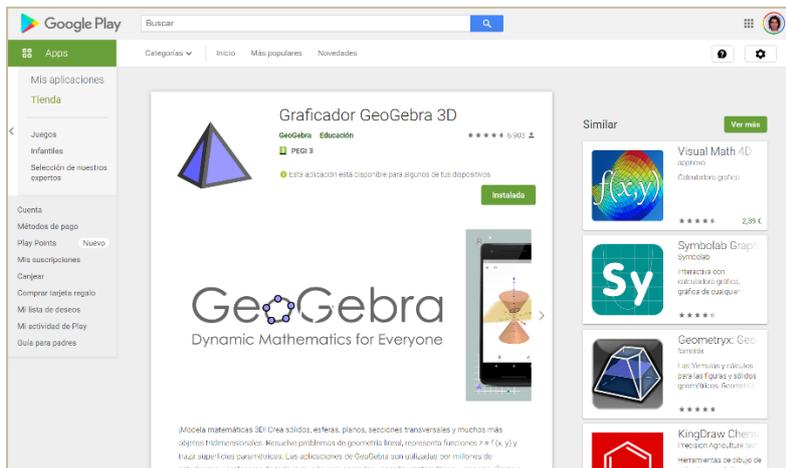
iPhone: acceder a App Store e instalar Dropbox

<https://apps.apple.com/es/app/geogebra-3d-calculadora/id1445871976>

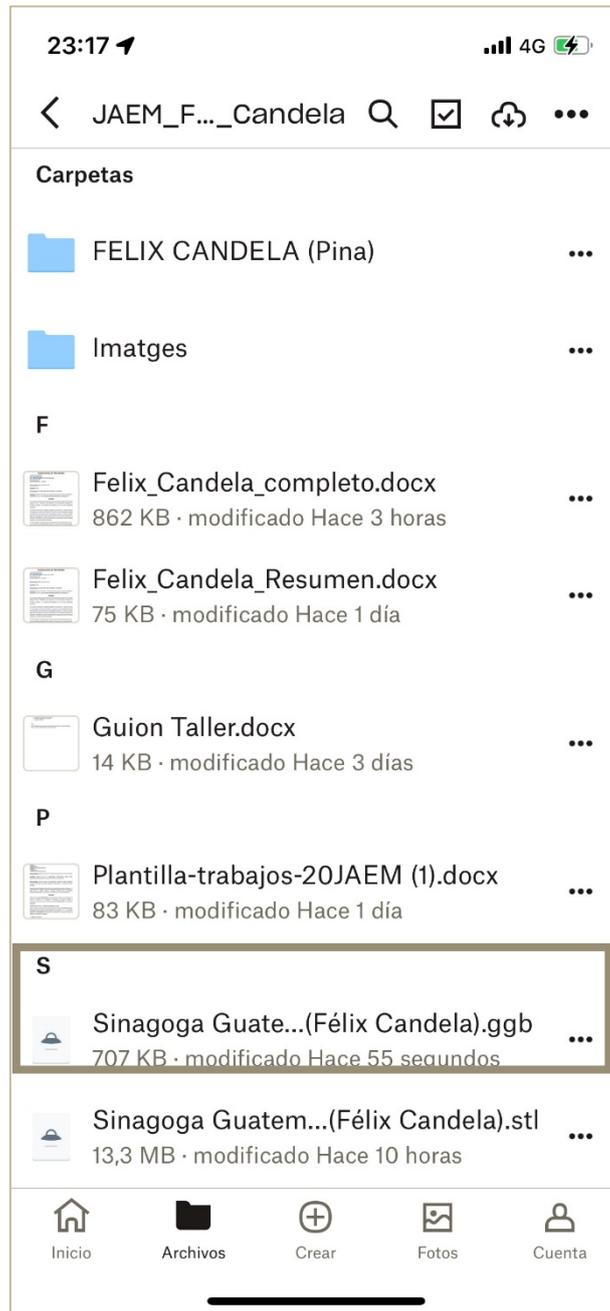


Android: acceder a Play Store e instalar la Graficadora 3D

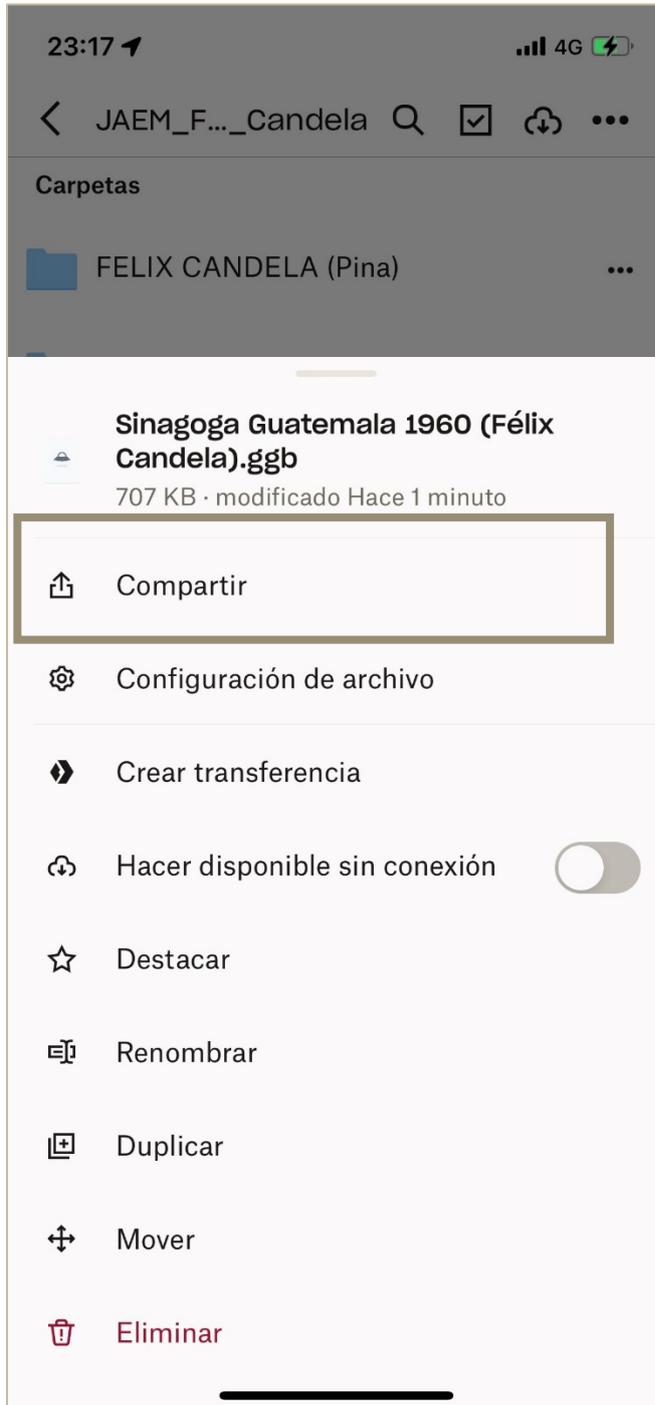
<https://play.google.com/store/apps/details?id=org.geogebra.android.g3d>



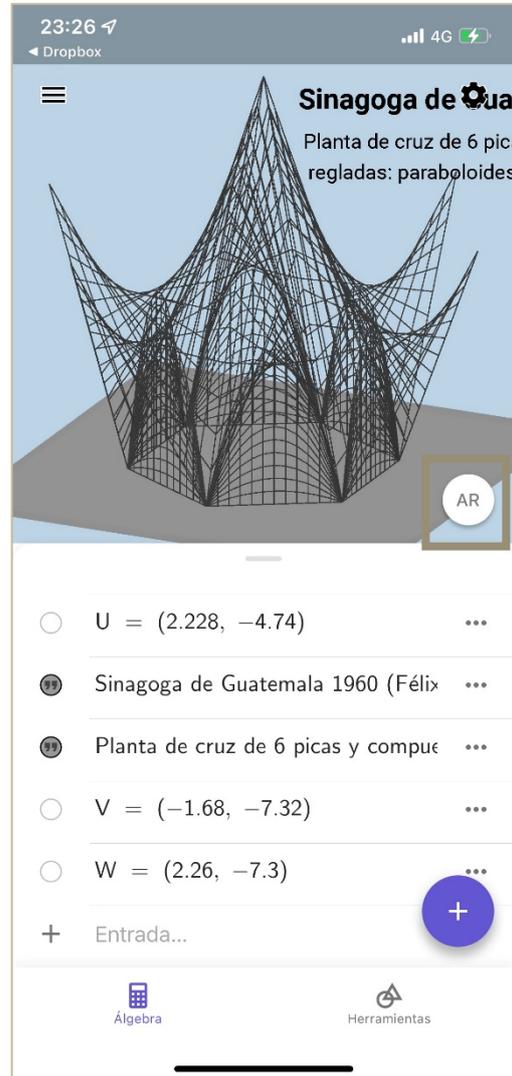
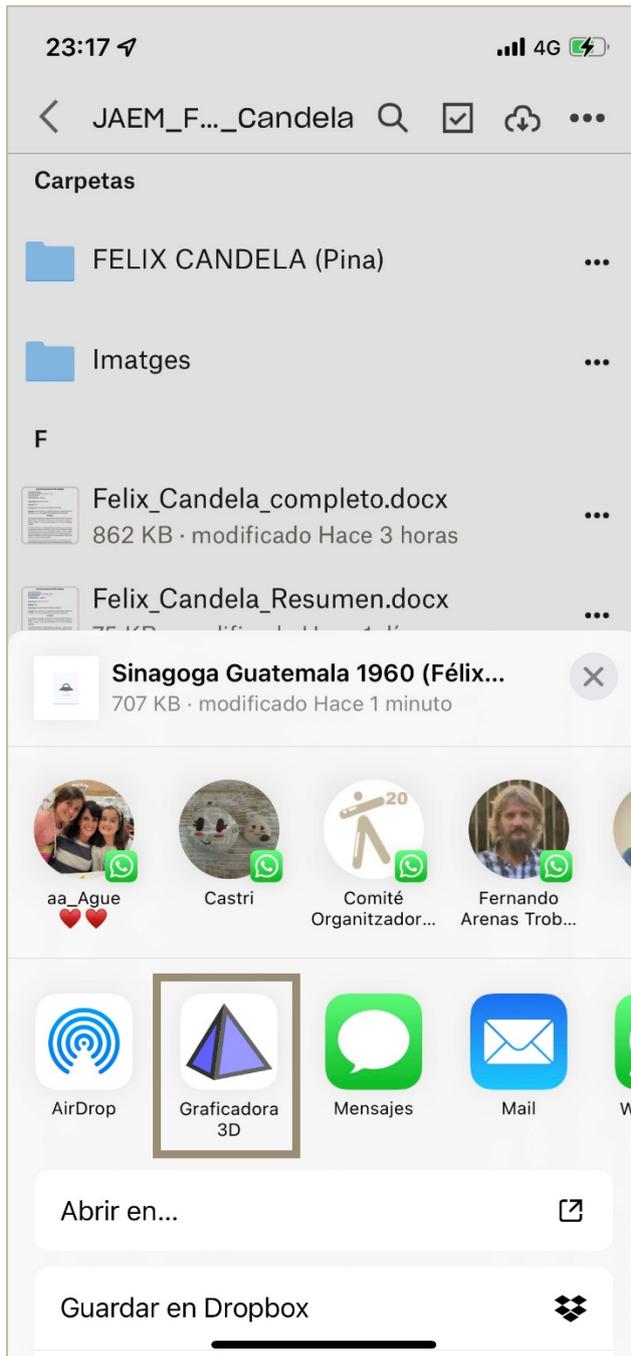
Paso 4: Acceder con el dispositivo móvil al sistema de almacenamiento en la nube, y pulsar en el Applet que quieres abrir con la Grficadora 3D.



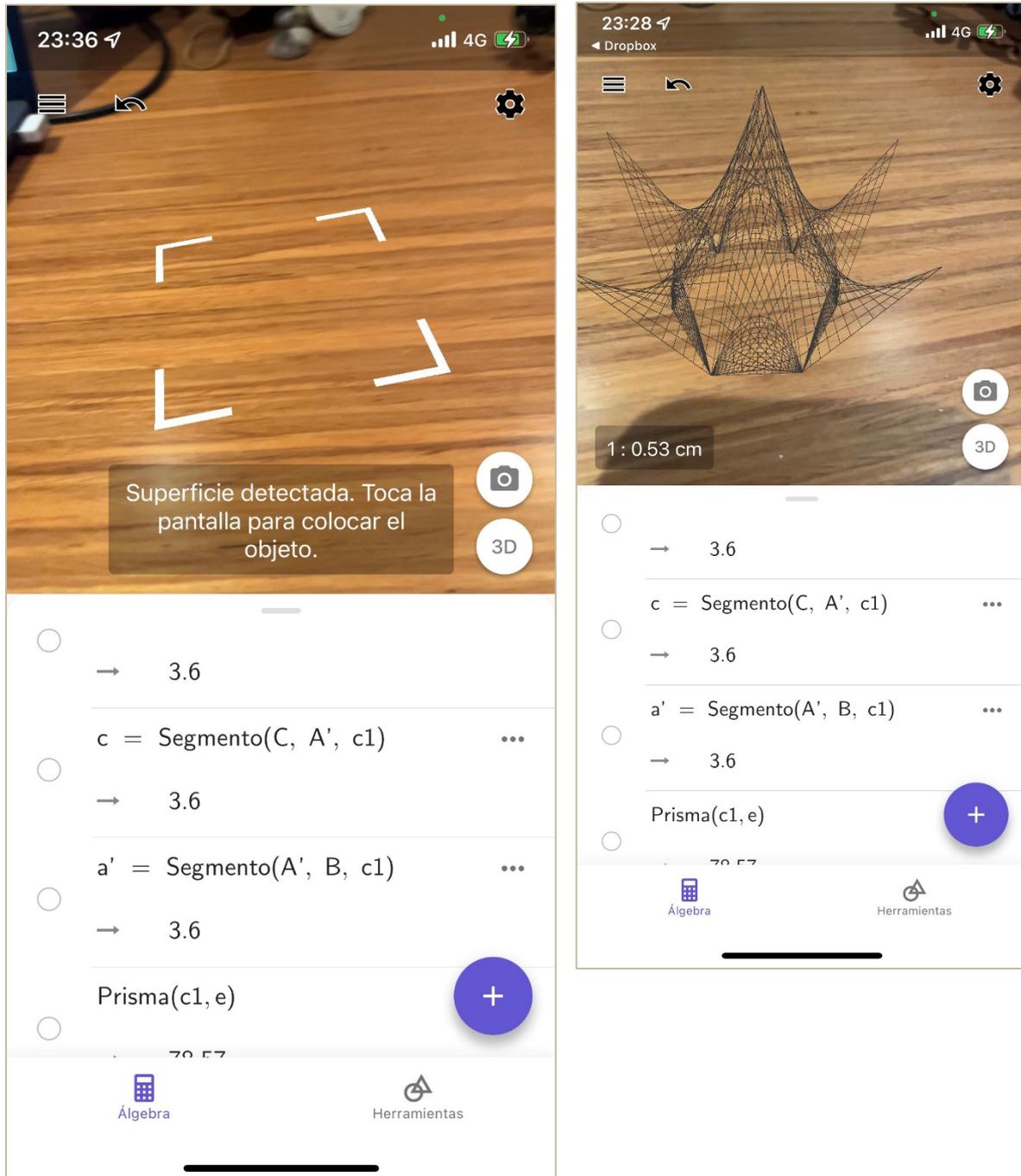
Paso 5: Pulsar en los tres puntos de la parte superior derecha y después en Compartir.



Paso 6: Pulsa en Exportar archivo, y después seleccionar la Graficadora 3D.



Paso 7: Pulsar en AR. A continuación, muévete lentamente para detectar superficies y en el momento que la detecta hay que tocar la pantalla del dispositivo.



Puede consultar una guía de Realidad aumentada en [Manual extenso Impresión 3D – GeoGebra](#) (Mora et al 2020)

6. Referencias

Aguilar, G. (2020). Modelos en GeoGebra para el plano y el espacio. Impresión de materiales 3D para su uso en el aula. Revista do Instituto GeoGebra Internacional de São Paulo, 9(1), 132-146. <http://doi.org/10.23925/2237-9657.2020.v9i1p132-146>

Ancochea Millet, B., Pina Romero, J.A. Construcciones de Félix Candela. Recursos para el aula de GeoGebra. Accesible en <https://www.geogebra.org/m/sdebdxra>

Beltrán Pellicer, P., Rodríguez Jaso, C. Modelado e impresión en 3D en la enseñanza de las matemáticas: un estudio exploratorio. ReiDoCrea, 6: 16 - 28 (2017). [<http://hdl.handle.net/10481/44193>]

Mora, J.A.; Muñoz Casado, J.L. y Pina Romero J.A. (2021). La mitad del cubo. Suma: Revista sobre Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas, Nº 98, 2021, págs. 93-104.

Mora J.A. y Pina Romero JA. (2020). Calidoscopis polièdrics (Capítulo Guía para la impresión 3D). Recursos para el aula de GeoGebra. Accesible en <https://www.geogebra.org/m/bm4heq77>

Reichenberger, S., Lieban, D., Russo, C. & Lichtenegger, B. (2019). 3D Printing to Address Solids of Revolution at School. In S. Goldstine, D. McKenna, K. Fenyvesi & C.S. Kaplan (Hrsg.), Bridges Linz 2019 Conference Proceedings (S. 493-496). Phoenix: Tessellations.