



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Estrategias de diseño y fabricación de envases de plástico para productos de limpieza.

Desing and manufacturing strategies for plastic packaging of cleanning products.

Autor

Antonio Barriendos Perdiguier

Director

Emilio Royo Vázquez

Grado de Ingeniería Mecánica

Escuela de Ingeniería y arquitectura

2024



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe remitirse a [seceina@unizar.es](mailto:seceina@unizar.es) dentro del plazo de depósito)

TRABAJOS DE FIN DE GRADO / FIN DE MÁSTER

D./D<sup>a</sup>. **Antonio Barriendos Perdiguier**

en aplicación de lo dispuesto en el art. 14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza, Declaro que el presente Trabajo de Fin de Estudios de la titulación de Grado en Ingeniería Mecánica  (Título del Trabajo) Estrategias de diseño y fabricación de envases de plástico para productos de limpieza.

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 26/01/2025

Fdo: Antonio Barriendos Perdiguier



## RESUMEN

En este proyecto se ha llevado a cabo el estudio sobre diferentes estrategias de diseño en los envases de plástico para los productos de limpieza, y de los procesos de fabricación más utilizados en estos productos. Se ha realizado una explicación detallada de cómo poder realizar el diseño de estos envases en SolidEdge, que es un software de diseño 3D, en el que se ha realizado el diseño paramétrico de varios modelos seleccionados.

Previamente al diseño, se ha realizado una clasificación completa de los envases de los envases, siguiendo sus características más relevantes.

Para completar el estudio de todo el proceso de fabricación y diseño, se ha explicado detalladamente cómo a partir de los modelos 3D, se diseñan las huellas para los moldes en los que se fabricará cada envase, además de para uno de ellos, con ayuda del Software SE CAM PRO, se ha desarrollado el proceso completo de mecanizado.

## ABSTRACT

In this project, a study has been carried out on different design strategies in plastic packaging for cleaning products, and the manufacturing processes most commonly used in these products. A detailed explanation has been given on how to design these containers in SolidEdge, which is a 3D design software, in which the parametric design of several selected models has been carried out.

Prior to the design, a complete classification of the containers has been carried out, following their most relevant characteristics.

To complete the study of the whole manufacturing and design process, it has been explained in detail how, from the 3D models, the footprints for the moulds in which each container will be manufactured are designed, as well as for one of them, with the help of the SE CAM PRO software, the complete machining process has been developed.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	3
ABSTRACT .....	4
1.Objetivos .....	6
1.1 Introducción .....	6
1.2 Definición del proyecto .....	7
1.3 Cronología y metodología .....	8
2.Clasificación .....	8
2.1 Materiales .....	8
2.1.1 Polietileno de Alta densidad (HDPE).....	9
2.1.2 Polietileno Tereftalato (PET).....	10
2.1.3 Polipropileno (PP) .....	11
2.1.5Poliestireno Orientado (OPS).....	11
2.1.5 Otros materiales.....	12
2.2 Proceso de fabricación.....	13
2.2.1 Moldeo por soplado.....	13
2.2.1.1 Moldeo por extrusión soplado.....	13
2.2.1.2 Moldeo por inyección soplado. ....	15
2.3 Formas y partes. ....	15
2.4 Uso final .....	17
2.5 Reciclabilidad y sostenibilidad .....	17
3. Normativa y legislación .....	17
4.Diseño CAD .....	19
4.1 Modelo 1.....	19
4.1.1 Variación fondo.....	34
4.2 Modelo 2.....	37
4.2.1. Modelado de subdivisión.....	38
4.2.2 Diseño del modelo.....	38
5. Moldes.....	52
5.1 Diseño.....	52
5.2 Mecanizado del molde.....	56
6.Conclusiones.....	69
BIBLIOGRAFÍA .....	70
ANEXO .....	71

## 1. Objetivos

### 1.1 Introducción

Antes de la aparición y el desarrollo de los softwares de modelado 3D que existen en la actualidad el proceso de diseño y fabricación de los envases de plástico, tanto para productos de limpieza en los cuales se va a centrar en este proyecto, como para cualquier tipo de producto, se basaba en métodos más tradicionales que requerían de más tiempos y recursos.

Para empezar, se realizaba un diseño y prototipado manual, a partir de bocetos hechos a mano.

Con los diseños aprobados se fabricaban los moldes para el posterior proceso de extrusión o inyección soplado, un proceso de gran precisión.

Una vez fabricado el envase, se sometía a las pruebas de funcionalidad para verificar su resistencia, ergonomía y que cumpliera con los requisitos del producto y normativas de seguridad antes de comenzar con la producción en masa de los envases.

En la actualidad los softwares avanzados de diseño 3D, como con el que se va a trabajar en este proyecto, permiten reducir tiempos y costes a parte de la creación de diseños con distintas formas, tamaños de manera más precisa.

Además, estos programas, dan la oportunidad de realizar la simulación de comportamiento del envase durante el proceso de fabricación, lo que va a permitir identificar posibles problemas antes de la producción y así asegurar que el diseño sea viable y funcional.

También hay que tener en cuenta la integración y conexión entre los diseños en 3D y la fabricación, facilitando una fabricación más ágil y flexible.

Por lo tanto, la aparición y desarrollo continuo de estos softwares han permitido acelerar el diseño y fabricación de los envases de plástico además de poder mejorar la calidad de los mismos consiguiéndose así una producción más eficiente y sostenible.

## 1.2 Definición del proyecto

En este proyecto se va analizar todo el proceso de fabricación de envases de plástico destinados a productos de limpieza.

El objetivo principal es establecer metodologías de ingeniería para la fabricación de este tipo de envases, definiendo primero, diferentes estrategias de CAD (siglas en inglés de diseño asistido por ordenador) en distintas tipologías de envase, para posteriormente una vez definidos los 3D de dichos envases, realizar el diseño y desarrollo del molde a partir del cual se fabricarán estos productos, con las estrategias de mecanizado correspondientes para poder efectuar las formas de las huellas necesarias de las botellas seleccionadas.

Para realizar este trabajo previamente se va realizar un análisis de las tipologías de los envases en función de su geometría, proceso de fabricación y materiales, entre otras características.

Teniendo los envases clasificados, se han elegido 2 modelos diferentes, en los que basará fundamentalmente el trabajo, analizando las diferentes estrategias de diseño con un software de CAD3D, en este caso SOLID EDGE y para las estrategias y simulación del mecanizado del molde se utilizará SE CAM PRO.



*Imagen 1. Envases de plástico para productos de limpieza.*

### 1.3 Cronología y metodología

**Clasificación y análisis** de los envases de plástico para productos de limpieza que habitualmente se pueden encontrar según sus formas más características, materiales y procesos de fabricación.

**Desarrollo CAD** de los modelos paramétricos que se seleccionen, donde se definirán y explicará cómo llevar a cabo las diferentes estrategias de diseño CAD 3D, mediante SolidEdge, y se analizarán las diferentes opciones que el programa ofrece para el diseño.

**Diseño de los moldes** a partir de los modelos 3D diseñados previamente. Se diseñarán las huellas correspondientes a cada modelo. Se analizarán las diferentes estrategias de mecanizado para la fabricación de este tipo de moldes y mediante el programa SE CAM PRO, se realizará y se explicará la estrategia completa de mecanizado para uno de los moldes seleccionados.

## 2. Clasificación

En este apartado se va a realizar un análisis y una clasificación de los envases, según diferentes criterios.

### 2.1 Materiales

La primera forma de clasificar los envases va a ser, por los materiales con los que están fabricados, y en este trabajo nos vamos a centrar en los materiales plásticos, que es con lo que se fabrican la gran mayoría de envases en la actualidad.

Los principales factores que influyen en la elección del material para la fabricación de estos envases son:

- La resistencia tanto química como mecánica, ya que muchos contienen ácidos, disolventes u otros compuestos.
- El coste, se buscan los materiales más económicos y que mejor cumplan las con las características necesarias para este tipo de envases.
- El impacto ambiental, ya que la sostenibilidad es una consideración cada vez más importante y perseguida en la industria, dándole mucha importancia a que estos envases sean reciclables.

Para la fabricación de envases de productos de limpieza, se utilizan diversos materiales plásticos que ofrecen unas propiedades adecuadas para la durabilidad resistencias y seguridad de los productos que contienen, y en esta industria los principales protagonistas son los termoplásticos, que son los que mejor cumplen los factores comentados anteriormente.

Los termoplásticos son polímeros cuya principal característica es la capacidad de poder ser moldeados repetidamente, ya que conservan sus propiedades de fusión incluso después de haber sido moldeados y solidificados.

Esta propiedad es la termoplasticidad, que permite que los procesos de fabricación de estos envases sean más eficientes y la posibilidad de poder adaptarse a las formas y tamaños cada vez más diversos que encontramos en los envases de algunos productos de limpieza en la actualidad.

Los termoplásticos como ya hemos dicho, pueden ser fundidos y moldeados repetidamente, lo que los hace reusables y reciclables, una característica ideal para la fabricación de estos envases, promoviendo así prácticas más sostenibles en esta industria.

A continuación, vamos a ver los principales termoplásticos empleados para la fabricación de estos envases.

### 2.1.1 Polietileno de Alta densidad (HDPE)

El polietileno de alta densidad, más conocido por sus siglas en inglés, (HDPE, High Density Polyethylene) es un polímero termoplástico, formado por múltiples unidades de etileno.

El polietileno de alta densidad se obtiene mediante la polimerización del etileno, dando lugar así a un polímero de alta densidad molecular, lo que le proporciona una mayor resistencia, dureza y mayor tolerancia a altas temperaturas que es la principal diferencia con el polietileno de baja densidad.

Se trata de un material muy resistente, tanto a impactos como a temperaturas altas y bajas, además de la resistencia mecánica, tiene muy buena resistencia química, ya que no se ve atacado por la mayoría de ácidos ni disolventes.

Es un material incoloro y casi opaco, lo que lo hace ideal para personalizar, ya que tiene facilidad para imprimir pintar y pegar sobre el.

Además, destaca por su facilidad para ser procesado, tanto con procesos de inyección como de extrusión, y como lo son los termoplásticos es un material reciclable.

La principal desventaja es que no es un material biodegradable como la mayoría de los plásticos, lo que contribuye a la contaminación si no es manejado adecuadamente.

El HDPE, tiene el código de reciclaje número 2, símbolo que podemos ver en la parte inferior de los envases. Estos códigos, nos van a ayudar a mejorar la eficiencia del reciclaje.

Por todas estas características, el polietileno de alta densidad es uno de los materiales más utilizados para la fabricación de envases de productos de limpieza.



*Imagen 2. Código de reciclaje del HDPE*

### 2.1.2 Polietileno Tereftalato (PET)

El Polietileno Tereftalato es un termoplástico, de la familia de los poliésteres, que se obtiene de un proceso de polimerización del ácido tereftálico y el etilenglicol, que se combinan mediante una reacción de policondensación.

El polietileno tereftalato tiene una gran resistencia mecánica y térmica. Es transparente y cristalino, lo que lo hace ideal para envases donde sea importante la visibilidad del contenido, aunque admite colorantes.

Ofrece una buena barrera contra la humedad y el oxígeno, además de ser bastante ligero.

Es un material 100% reciclable, pudiéndose volver a usar para la fabricación de muchos tipos de envase, pero no para la industria alimentaria y tiene el código 1 de reciclaje.

Este material es más utilizado en la industria alimentaria para botellas de bebidas, aunque también se usan en productos de limpieza en los que se requiera la visibilidad del producto.



*Imagen 3. Código de reciclaje del PET*

### 2.1.3 Polipropileno (PP)

El polipropileno, es otro termoplástico que se obtiene a partir de la polimerización del propileno y es uno de los materiales más usados, no solo para envases si no para todo tipo de productos plásticos.

Es un material muy ligero y su versatilidad lo hace compatible con la mayoría de técnicas de procesamiento.

Su principal característica es la gran resistencia mecánica que tiene tanto a los impactos como a la fatiga, además de tener un elevado alto punto de fusión lo que le permite también trabajar a altas temperaturas.

Cuenta con una buena resistencia química lo que lo hace también un material idóneo para la fabricación de envases para este tipo de productos, además de ser también 100% reciclable.

Como ya hemos comentado, por tanto, este material es idóneo para envases y productos con elevada exposición al calor, y sobre todo de usa para la fabricación de tapones y cierres.



*Imagen 4. Código de reciclaje del PP*

### 2.1.5 Poliestireno Orientado (OPS)

El poliestireno orientado, es un tipo especial de poliestireno, que se obtiene mediante un proceso de orientación ya sea unidireccional o bidireccional de las moléculas del polímero, con lo que conseguimos una mejora de las propiedades mecánicas de este material, haciéndolo más resistente y flexible y adecuándolo para unas aplicaciones en las que se requiera un rendimiento superior al del poliestireno.

Como he comentado, se puede hacer con una orientación unidireccional con que las cadenas de polímeros se estiran en una sola dirección obteniendo así, una mayor resistencia a la tracción y más rigidez en esa dirección.

O mediante una orientación bidireccional en la que las cadenas se estiran en ambas direcciones tanto longitudinal como transversal, obteniendo así unas propiedades mas equilibradas en cuanto a resistencia y flexibilidad.

Este material se usa para productos cosméticos y algunos envases de limpieza que requieran esta transparencia y un aspecto brillante y de alta calidad, pero sobre todo es utilizado en alimentación para fabricar tupperes.

Como el Poliestireno se le aplica el código 6 de reciclaje.



*Imagen 5. Código de reciclaje del PS*

#### 2.1.5 Otros materiales

A parte de estos materiales que hemos destacado, hay muchos más con los que se fabrican estos envases, aunque de forma más minoritaria y que requieran unas características más especiales.

Por ejemplo, tenemos el polietileno de baja densidad (LDPE) que es usado para envases más flexibles y que no requieran de tanta resistencia a impactos y temperaturas, ya que este a diferencia del HDPE, es mucho más flexible y menos rígido, y aunque cuenta también con buena resistencia química las prestaciones no son tan elevadas como el de alta densidad. Su código de reciclaje es el 4.

También encontramos envases de PVC, cuando se requieren envases mucho más rígidos y resistentes.

## 2.2 Proceso de fabricación

Para la fabricación de estos envases plásticos, se emplean diferentes métodos, dependiendo de las características del envase, ya sean por el diseño del mismo, el material a utilizar o los ritmos y volúmenes de producción precisados para la fabricación de cada uno de los envases.

Una vez estudiadas todas estas variables se escogerá el método que mejor se adapte y optimice tanto en tiempos como en costos, el proceso de fabricación.

### 2.2.1 Moldeo por soplado

Los métodos más empleados para la fabricación de estos envases son los moldeos por soplado, ya que permiten obtener recipientes huecos con materiales termo plásticos. Esta técnica consiste en la expansión de un tubo inicial de polímero reblandecido sobre las paredes del molde deseado. La forma más común de denominar el tubo de material es parison.

Los materiales más utilizados en los procesos de soplado son el PE, PP, PVC, PET y PC y los copolímeros del PET y PP.

Los 2 métodos básicos de moldeo por soplado son el moldeo por extrusión soplado y el moldeo por inyección soplado, y la principal diferencia es la forma con la que se consigue el parison.

#### 2.2.1.1 Moldeo por extrusión soplado.

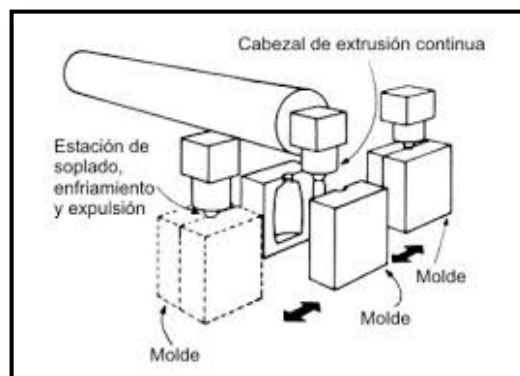
En este caso el parison es generado mediante un proceso de extrusión, al pasar el fundido por un dado anular.

Una vez obtenido el flujo de material, las dos partes del molde se desplazan y cierran el tubo por un extremo, mientras que por el otro se introduce el aire a presión por un conducto de soplado.

Una vez se realiza este soplado, la pieza se enfría y se expulsa del molde.

Con este proceso se puede conseguir una elevada producción.

Este proceso también se puede realizar con una extrusión de manera continua, en el que el parison se obtiene de forma continua y se necesitan varios mecanimos para capturarlo y llevarlo a la etapa de soplado. El proceso puede requerir el uso de varios moldes, ya sean mediante un sistema deslizante o rotativo para mantener un flujo constante de producción.



*Imagen 6. Proceso extrusión soplado*

En la imagen 6, se puede ver un sistema de producción soplado continuo deslizante, en el que el parison se extrae de forma continua, y los moldes se deslizan primero para cortar el tubo de material y posteriormente hasta una estación de soplado y enfriamiento.

Este proceso es muy adecuado para los termoplásticos que se degradan con el calor, ya que así están menos tiempo sometidos a altas temperaturas.

Es muy importante el control sobre la sección transversal del parison con la que se va a poder conseguir espesores uniformes o variables de forma intencionada, y conseguir reforzar así ciertas partes del producto.

Es el proceso más sencillo de soplado y con el que se fabrican más del 75% de los envases.

Se pueden conseguir una gran variedad de formas de envases, tamaños y producción de productos huecos con asas o mangos.

Los rangos de espesores más utilizados según los materiales más utilizados son los siguiente:

- HDPE: Espesores entre 0.3 a 1.5 mm, (siendo entre 0.5- 1mm los espesores más comunes en los envases para uso domésticos).
- PP: Espesores entre 0.5 a 2mm
- PET: Espesores entre 0.2 y 0.8mm

Los moldes son menos costosos, ya que normalmente están divididos en 2 partes y la rosca, o la forma de la boca de la botella se realiza durante el mismo proceso de soplado. Como no tienen que soportar altas presiones se usan moldes de aluminio, acero o aleaciones de cobre-berilio, pero los más usados sin duda son los de aluminio, ya que presentan mejor equilibrio entre conductividad térmica duración y coste.

Para el diseño del molde hay que considerar la contracción del material, por lo que la dimensión del molde tiene que ser mayor que la dimensión deseada del producto para compensar la contracción.

La fórmula básica para dimensionar el molde es la siguiente:

Dimensión fina  $\times (1 + \text{Contracción})$ .

Hay diversos factores que influyen en la contracción, como:

- Temperatura del material, ya que una temperatura muy elevada de partida puede generar mayor contracción hasta que se enfríe por completo.
- Velocidad de enfriamiento: Si el enfriamiento se produce de forma más rápida, se reduce la contracción.
- Espesores de los envases, ya que a mayores espesores se suelen experimentar mayores contracciones.
- Diseño del molde, ya que zonas con geometrías complejas pueden provocar variaciones locales de contracciones.

Los valores habituales de contracción para los materiales son los siguientes:

- HDPE: Entre 1.5-3%, debido a su estructura semicristalina tiene una contracción moderada.
- PP: Entre 1-2.5%, debido a su también estructura cristalina y todavía menor densidad, la contracción es todavía menor.

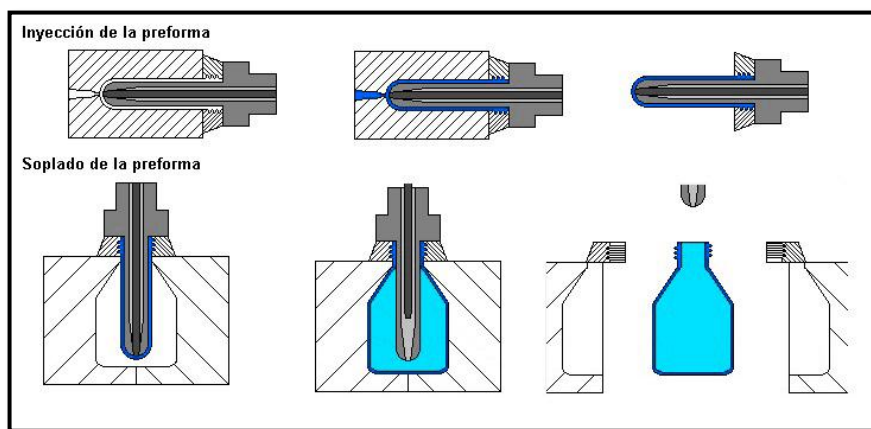
- PET: Entre 0.2-0.5%, es un material de naturaleza amorfo con baja contracción térmica, que lo hace ideal para productos con tolerancias dimensionales precisas, lo que no es una característica muy relevante para los envases que se van a estudiar.

Hay que destacar que una vez se obtiene el recipiente es necesario recortar el exceso de material sobrante.

### 2.2.1.2 Moldeo por inyección soplado.

En este caso el parison, se obtiene mediante la inyección de l fundido en un molde consiguiendo una preforma.

La preforma aún caliente y sin ser deformada se introduce en el molde de soplado, donde se produce el soplado, enfriamiento y expulsión.



*Imagen 7. Proceso de inyección soplado*

En la imagen 7, se puede ver el proceso de inyección soplado, donde primero como ya se ha comentado se obtiene la preforma, para posteriormente pasarla al molde y realizar el proceso de soplado.

Con este proceso normalmente las velocidades de producción son menores.

El proceso de fabricación de la preforma es independiente al del soplado y esto permite producir y almacenar las preformas para el posterior soplado, realizando un acondicionamiento térmico antes de realizar dicha operación.

Este proceso puede ser también biorientado, mediante un tubo de soplado telescópico que empuja el fondo de la preforma para facilitar la expansión completa de la misma.

Este proceso es menos usado para este tipo envases.

Se usa con envases más bien pequeños y sin cavidades(asas o mangos).

Este método es más usado para botellas de bebidas, pero también se usan en algún envase de productos de limpieza.

## 2.3 Formas y partes.

En cuanto a formas, en la actualidad, como se ha comentado en la primera parte del trabajo, gracias a los avances en los softwares de diseño 3D, se ha conseguido el diseño y la fabricación de envases con infinidad de formas y tamaños.

Para agruparlos en cuanto a formas, nos se agruparán en 3 grandes grupos.

- Botellas, en este grupo se encuentran botellas con menor capacidad, normalmente entre 0,75L hasta 1,5L, y con geometrías más sencillas. La gran mayoría suelen tener cuerpos cilíndricos, aunque también se encuentran con cuerpos de formas prismáticas, y en prácticamente todas se encuentra una zona rebajada para colocar una etiqueta que rodee toda la botella. Estos envases suelen estar destinados productos de limpieza del hogar que se disuelven en agua, como friegasuelos o lejía.
- Trigger, se caracterizan principalmente porque van acompañados de un pulverizador o vaporizador, que se acciona mediante un mecanismo de gatillos, de ahí el nombre de “trigger”. Estos envases son muy comunes para productos de limpieza, de aplicación directa ya que se consigue aplicar el producto de manera precisa y controlada sobre la superficie, por ejemplo, limpiacristales o todo tipo de desinfectantes para superficies. Suelen tener diseños ergonómicos y cómodos para su uso, con bases más grandes que la parte superior y con zonas para facilitar el agarre y la posición de los dedos, y los hay con todo tipo de cuerpos, ya sean cilíndricos trapezoidales, prismáticos....
- Garrafas, son envases de mayor tamaño y capacidad, suelen incorporar asas y mangos para la manipulación. Estos envases suelen estar más destinados a detergentes si son para uso doméstico, y la mayoría incorporan un dosificador en el tapón. O bien para usos más industriales ya que tiene mayor capacidad.



*Imagen 8. Botella    Imagen 9. Trigger    Imagen 10. Garrafa*

Las partes principales de las botellas son el fondo, cuerpo y la boca.

Se encuentran múltiples tipos de fondos en el mercado, ya sean planos, con refuerzos, o con rebajes para conseguir algo más estético.

En la boca dependiendo del tipo de fabricación suelen variar, ya que los envases fabricados por inyección soplado van con rosca que se fabrica en la preforma y suele tener varias entradas, mientras que en los envases de extrusión en caso de llevar rosca es más simple y se copia directamente en el soplado o directamente los tapones se introducen a presión.

En cuanto a los radios más característicos de estos envases, encontramos radios hasta unos 8 mm en la zona de la base, dependiendo del tamaño del envase, y radios entre 2 y 4 mm en las zonas de transición por ejemplo entre el cuerpo y la boca.

En zonas de geometrías complicadas, destinadas a detalles más estéticos, o grabado de logos, por ejemplo, se pueden encontrar radios inferiores a 1mm, con valores desde 0.5mm a 1mm.

## 2.4 Uso final

En este campo podríamos clasificar los envases en 2 grandes grupos:

- Envases de productos de limpieza para uso domestico, en este grupo encontramos envases de botellas y pequeñas garrafas de 2 o 3 litros, para detergentes, limpiadores de baños, superficies, lavavajillas...
- Envases de productos de limpieza para uso industrial, donde se encuentran de mayor capacidad y más resistentes a productos químicos de limpieza y desinfectantes más agresivos y especializados. Estos envases ya no cuentan con dosificadores y son garrafas o bidones de gran tamaño, donde la estética del envase pasa a un segundo plano.

## 2.5 Reciclabilidad y sostenibilidad

Una manera de clasificar este tipo de envases sería según sean envases reciclables o no.

Los plásticos como el PET, HDPE, PP o OPS, de los que se ha hablado anteriormente son materiales reciclables.

Este tipo de materiales son los más comunes para todo este tipo de envases, y como se verá en apartados posteriores, la fabricación de estos, está regulada por diversas normativas tanto a nivel nacional como internacional con el objetivo de garantizar una correcta gestión de residuos, el reciclaje y uso de materiales sostenibles.

A pesar de esto todavía quedan envases que no son reciclables, como los fabricados con ciertos tipos de PVC, o plásticos mezclados con otros materiales no reciclables.

La gran mayoría de los envases destinados a productos de limpieza si son reciclables ya que la industria de estos envases se encuentra bajo mucha presión para reducir estos materiales no reciclables.

Por otro lado, y también todavía poco comunes encontraríamos envases biodegradables, fabricados con bioplásticos. Con estos envases se pretende reducir en mayor medida si cabe el impacto ambiental y se usan principalmente en productos de limpieza sostenibles.

## 3. Normativa y legislación

En España y la Unión Europea, la fabricación, comercialización y gestión de este tipo de envases plásticos, está regulada por una serie de normativas.

Están principalmente orientadas a garantizar la seguridad de los consumidores que acaban comprando los productos de limpieza, promover y mejorar la sostenibilidad durante la fabricación y reducir el impacto ambiental de los plásticos, mediante una correcta y marcada gestión de residuos y reciclaje de los materiales.

Toda esta normativa esta recogida en el **Real Decreto 1055/2022, sobre envases y residuos de envases**, que adapta a la legislación Española la Directiva 94/62/CE, que adoptó la Unión Europea, con el fin de cumplir el compromiso adquirido en el V Programa de Acción Comunitario en materia de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.

El objetivo principal de este Real Decreto es fomentar una gestión mas sostenible y eficiente de los envases, promoviendo la reducción de residuos, el reciclaje y la reutilización de los materiales, fijando unos objetivos de reciclado a cumplir en un plazo de cinco años y revisarse a partir de este momento.

Tiene por objetivo que en 2030 todos los envases que se comercialicen sean reciclables y reutilizables siempre que sea posible.

También habla del diseño de los envases, ya que indica que los envases deberán diseñarse de forma que a lo largo de todo su ciclo de vida se reduzca su impacto ambiental y la generación de residuos, sin comprometer los niveles de seguridad e higiene para el producto envasado y el consumidor.

Por otro lado, estos envases deben cumplir también ciertas reglas sobre etiquetado, para informar al consumidor sobre el uso seguro, riesgos asociados y las precauciones a tomar.

Esta información se encuentra en reglamento **CE Nº1272/2008** del parlamento europeo, en el que se establece como deben etiquetarse los productos químicos, en los que se incluyen los productos de limpieza, y en el que se indica que las etiquetas deben incluir pictogramas de advertencia, frases de peligro y precaución e instrucciones sobre el almacenamiento del producto.

## 4. Diseño CAD

En este apartado, una vez ya se tienen identificadas las diferentes geometrías y formas de los envases junto con sus procesos de fabricación, se van modelar, mediante el software de diseño 3D de Siemens, SolidEdge, varios modelos seleccionados. Se aprenderá como realizar el diseño de los modelos desde 0, trabajando con diferentes estrategias de diseño.

### 4.1 Modelo 1.

La primera botella que se ha seleccionado es la siguiente:



*Imagen 11 y 12. Imagen frontal y fondo del modelo.*

Para este primer diseño se ha seleccionado una botella tipo Trigger, que cuenta con esa forma tan peculiar en la parte del agarre junto con esas hendiduras para diferenciar la posición de los dedos.

Otro punto reseñable de la geometría es el fondo, que en este caso es un fondo plano, sin rebajes ni nervios.

Como se puede leer en el fondo, es un envase fabricado en Polietileno de Alta densidad HDPE, que como ya se ha comentado antes es uno de los materiales mas utilizados para fabricar este tipo de productos dadas sus buenas características.

Esta fabricado mediante el proceso de extrusión soplado para poder conseguir esa geometría de la botella.

En el fondo se puede apreciar también ese exceso de material que tiene que ser recortado tras el proceso de soplado, donde se juntan las 2 paredes laterales que forman el molde.

Según las características que se han analizado anteriormente, se puede clasificar como un envase reciclable por el material, de uso doméstico por el tamaño ya que es un envase de 0.75 L y de tipo trigger con el dosificador en spray.

Este va a ser el envase principal con el que se va a trabajar y se va a realizar tanto el diseño completo en 3D, como el proceso de fabricación completo del molde para el proceso de extrusión soplado.

Para empezar se crea un nuevo archivo de pieza en Solid Edge,



Imagen 13. Menú Solid Edge

Y una vez se tiene el archivo creado, lo primero que se va a hacer es pasar el modelo de trabajo de síncrono a ordenado para ver en el árbol de operaciones todo el historial.

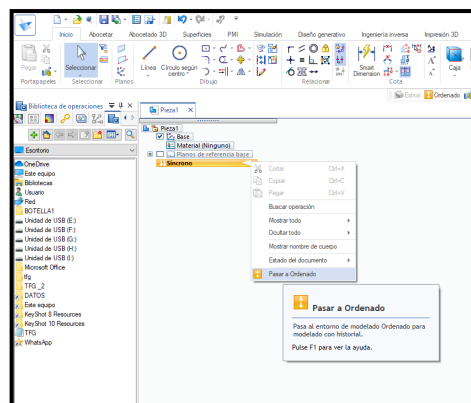
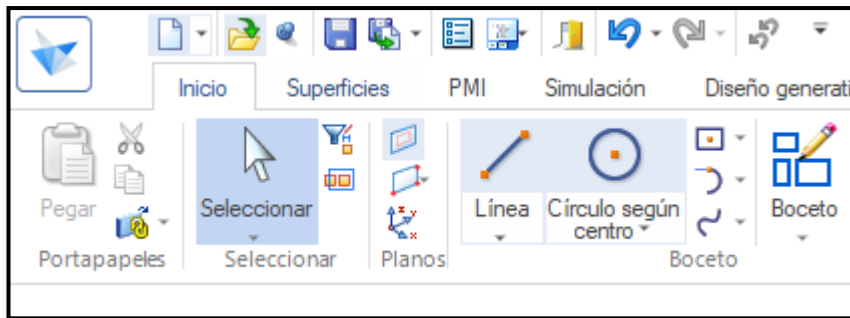


Imagen 14. Pasar a ordenado

Ahora sí, ya se puede comenzar con el diseño del modelo.

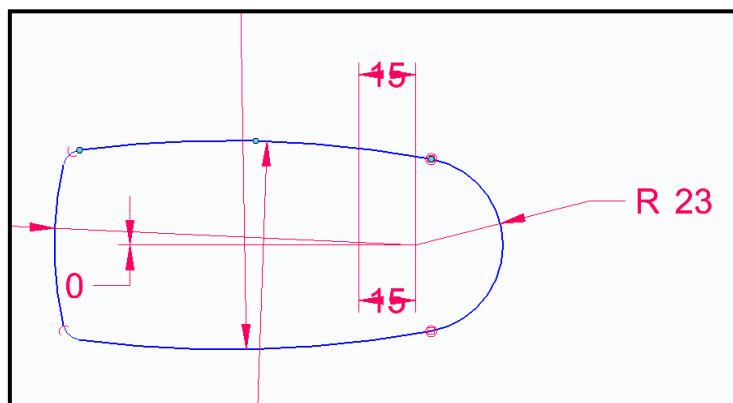
En primer lugar se va a crear el cuerpo inferior de la botella, para ello se va a dibujar el diseño del fondo, en el plano XY, ya que así se tendrá la botella colocada en el origen de coordenadas.

Para ello, desde el la barra de inicio se crea un nuevo boceto, seleccionando como plano el XY, que como se ha dicho anteriormente es el que se quiere para tener el fondo de la botella coincidiendo con el origen, en caso de querer otro plano simplemente habría que crear otro plano en la posición en la que se quisiera realizar el boceto.



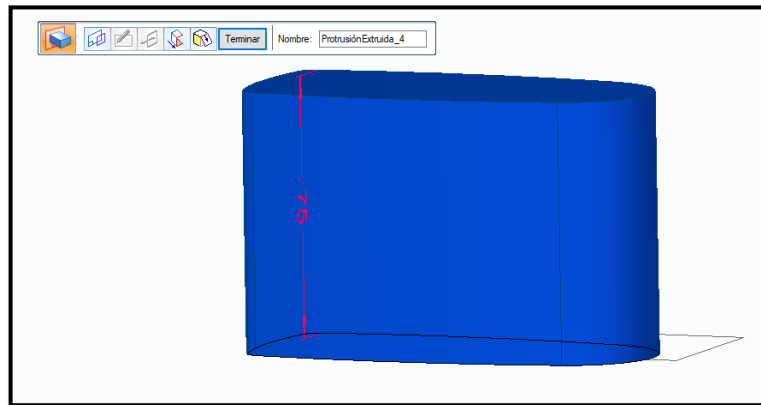
*Imagen 15. Barra inicio SE.*

Con el plano seleccionado, se dibuja lo que va a ser la base del cuerpo inferior de la botella, aplicando tangencias para que no se generen luego aristas vivas que puedan provocar errores posteriores en el diseño de la botella.



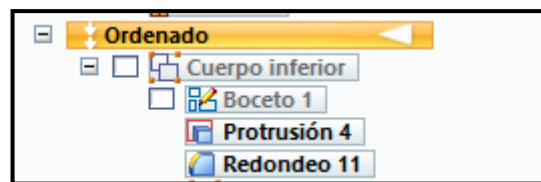
*Imagen 16. Boceto base botella*

Con el boceto creado el siguiente paso es realizar una extrusión hacia arriba con la altura deseada, en este caso de 75mm.



*Imagen 17. Protusión extruida*

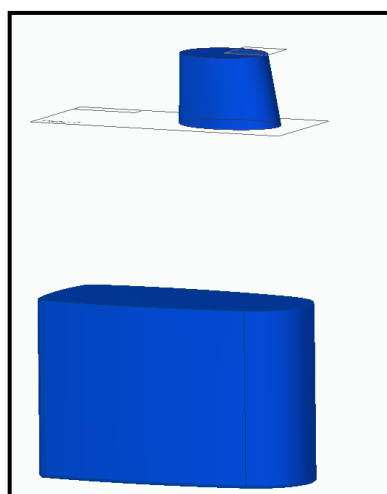
Y para terminar con este cuerpo inferior, se aplica un redondeo de 1 mm en la base, y para ir trabajando con el árbol ordenado, se seleccionan estas operaciones y se agrupan con el nombre de cuerpo inferior. Si se trabaja de esta forma, siempre e va a tener todo perfectamente localizado para en el momento en el que se quiera realizar cualquier modificación poderla llevar a cabo sin ningún tipo de problema y de manera sencilla.



*Imagen 18. Agrupación operaciones*

Se va a continuar con el cuerpo superior, para ello esta vez se va a trabajar con otra forma de agregar material que es por secciones, en las que a partir de 2 secciones introducidas por el usuario, genera un cuerpo .

Para ello esta vez, se van a crear 2 planos paralelos al XY, en los que se van a dibujar 2 elipses, con las que se conseguirá ese tronco que tenemos en la parte superior de la botella donde irán colocados los dedos del cliente.



*Imagen 19. Cuerpo superior*

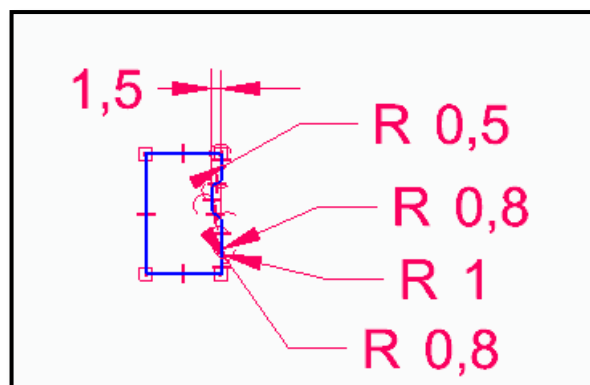
El paso siguiente en el diseño de esta botella, va a ser el diseño de la boca, que en este caso no es una boca con una rosca típica si no que en el tapón se introduce a presión. En los envases fabricados por extrusión soplado no se suele llevar la rosca típica que se puede ver en botellas de agua o botellas fabricadas mediante inyección soplado, ya que en estos casos la preforma que se va a soplar lleva la rosca incorporada y no se copia en el molde a diferencia de los envases fabricados mediante extrusión soplado que la rosca o la forma que se desee llevar en la boca, como es la de esta botella que se verá a continuación se copia en el molde.



*Imagen 20. Forma boca ejemplo*

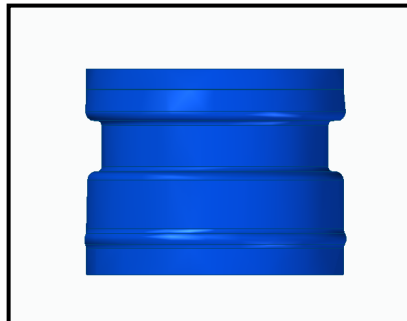
Para realizar esto en Solid Edge, se va aplicar otra forma distinta de agregar un cuerpo, en este caso mediante un cuerpo de revolución.

El funcionamiento es similar, en este caso hay que dibujar el perfil que se quiere revolucionar, para ello se selecciona el plano XZ, y se dibuja el perfil que se asemeje al de la boca que queremos, y la herramienta pide seleccionar el eje de revolución que en este caso es el eje Z, ya que se quiere en este modelo que la boca coincida con el eje Z, de no ser así simplemente se dibujaría el eje sobre el que se quiere revolucionar el perfil dibujado:



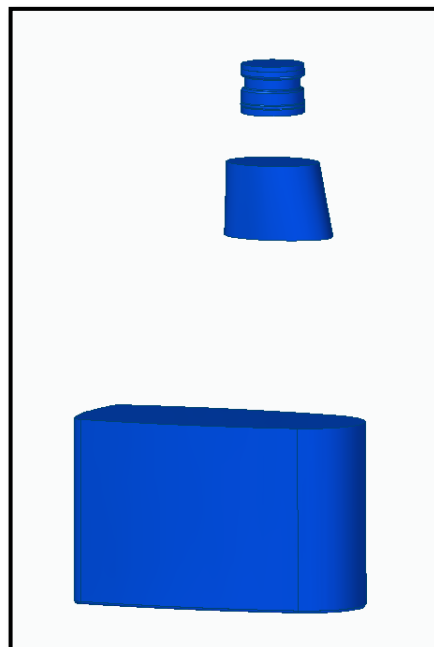
*Imagen 21. Perfil de revolución*

Con este perfil se va a conseguir lo siguiente:



*Imagen 22. Boca*

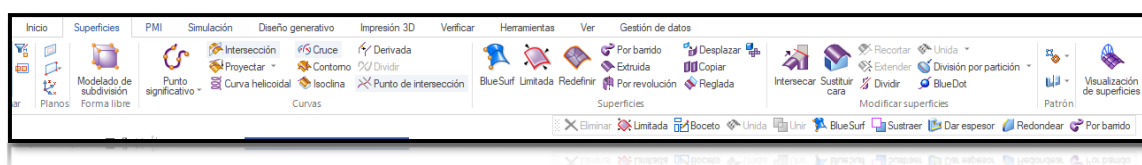
Una vez se llega a este punto, se tienen las tres partes principales de la botella que son la boca, el cuerpo inferior y el superior y a partir de aquí se van a trabajar las transiciones mediante superficies para conseguir el cuerpo completo de la botella.



*Imagen 23. Boca, cuerpo superior e inferior*

Antes de comenzar a trabajar en las transiciones, se ha decidido crear un rebaje en el cuerpo inferior para poder colocar en ella una etiqueta identificativa de la botella. Este rebaje se va a colocar tanto por delante como por detrás de la botella.

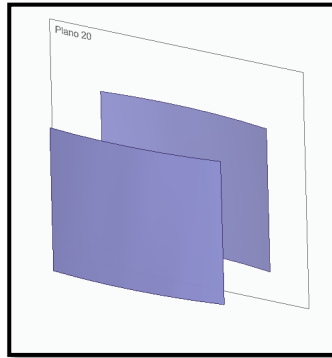
Para crearlo lo primero que se va a hacer es entrar al módulo de superficies, que va a adoptar un papel fundamental en el siguiente tramo de diseño del envase.



*Imagen 24. Módulo de superficies Solid Edge*

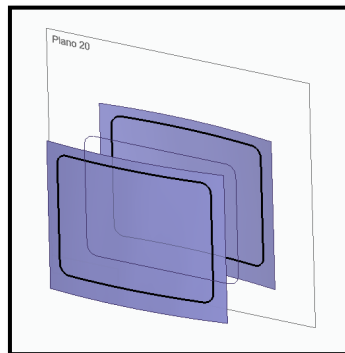
En este módulo se encuentran todo tipo de herramientas para trabajar las superficies y realizar todo tipo de diseños.

Para este diseño de la etiqueta, lo primero que se va a realizar es desplazar hacia el interior 1 mm las 2 superficies donde se van a colocar las etiquetas, con la opción desplazar que se encuentra en el menú.



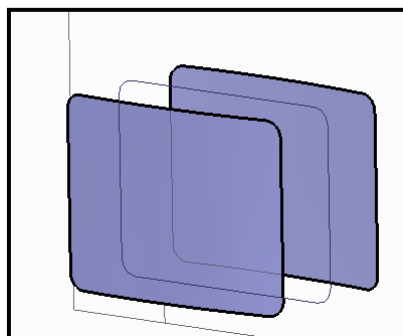
*Imagen 25. Superficies desplazadas*

A continuación, se hace un boceto en el plano XZ, con la forma que se quiera para la etiqueta, en este caso un rectángulo simple. Y con la opción proyectar se proyecta el boceto sobre las 2 superficies desplazadas.



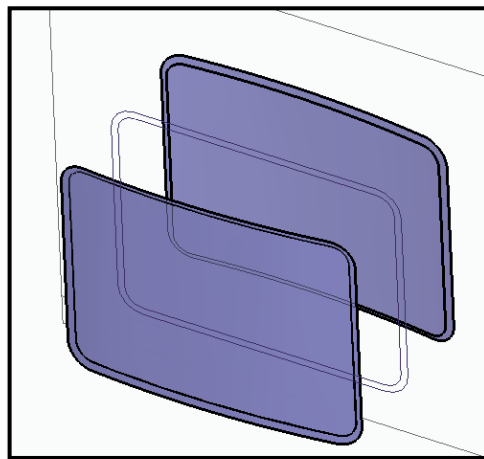
*Imagen 26. Boceto proyectado*

Con el boceto proyectado en las superficies, se va a recortar la superficie contenida en el interior del rectángulo para quedarnos solo con esa superficie.



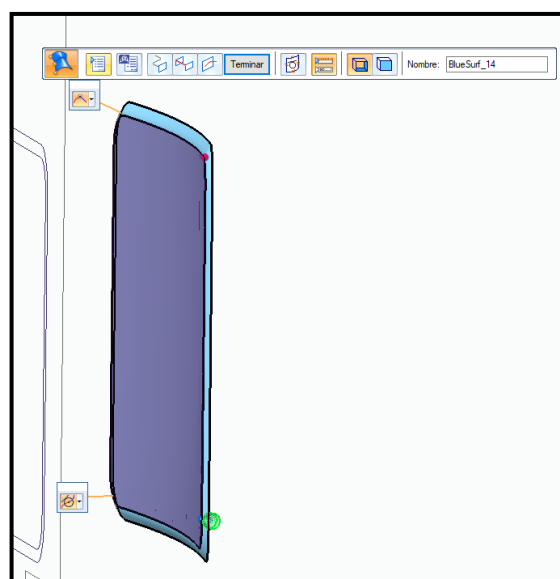
*Imagen 27. Superficies recortadas*

Cómo lo que se está haciendo es un rebaje de material, la parte exterior tiene que tener una superficie superior a la interior, para que la forma del rebaje tenga sentido. Para ello, lo primero que se va a hacer es en vez de desplazar las superficies, simplemente, el boceto que se tenía para la superficie interior se sobre dimensiona un poco y en este caso se proyecta directamente sobre la superficie exterior de la botella. En este caso no se puede aplicar el mismo procedimiento de recortar la superficie, pero disponemos de otra opción que es la opción de superficie limitada. Con la superficie limitada se selecciona el boceto proyectado y se consigue las superficies requeridas de una forma distinta.



*Imagen 28. Superficies etiquetas*

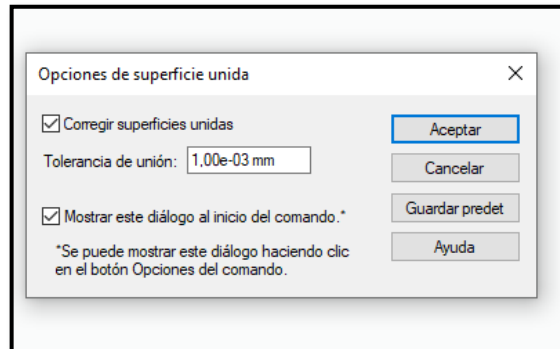
Para poder realizar el rebaje, hay que conseguir un sólido que sustraer al cuerpo inferior. Esto se va a conseguir con el comando BlueSurf, se seleccionan las 2 secciones transversales y se crea una superficie entre ambas:



*Imagen 29. BlueSurf*

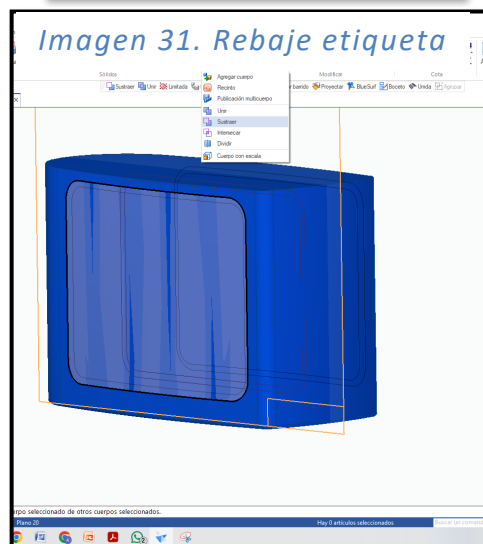
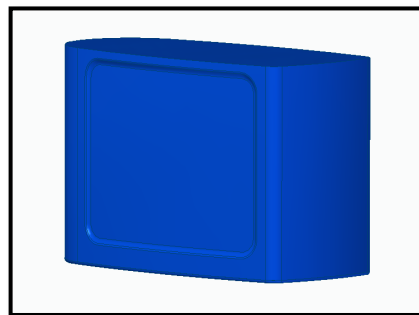
Para conseguir este sólido que se está buscando, queda de hacer un último paso, que es unir las superficies mediante el comando Unida.

Cuando se da click en este comando, aparece una ventana que nos indica lo siguiente:



*Imagen 30. Menú superficie unida*

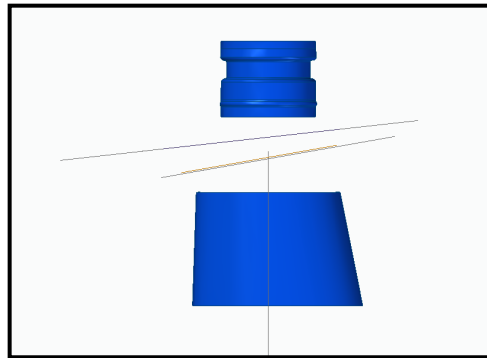
Se seleccionan las tres superficies y el propio comando indica que va a crear un sólido. Con el sólido creado, se utiliza la herramienta sustraer con la aplicando a destino el cuerpo de la botella y como herramienta de corte el sólido que se ha creado obteniendo el siguiente resultado con los redondeos ya aplicados:



*Imagen 31. Operación sustraer*

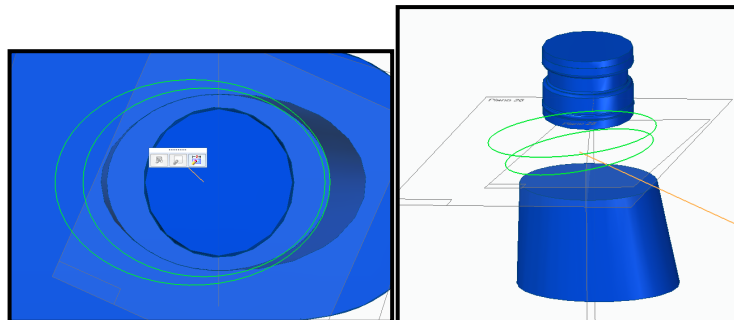
Con el rebaje para la etiqueta creado, se va a proceder a crear las transiciones entre los cuerpos, y se va a comenzar con la parte del agarre.

Para crear esta transición el primer paso que se va a dar es crear 2 planos en ángulo en los que poder dibujar las 2 secciones que se quiere que se siga en esta zona.



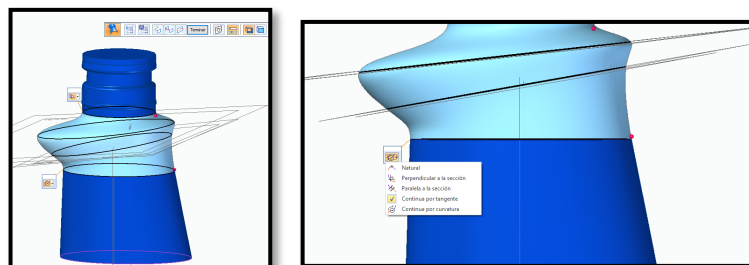
*Imagen 32. Planos*

Con los planos creados, se van a dibujar 2 elipses una en cada plano:



*Imagen 33 y 34. Elipses transición*

Estas elipses van a servir de guía para realizar la blue surf. Por tanto se vuelve al módulo de superficies y desde el comando de blue surf, se seleccionan las secciones de entrada y se crea una superficie.

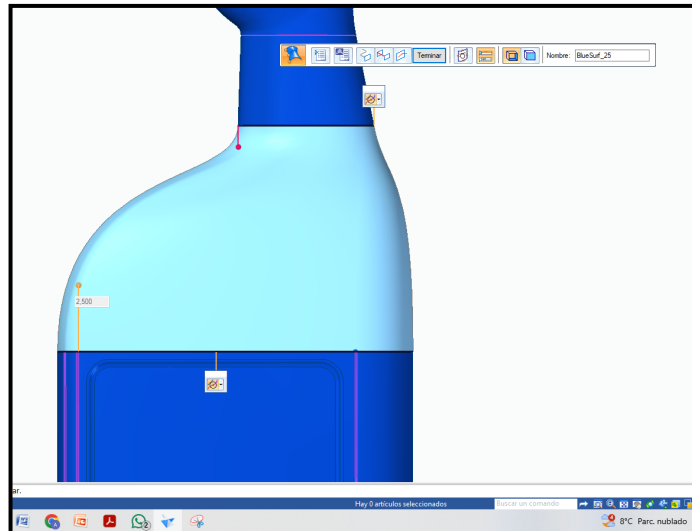


*Imagen 34. BlueSurf*

En esta ocasión, una opción que antes no se había mencionado son el control sobre las transiciones que permite seleccionar como se quiere que sea la unión de las superficies y en este caso se ha seleccionado una continuidad por tangencia para conseguir esa forma suave entre los 2 cuerpos.

Con la bluesurf creada unimos los cuerpos y ya se tiene la parte superior de la botella y solo quedaría el tramo central que se acometerá también mediante una bluesurf.

Esta vez se va a crear la bluesurf directamente entre las dos secciones, con continuidad por tangencia para suavizar las transiciones y conseguir el cuerpo central de la botella.

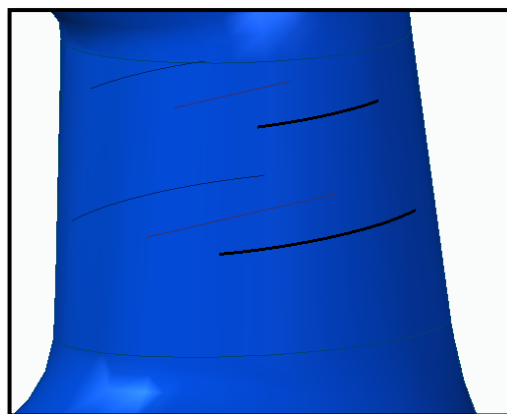


*Imagen 35. Bluesurf*

Con esta zona terminada ya se tendría creado el cuerpo completo de la botella y solo quedaría trabajar los rebajes en la zona del agarre para la posición de los dedos.

Para crear estos rebajes, va a haber que volver a trabajar con superficies como con el rebaje de las etiquetas.

El primer paso va a ser hacer un boceto de dos líneas en el plano XZ, que se proyectarán sobre las superficie de la botella, como ya se ha explicado anteriormente.



*Imagen 36. Bocetos proyectados*

A continuación se va al módulo de barrido donde nos aparece el siguiente menú:

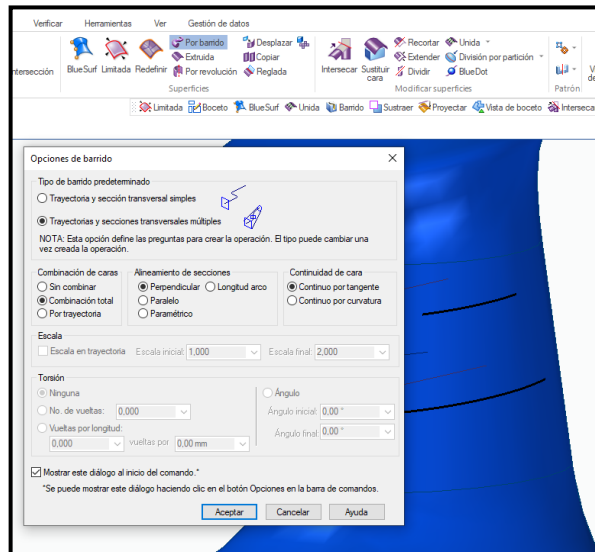


Imagen 37. Menú superficie por barrido

En este menú se puede seleccionar si se quiere una trayectoria con una única sección o con secciones múltiples que es la opción que se va a seleccionar para estos rebajes. Una vez seleccionada esta opción, la herramienta pide introducir una curva guía, en la que se seleccionara la curva que se ha proyectado en la superficie. El siguiente paso es dibujar las secciones que se quieres barrer a lo largo de la guía. Como se ha elegido la opción de secciones múltiples, se van a dibujar sobre planos perpendiculares a la guía 3 círculos, dos de 1 mm de diámetro al principio y final de la guía y uno de 2 mm de diámetro en el punto central de la guía lo que proporciona el siguiente resultado:

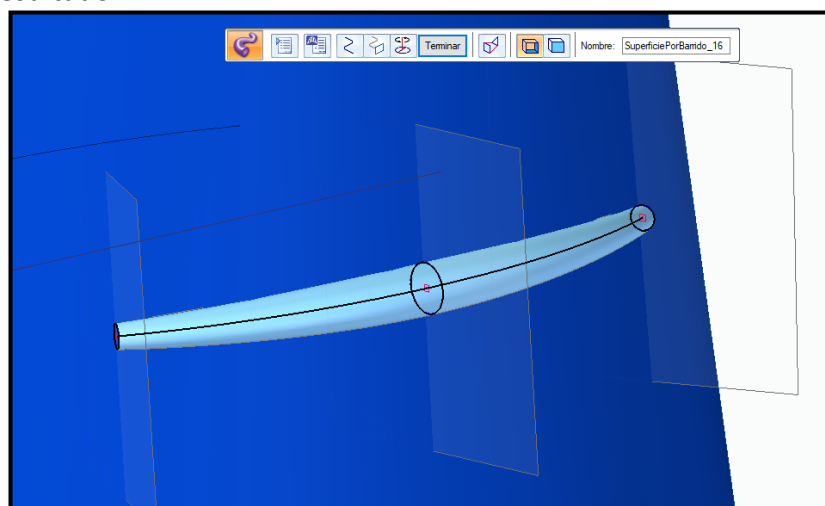
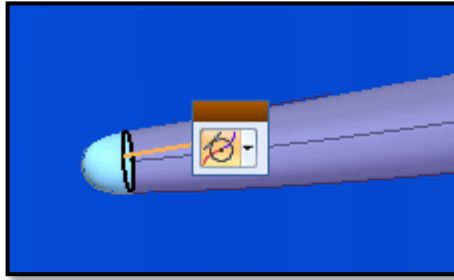


Imagen 38. Barrido por secciones múltiples.

Con esto se consigue una superficie como la de la imagen, que tiene los extremos abiertos y para cerrarlos hay que acudir de nuevo al comando de superficie limitada en los 2 extremos.

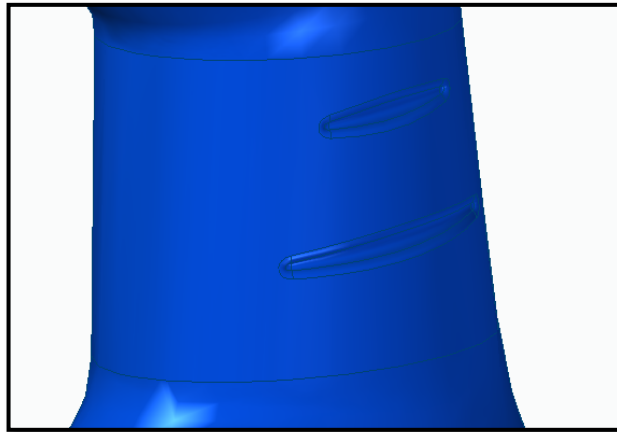
Para esta superficie limitada se aplicará también la continuidad por tangencia.



*Imagen 39. Superficie limitada con continuidad por tangencia*

Para poder realizar el rebaje como con la etiqueta, el procedimiento es el mismo, mediante el comando de superficie unida se crea un sólido que se sustrae al cuerpo de la botella para posteriormente aplicar un redondeo.

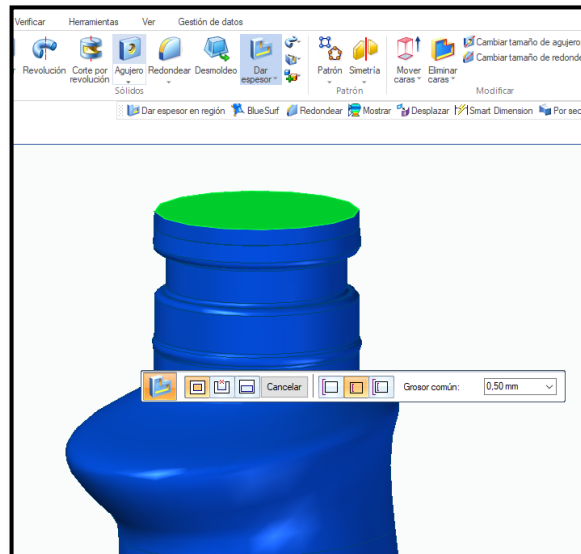
Todo este procedimiento hay que repetirlo con las otras 3 curvas proyectadas y así se conseguirán todos los rebajes para la posición de los dedos.



*Imagen 40. Posición dedos*

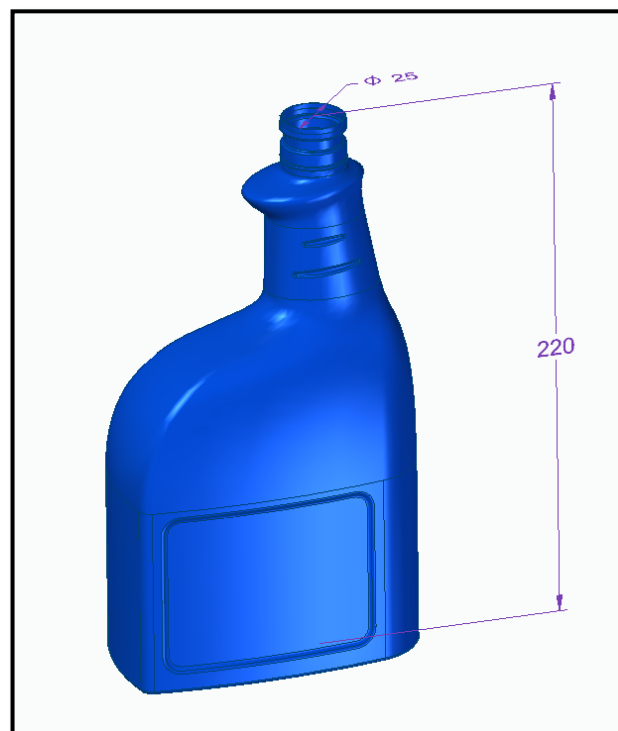
La última operación que queda para terminar el modelo al completo es aplicar el espesor correspondiente a la botella.

En este caso vamos a aplicar un espesor de 0.5mm y se va a aplicar de la siguiente manera, desde el comando de dar espesor en el módulo de inicio, se indica el espesor que se desea y con la opción de caras abierta se selecciona la cara superior para obtener el modelo con el espesor correspondiente.



*Imagen 41. Dar espesor*

Y con esto se obtiene el modelo al completo que quedaría con la siguiente forma.



*Imagen 42. Modelo paramétrico*

Con el modelo diseñado, se pueden comprobar las propiedades y añadir el material desde la pestaña verificar, en la opción de propiedades. Y vemos que la botella tiene un peso de 19.5 gramos.

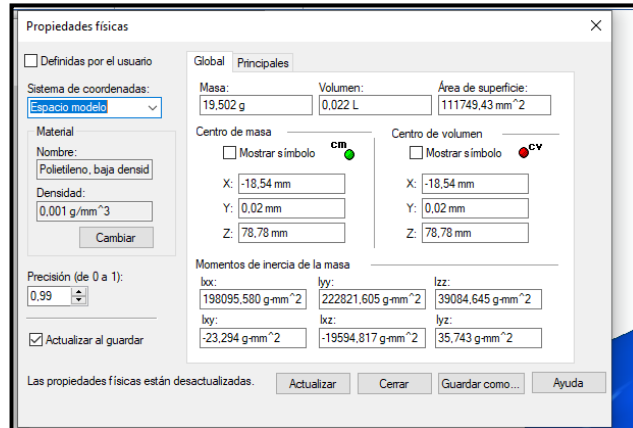


Imagen 43. Propiedades

También podemos comprobar el volumen de llenado hasta una altura determinada. Para poder calcular el volumen, se tiene que copiar la superficie interior de la botella y mediante un plano cortarla a la altura que se considere la línea de llenado, en este caso a 198mm.

Con la superficie creada hay que cerrar la parte superior mediante una superficie limitada y unirla.

Una vez se tiene esto, para poder comprobar la capacidad, hay que realizar una publicación de multicuerpos para poder trabajar con esta parte por separado.

Del mismo modo, se van a analizar las propiedades de nuevo para conseguir lo siguiente:

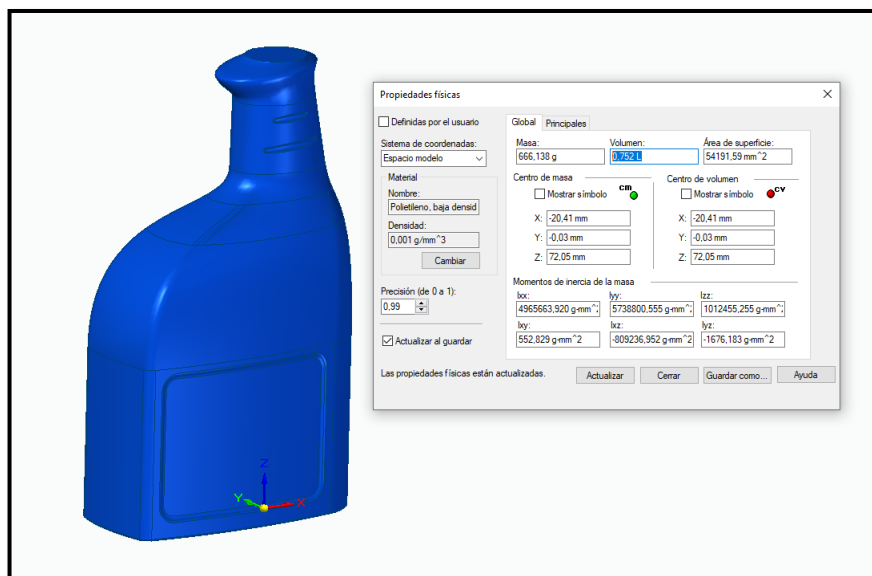


Imagen 44. Análisis capacidad

Cómo se puede ver se obtiene una capacidad de 0.752 litros y se partía de una botella de ejemplo de 0.75L por tanto el modelo 3D en este caso se ha asemejado bastante a la realidad.

Con este análisis sobre la capacidad completado ya se tendría finalizado el modelado 3D de la primera botella.

#### 4.1.1 Variación fondo

Para complementar el modelo anterior, y ver alguna otra herramienta del programa, se va a modificar el fondo de la botella aplicando una serie de nervios.

Se va a aplicar un fondo como el que vemos, en la siguiente imagen:



*Imagen 45. Fondo con nervios*

Para la primera parte del diseño de este fondo, se van a seguir el mismo procedimiento que se ha seguido en el diseño de la etiqueta, para conseguir un rebaje de material en el fondo.



*Imagen 46. Rebaje fondo*

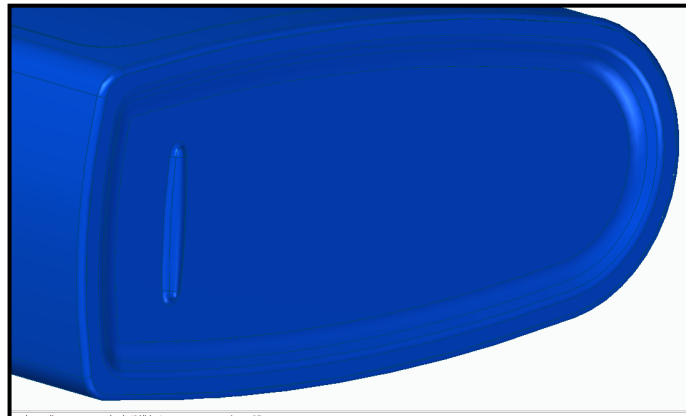
Con el rebaje creado, es el momento de crear los nervios y como en este caso se va a considerar todos los nervios iguales tendríamos varias formas de diseñarlos.

La primera y más rápida es la que se va a utilizar, se diseñará un primer nervio y con la herramienta de patrón se replicará tantas veces como consideremos necesario.

La segunda opción sería diseñar uno a uno cada nervio, opción que habría que usar si se considerará que cada nervio tiene una dimensión distinta.

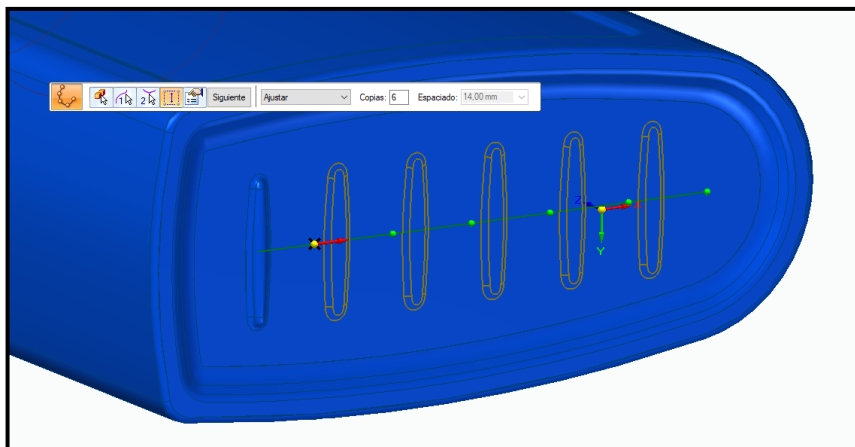
El diseño del nervio se va a realizar nuevamente con una superficie por barrido, pero a diferencia del caso del agarre en el que se quería "comer" material y obtener un rebaje en este caso se quiere lo contrario, creando un relieve, por tanto en vez de ir a la opción

sustraer se aplicará la opción unir. Y con un redondeo de 1mm aplicado se obtendría lo siguiente:



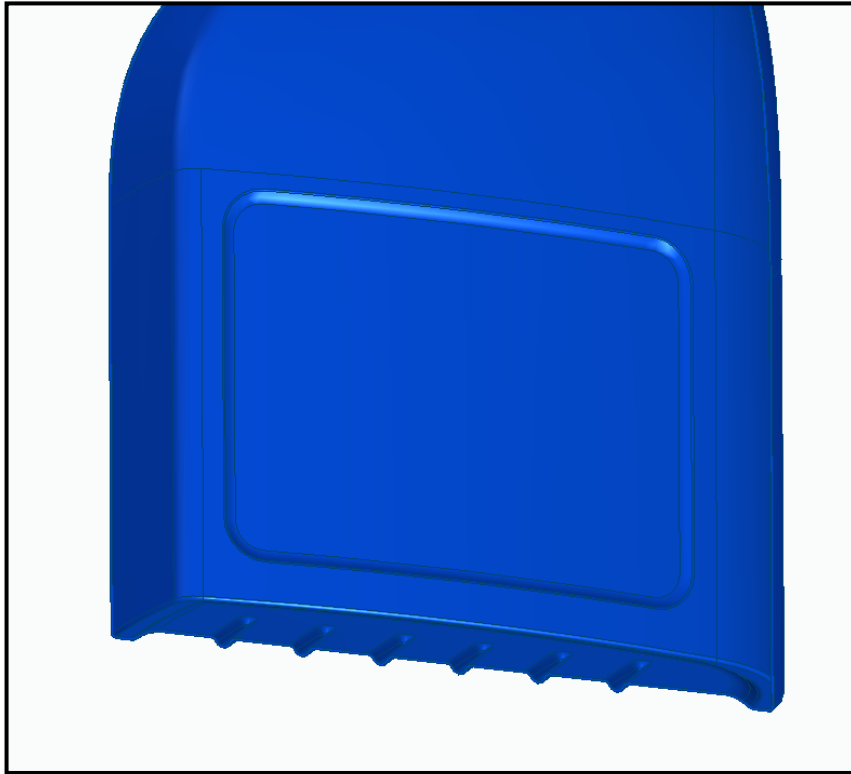
*Imagen 47. Nervio*

Cuando se tiene creado el primer nervio se va a aplicar el patrón, en este caso lineal. Se seleccionan todas las operaciones a las cuales se les quiere aplicar el patrón, y el programa indica que se le introduzca la dirección sobre la cual se va a realizar el patrón, las repeticiones y la separación entre ellas:



*Imagen 48. Menú patrón*

Con el patrón correctamente realizado, solo quedaría aplicar nuevamente el espesor a la botella de la misma forma que se le aplicó al modelo inicial para acabar con esta variante.



*Imagen 49. Vista en corte*

En esta imagen en corte de la botella se puede apreciar correctamente cómo quedaría el rebaje de la superficie del fondo con los nervios.

## 4.2 Modelo 2.

La segunda botella con la que se va a trabajar es la siguiente:



*Imagen 50. Garrafa ejemplo*



*Imagen 51. Fondo garrafa*

En este caso es una garrafa con asa, de forma cilíndrica, con unas dimensiones de 300mm de altura y  $\varnothing$ 100mm.

Esta fabricada también con polietileno de alta densidad (HDPE), como la gran mayoría de estos envases como ya se ha comentado anteriormente, y fabricada mediante el proceso de extrusión soplado, proceso mediante el cual se va a poder conseguir el asa. E igual que se ha hecho con el primer ejemplo, este envase se podría clasificar como un envase reciclable por el material, de uso doméstico ya que es un recipiente de 2L.

Como se puede apreciar en la imagen del fondo de la botella, se ve esa rebaba típica del proceso de extrusión soplado, producida por el exceso de material que queda al realizar el soplado y extraer el producto del molde.

Cabe destacar, que como ha sucedido con la primera botella, el modelo va servir como ejemplo y guía para ver diferentes vías de diseño en Solid Edge, por lo que no se va a realizar una copia exacta del modelo, si no que se realizará alguna modificación para

poder trabajar con diferentes procedimientos y así abarcar el diseño de cualquier modelo que nos se propusiera en un futuro.

#### 4.2.1. Modelado de subdivisión.

Para este segundo modelo, la forma de realizar el diseño va a ser distinta y se va a analizar una nueva herramienta que ha introducido Solid Edge en sus últimas versiones, dentro del bloque de superficies, que es el modelado por subdivisión.

Como se puede leer en la página de Siemens, se anuncia que con esta nueva función vamos a poder realizar los modelos en la mitad de tiempo que con los procedimientos tradicionales.

*“El entorno de modelado de subdivisión de Solid Edge genera un cuerpo estilizado con jaulas poligonales para controlar la forma. Al manipular y subdividir continuamente la jaula, puedes añadir un mayor grado de detalle y control hasta obtener la forma deseada. El modelado de subdivisión brinda un mayor nivel de control que el uso solo de polígonos. Y permite conseguir bordes afilados y superficies suaves.”*

*“Las técnicas de modelado de subdivisión crean una geometría compleja que puede subdividirse casi hasta el infinito para dar flexibilidad a la forma. Al manipular y subdividir continuamente la jaula inicial, se puede añadir un mayor grado de detalle al diseño.”*

#### 4.2.2 Diseño del modelo.

Una vez sabiendo en qué consiste esta nueva función y lo que se promete, se va a diseñar con ella el modelo y así poder analizar esta nueva vía de diseño con sus ventajas y sus inconvenientes.

Esta nueva función, se encuentra en el bloque de superficies:

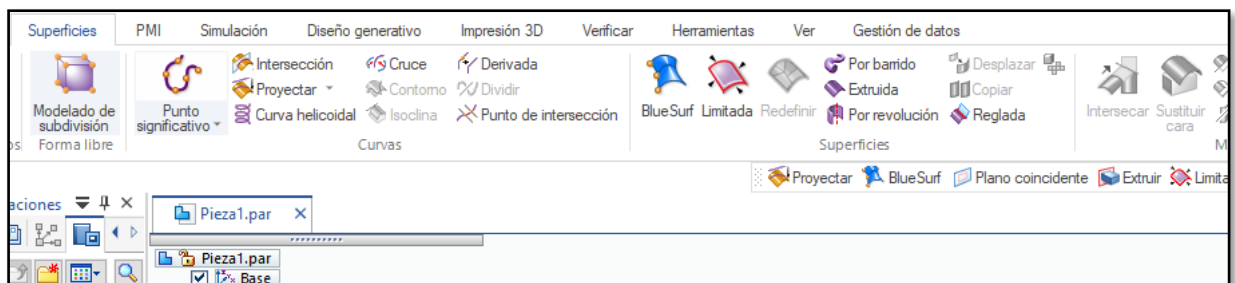
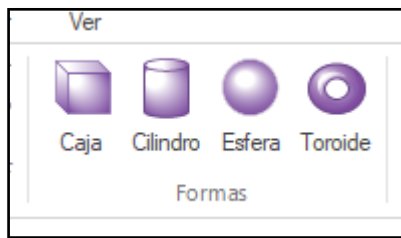


Imagen 52. Bloque superficies SOLID EDGE.

Una vez se accede a este modulo, deja elegir entre una serie de formas primitivas a partir del cual comenzará el diseño:

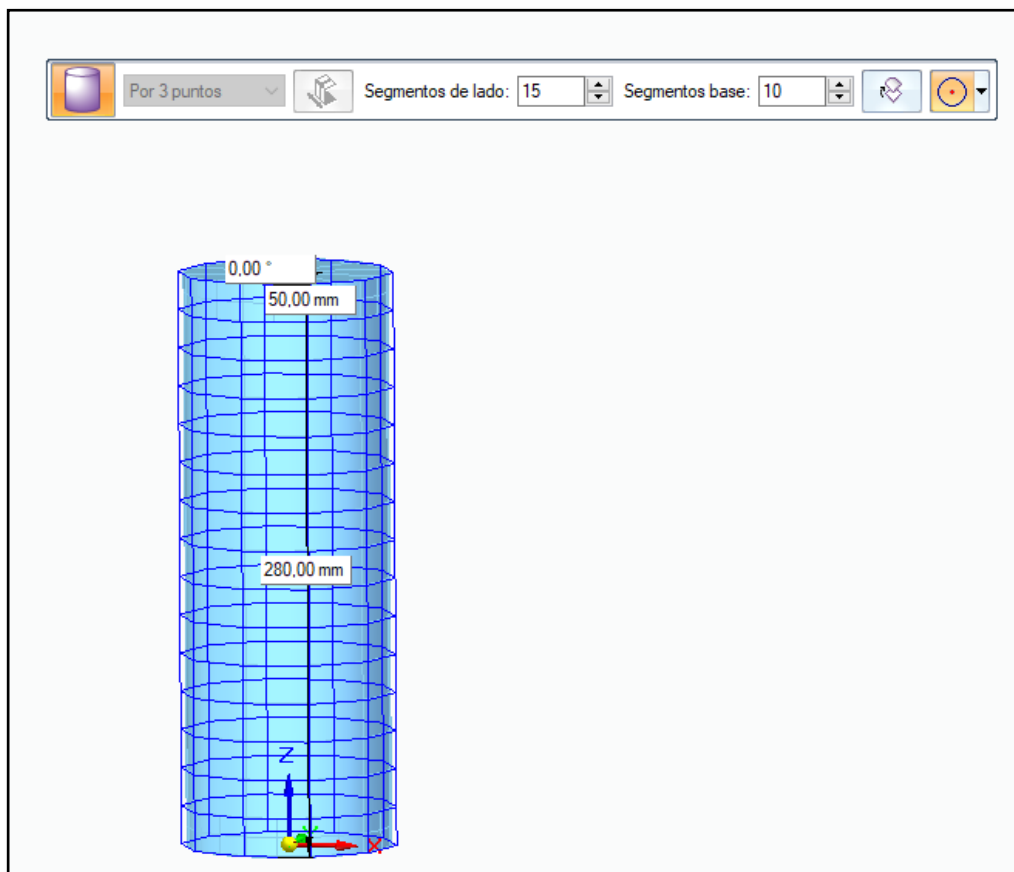


*Imagen 53. Formas inicio  
modelado subdivisión.*

Para la garrafa que se va a diseñar, se selecciona el cilindro, ya que el modelo tiene esta forma de base.

Teniendo ya la forma seleccionada, hay que introducir las dimensiones con las que se desea crear el cilindro y el numero de divisiones que se quieran tanto en la base del mismo como en la altura, a partir de las cuales se crearan las jaulas poligonales con sus nodos.

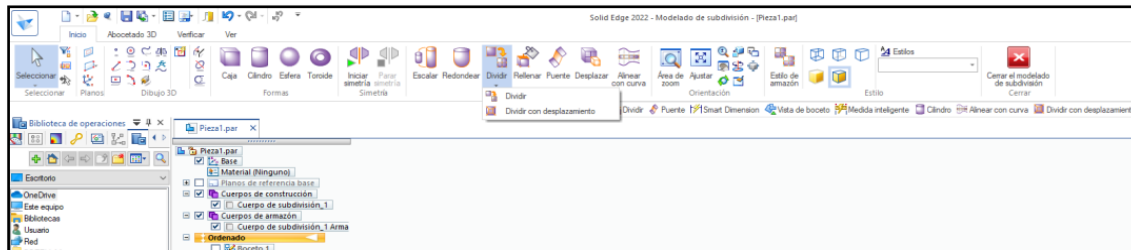
Estos nodos son los que van a permitir modificar la geometría al gusto del diseñador.



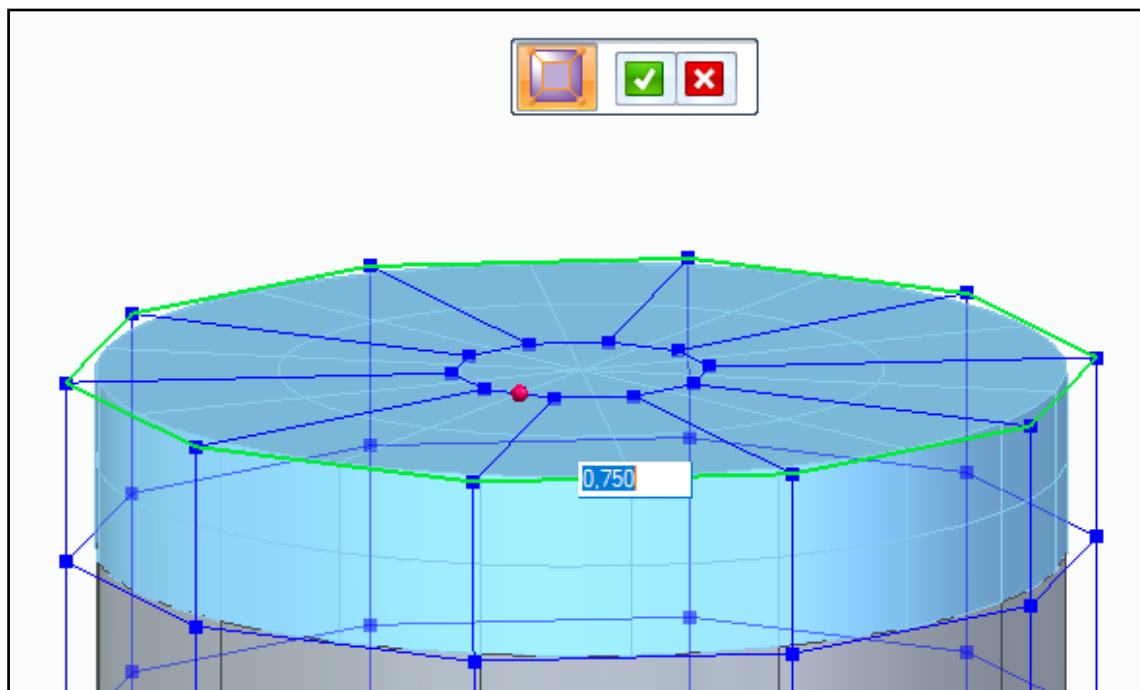
*Imagen 54. Modelado de subdivisión*

En este caso, se ha subdividido la altura en 15 secciones y la base en 10, y se le han dado las dimensiones correspondientes al modelo, con un diámetro de 100mm y una altura de 250mm, no esos 300mm que mide la botella ya que se guardará ese margen para poder trabajar la cúpula de la misma.

Con la forma definida, se va a trabajar la forma de la cúpula y de la boca. Para esto hay que acudir a la siguiente función, que es dividir con desplazamiento, con la que se creará en la parte superior una nueva división con la que poder trabajar:

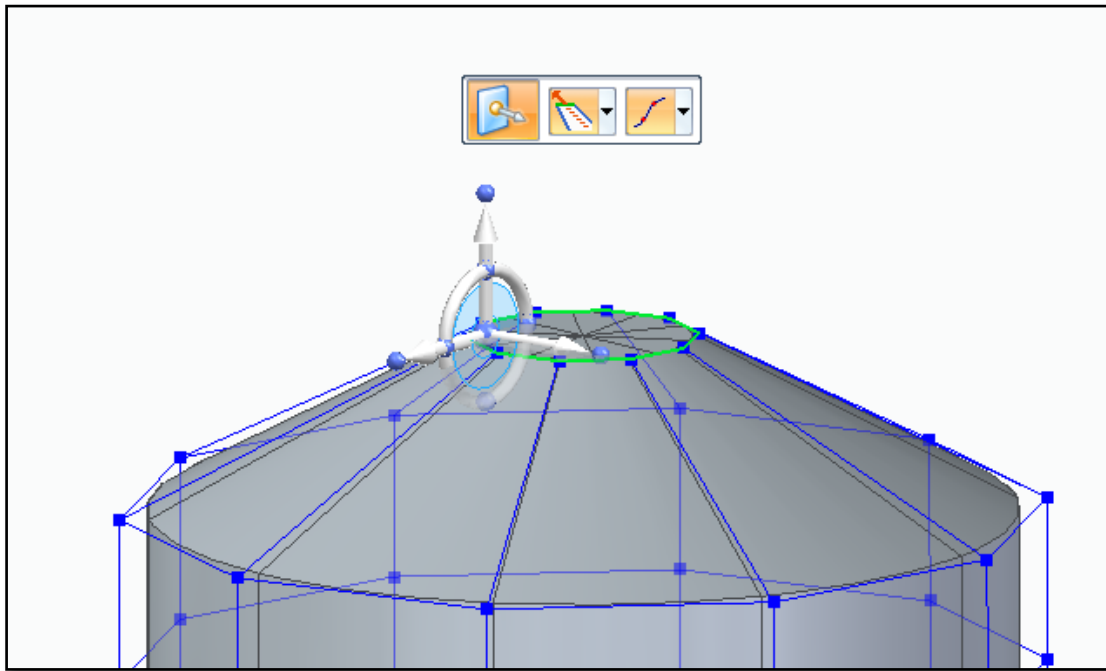


*Imagen 55. Dividir con desplazamiento*



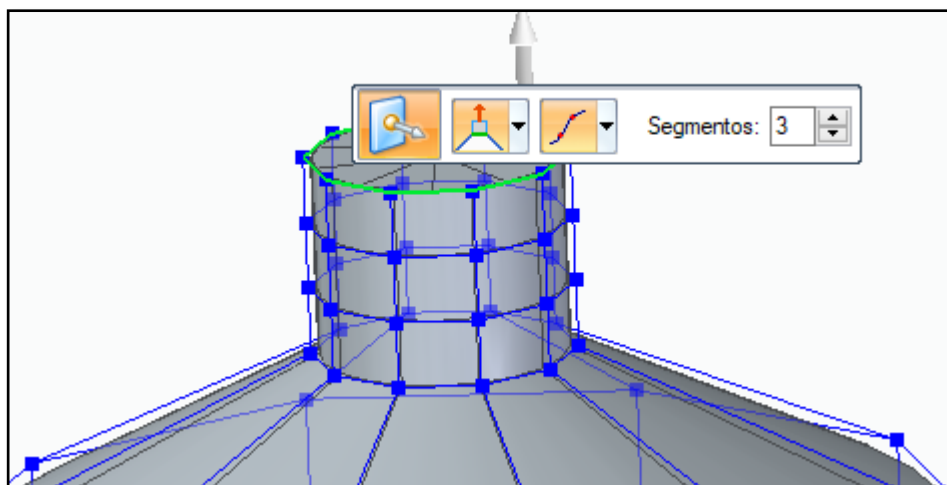
*Imagen 55. División con desplazamiento.*

Con la subdivisión creada a la medida que se quiere el diámetro de la boca, ya se puede empezar a crear la cúpula. Se selecciona dicha superficie y permite 2 opciones, o levantarla o trasladarla, para empezar se levanta 30 mm, para conseguir lo siguiente:



*Imagen 56. Superficie levantada.*

Y a partir de aquí si que se va a trasladar la superficie superior 20mm más y así se empieza a ver la forma que se está buscando.



*Imagen 57. Superficie trasladada.*

Como se puede apreciar, ahora mismo esta transición que se ha creado hay que suavizarla, y para ello se seleccionan los nodos de los bordes que se quieren redondear y se ejecuta el comando de redondear que hay dentro del modelado de subdivisión.

Y aparece esta escala para elegir como de suave se quiere dejar la transición y en este caso se ha seleccionado el 3 para darle este aspecto a la cúpula:

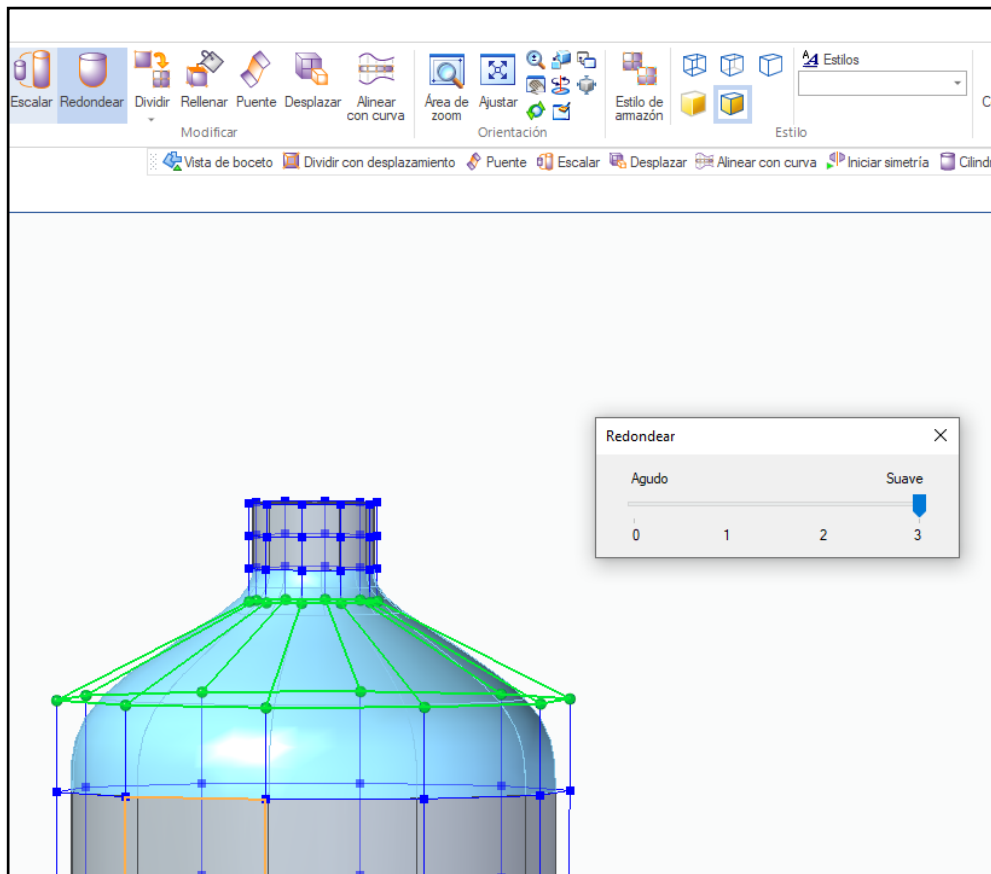


Imagen 58. Redondeo

Habiendo realizado ya estas acciones, se puede decir que se tiene la forma de la botella definida para empezar a trabajar con todas las opciones que ofrece este modelado y realizar todos los diseños que quiera el diseñador.

La primera de las características del modelo que se van a trabajar es el asa de la garrafa, y para ello se va a “hundir” o desplazar una parte de la botella hacia dentro, mediante el comando de alinear con una curva.

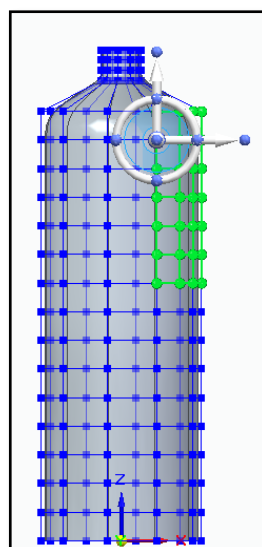
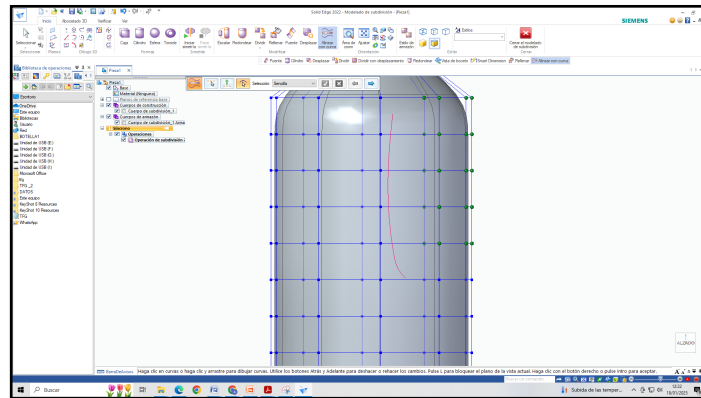


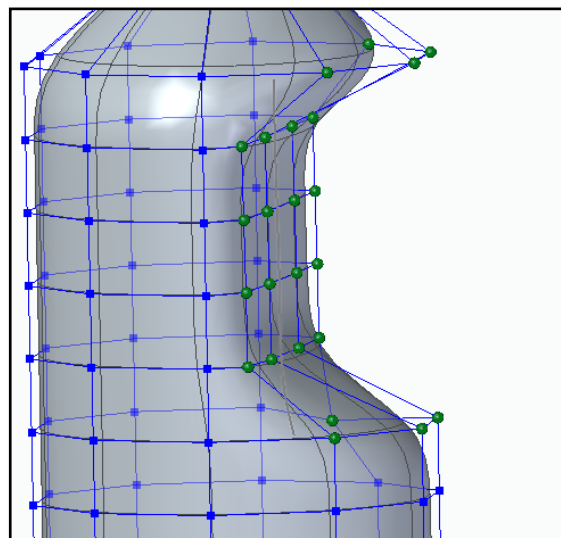
Imagen 59. Alinear con curva

Se seleccionan todos esos nodos que se quieren modificar y alinearlos con una curva guía, que se dibujará dentro del mismo comando de la herramienta:



*Imagen 60. Alinear con curva*

Y se obtiene algo parecido a esto, que de momento, no proporciona una forma que parezca que tenga sentido, pero va a permitir dar el siguiente paso en el diseño del asa.



*Imagen 61. Alinear con curva*

Una vez tenemos esta forma, ya se puede usar la siguiente opción que tiene esta herramienta, que es la función puente, a partir de la cual se pueden unir de manera rápida las secciones que se seleccionen, pudiendo dejar la opción que ofrece el programa por defecto o hacerle seguir una guía que el usuario defina. Con esta herramienta se consigue de manera rápida el asa de la garrafa.

Con el puente creado, se puede trabajar con los nodos con total libertad para conseguir la forma deseada.

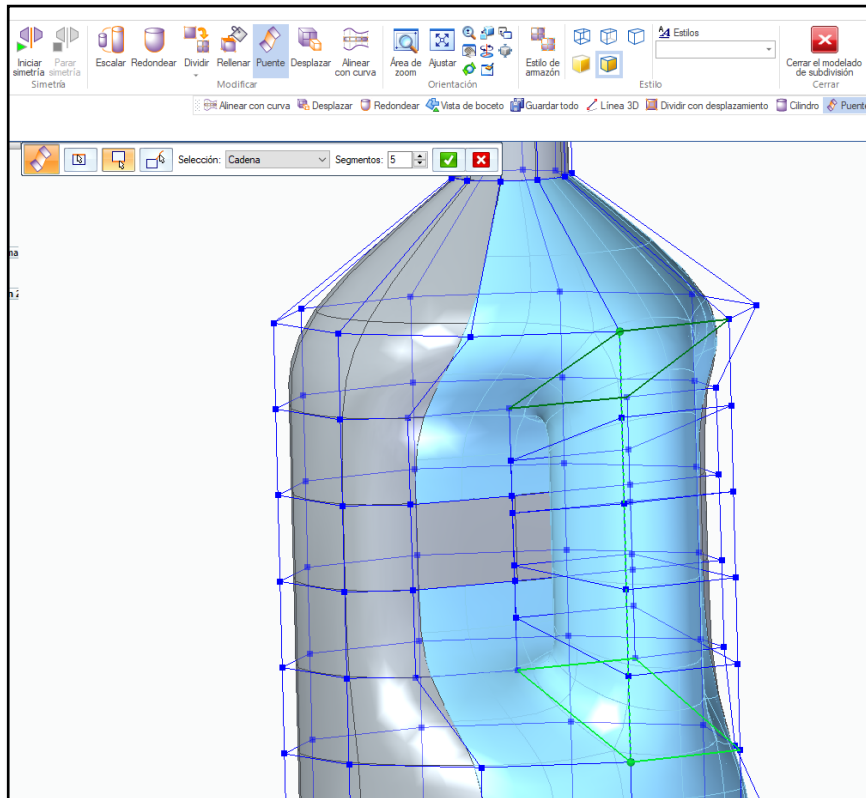


Imagen 62. Puente

A continuación, se va a diseñar la zona de la etiqueta, que a diferencia de cómo se ha diseñado en la primera botella, en la que se han tenido que realizar varias operaciones para conseguirlas, se va a ver cómo con esta herramienta se va a poder a diseñar en apenas segundos.

Se seleccionan todos los nodos que queramos y con la opción desplazar, se llevan todos los nodos la distancia introducida hacia dentro creando así el rebaje para la etiqueta:

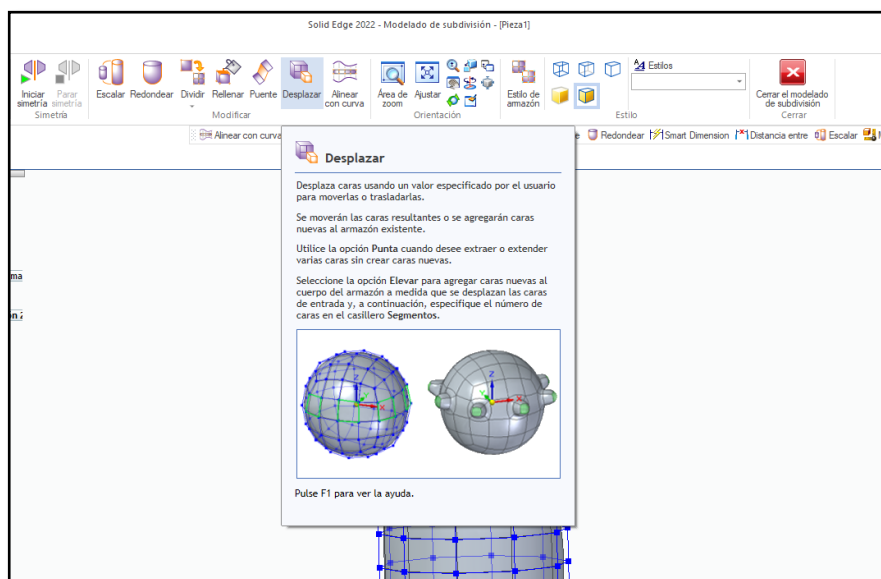
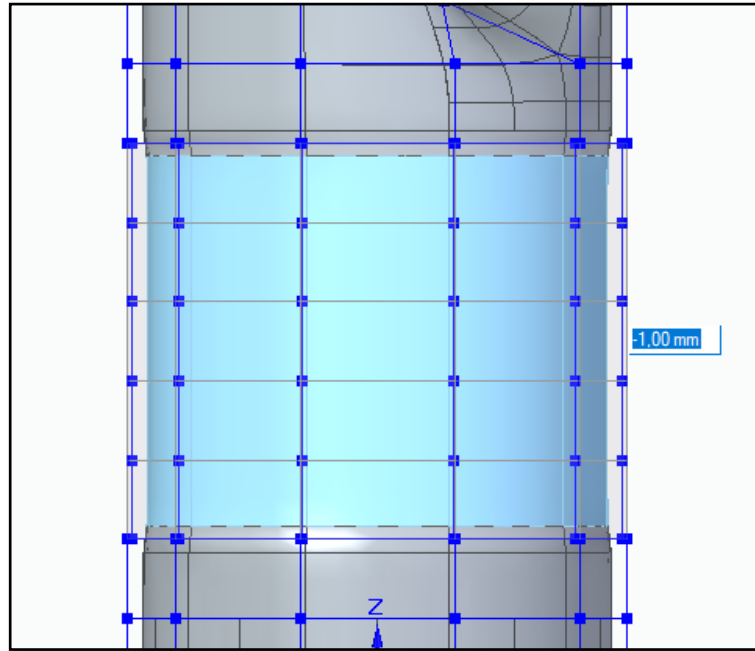


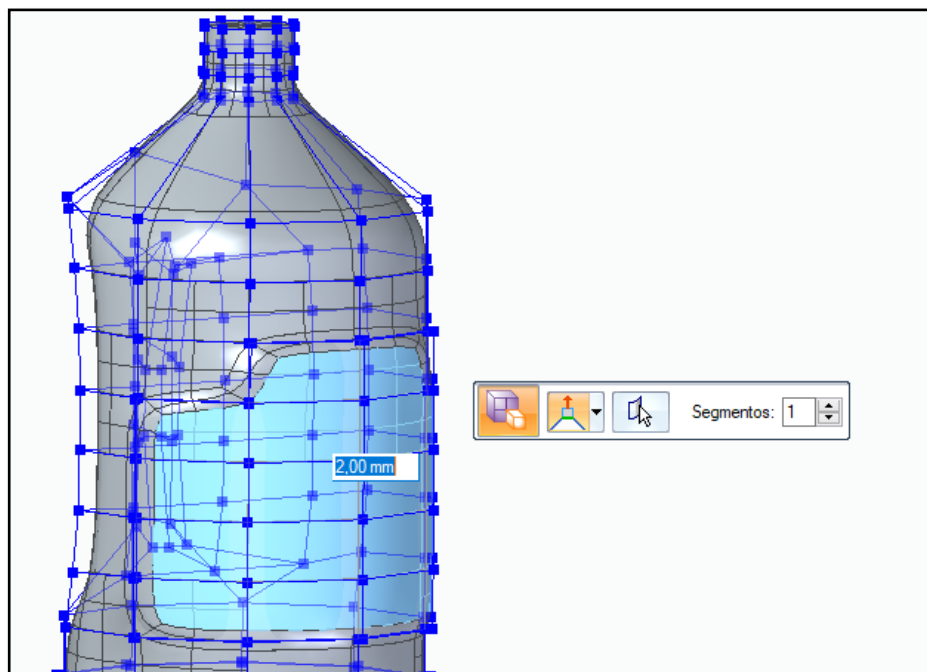
Imagen 63. Función desplazar.



*Imagen 64. Rebaje etiqueta*

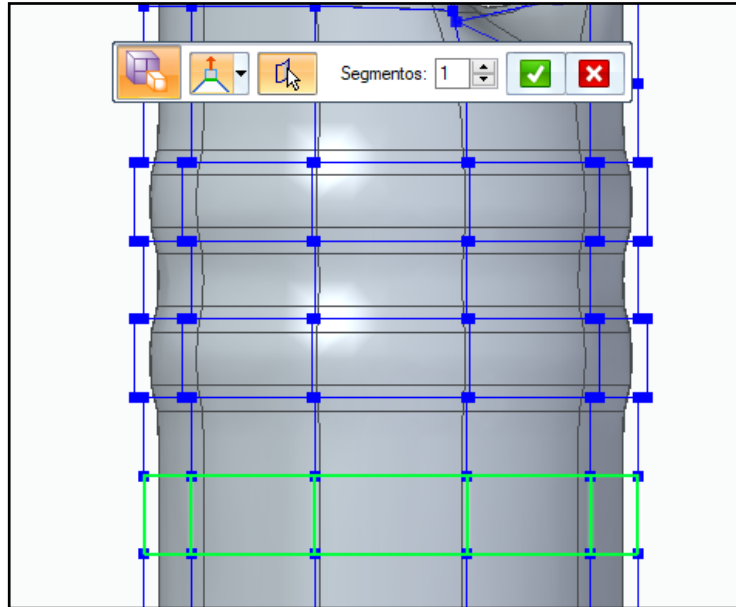
Como ya se ha dicho antes, para poder explorar un poco más a fondo esta herramienta se van a realizar algunas modificaciones en la garrafa.

Se va a cambiar la forma y la posición de la etiqueta, creando una zona en sobre relieve en la parte frontal, seleccionando una serie de jaulas y desplazándolas hacia fuera.



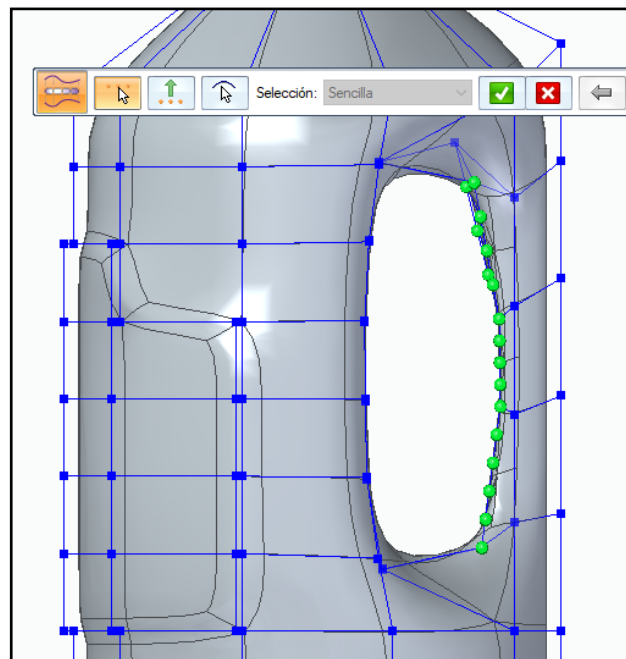
*Imagen 65. Etiqueta en sobre relieve*

Y en la zona donde iba la etiqueta, se van a crear una serie de michelines obteniendo así una de las formas más utilizadas en este tipo de envases. Estas geometrías se han creado de la misma manera, se seleccionan las jaulas deseadas y se desplazan en este caso hacía fuera.



*Imagen 66. Michelines*

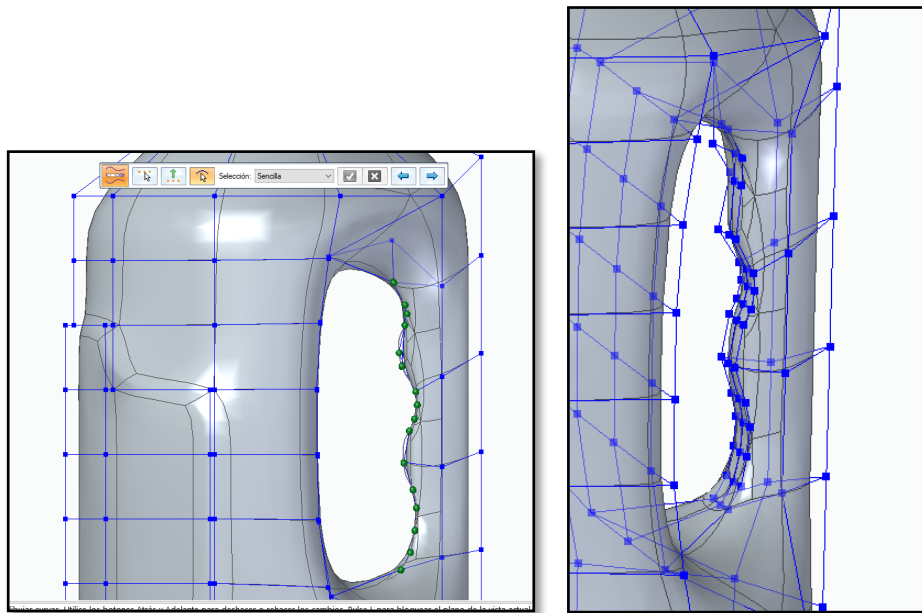
Con la opción que se ha visto antes de alinear con la curva, se pueden trabajar también el agarre de la botella, diseñando la posición para los dedos de manera rápida y sencilla, como se va a ver a continuación.



*Imagen 67. Forma asa*

Se parte de esa forma del asa ya trabajada previamente y se seleccionan los nodos que se quieren modificar. Se selecciona la opción alinear con la curva y se dibuja la forma a la que se quieren adaptar los nodos.

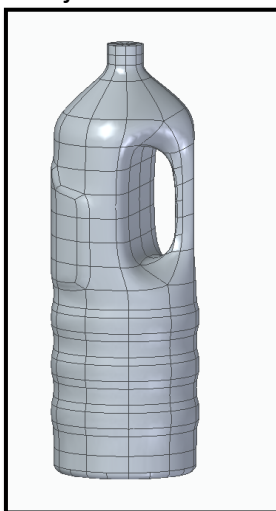
Y se consigue de forma muy rápida la forma de los dedos, una opción más que aprovechable y útil para el diseño de estos envases, ya que este tipo de agarres ergonómicos es muy utilizado, quizás no tanto en el asa de las garrafas, pero si en los agarres para las botellas tipo trigger que se han analizado previamente.



*Imagen 68 y 69. Agarre*

En este caso esta opción se va a desechar y se va dejar el asa con la forma que se tenía trabajada previamente, pero ha servido para analizar la funcionalidad de esta herramienta.

Con todo esto realizado se puede cerrar el modelado de subdivisión para acabar de trabajar con el modelo.



*Imagen 70. Modelo  
obtenido por subdivisión*

Para acabar con el modelo, quedan varias partes de trabajar que son la boca con la rosca, el fondo y el espesor.

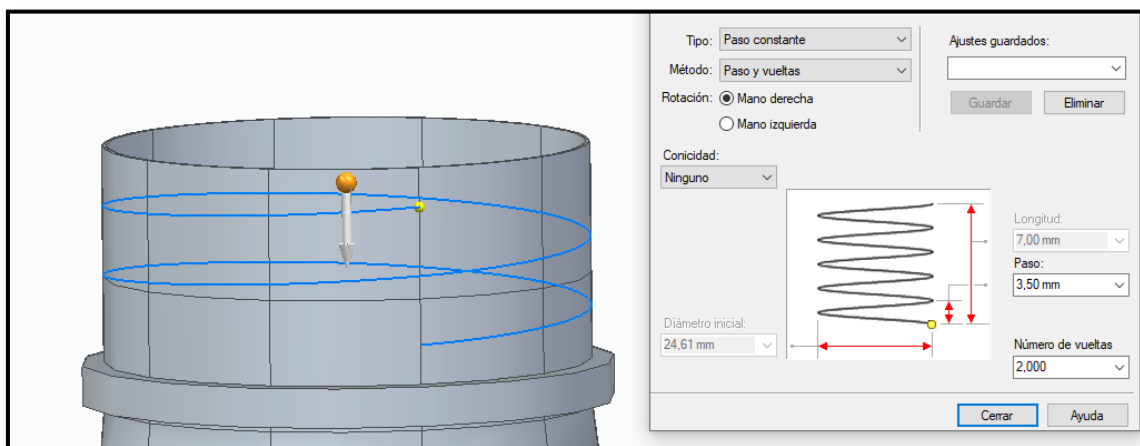
Esta garrafa, pese a fabricarse por extrusión soplado, si que tiene rosca, y que cuando se diseñe el molde se tendrá que tener en cuenta por que la rosca la tiene que copiar el molde.

En este caso es una rosca simple de una única entrada a diferencia de las roscas típicas que se tienen en las preformas de las botellas que se fabrican mediante inyección soplado que suelen tener varias entradas.



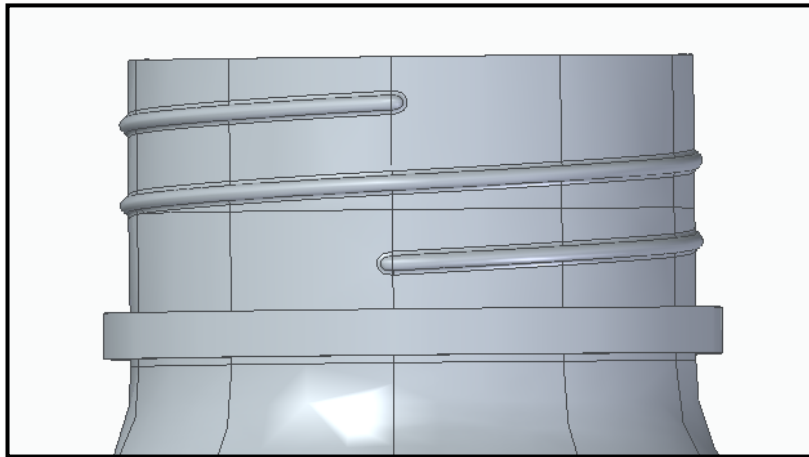
*Imagen 71. Rosca Garrafa*

Para comenzar a diseñar la rosca vamos a realizar una extrusión simple de un cilindro para conseguir ese anillo. Para la rosca se va a dibujar una curva helicoidal, modificando los parámetros de entrada, número de vueltas y paso.



*Imagen 72. Curva Helicoidal.*

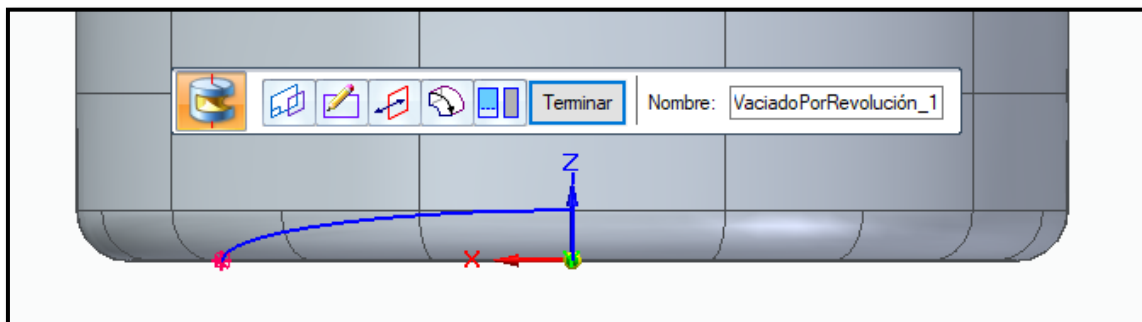
Con la curva helicoidal creada, se proyecta sobre la superficie como se ha visto ya en el diseño del primer modelo, y mediante el barrido de superficies nuevamente y con todo lo aprendido anteriormente se va a unir la rosca al modelo obteniendo lo siguiente:



*Imagen 73. Rosca*

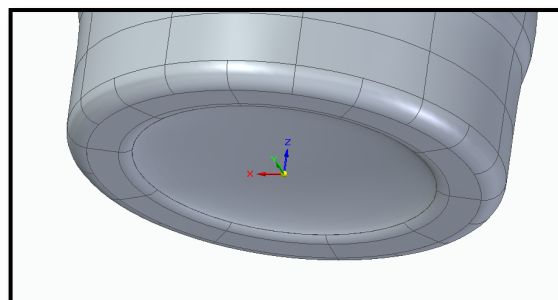
Y una vez teniendo la rosca de la botella, solo queda por trabajar el fondo de la botella. En este caso la que se ha cogido de referencia se aprecia como la parte central está ligeramente hundida hacia el interior y para completar un poco el diseño del modelo se ha decidido añadirle una serie de nervios como se pueden ver en el fondo de multitud de envases.

El vaciado del fondo se va a realizar mediante un corte por revolución hacia el interior. Para realizar el vaciado, se dibuja el perfil deseado sobre el plano XZ cómo se puede ver en la imagen posterior y se selecciona el eje sobre el cual se va a realizar la revolución, en este caso va a ser el mismo eje Z ya que tenemos correctamente colocada la botella.



*Imagen 74. Corte por revolución.*

Y conseguiríamos la siguiente geometría:



*Imagen 75. Fondo*

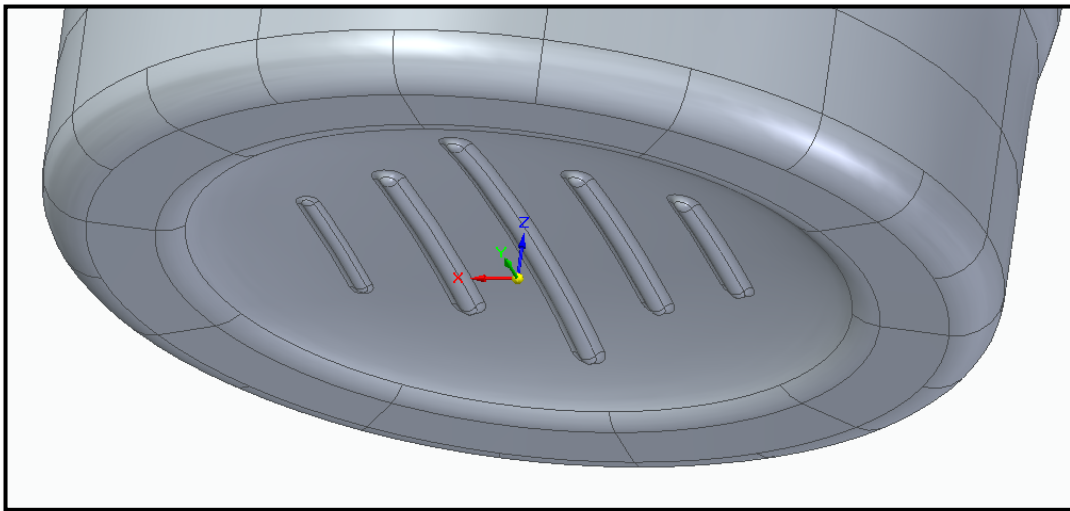
En este punto, ya se tendría un fondo similar a la garrafa de ejemplo, pero se vana a añadir una serie de nervios para completar el diseño.

En este caso los nervios van a tener distinta longitud y por tanto habrá que diseñarlos uno a uno y no se podrá aplicar el patrón como en el modelo anterior.

Pero el método de trabajo si es el mismo, se dibuja el boceto y se proyecta sobre la superficie.

Con la opción de barrido de superficies, simple en este caso, se dibuja un círculo en el plano perpendicular a la curva guía de 2mm de diámetro y se aplica el barrido a la curva guía.

Se aplican las superficies limitadas, con continuidad por tangencia en los extremos de las superficies generadas que quedan abiertas y se crea una superficie unida. Cómo en este caso son unos nervios en sobre relieve, se unen estos sólidos al modelo, obteniendo la siguiente geometría:



*Imagen 76. Fondo Nervios*

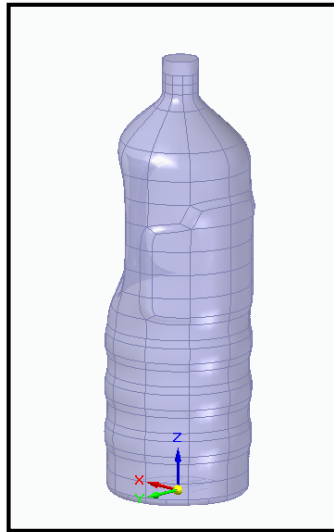
Con esto ya se tendría diseñado el modelo al completo, y ya se pasaría a la segunda fase, como con el modelo anterior, que sería aplicar el espesor correspondiente a la garrafa y realizar el diseño del molde a continuación.

Para aplicar el espesor que en este caso será de 0,5 mm, se va realizar de una manera distinta a la realizada con el primer modelo.

Esta opción no es tan rápida como la anterior, pero será útil para algunas ocasiones en las que debido a redondeos pequeños o con botellas con diseños complicados no se pueda aplicar el espesor de manera directa.

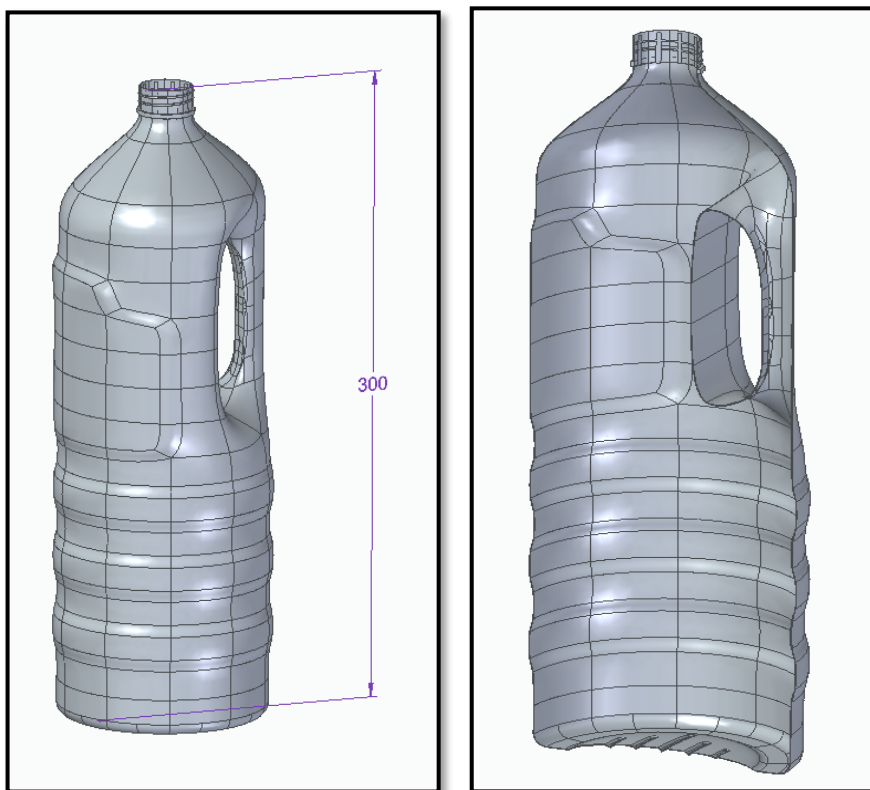
Lo primero que se va a realizar será entrar al módulo de superficies y desplazar la superficie de la botella hacia dentro esos 0.5 mm que se quieren conseguir de espesor.

Con la superficie desplazada, se va a prolongar hacia arriba la parte de la boca y mediante una superficie limitada se cerrará la parte superior. Se aplicará el comando de superficie unida para conseguir un sólido como el siguiente.



*Imagen 77. Superficie desplazada*

Y con este sólido creado lo único que queda hacer es sustraer este, al modelo macizo que se tenía, consiguiendo así el espesor deseado y el modelo terminado al completo.



*Imagen 78 y 79. Modelo 3D y vista en corte*

## 5. Moldes.

En este apartado del trabajo se va a ver como a partir de los modelos diseñados en 3D, se pueden obtener las huellas de los moldes con los que se fabricarán los envases posteriormente.

Se diseñarán los moldes de los 3 envases diseñados previamente y para uno de ellos mediante el software SE CAMPRO, se realizará el proceso completo de mecanizado analizando las estrategias necesarias para realizarlo.

### 5.1 Diseño

Para empezar a fabricar el molde, lo primero es crear un nuevo fichero y copiar el modelo diseñado previamente.

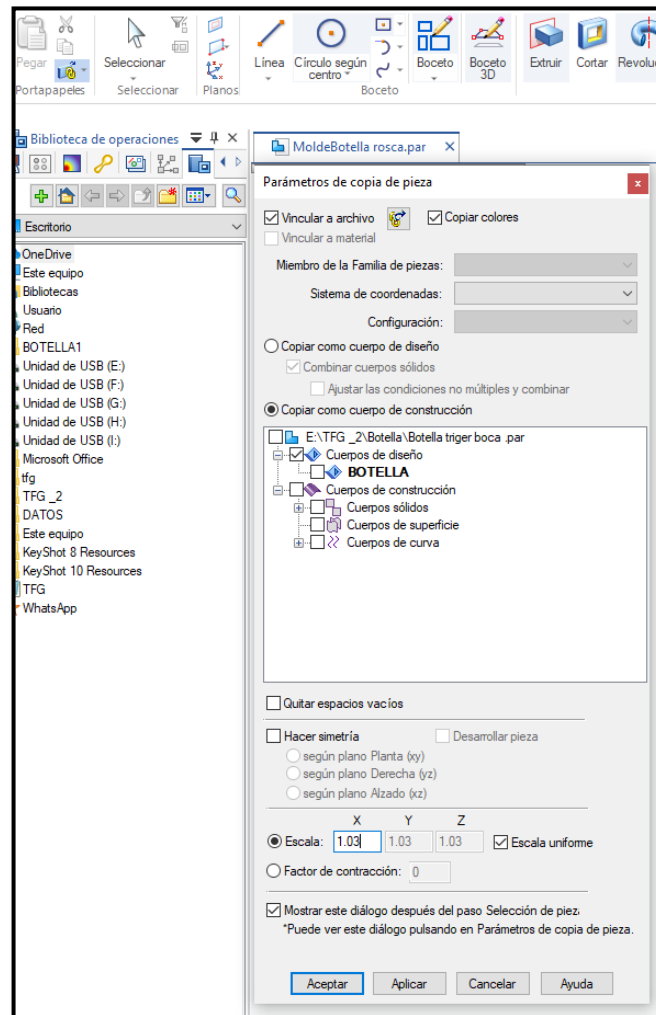


Imagen 80. Cuadro diálogo copia pieza

En este momento, se tiene un paso clave para el diseño del molde que es la escala. Como se ve en la imagen se le ha aplicado una escala de 1.03 ya que hay que contar con el factor de contracción del material, que en este caso es del 3% ya que se está trabajando con polietileno de alta densidad (HDPE).

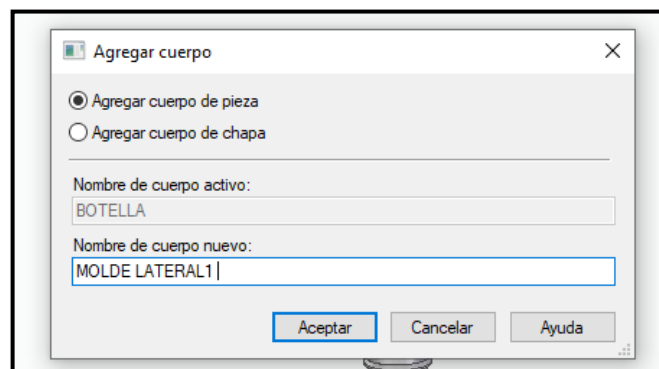
Con esto se va a contrarrestar la contracción de la botella al enfriarse después del proceso de soplado y no tener así diferencias respecto a nuestro modelo.

El siguiente paso será cerrar mediante una superficie limitada la parte superior y prolongarla hacia arriba para poder dejar ese hueco en el molde, por donde se introducirá el perno de soplado, y se obtiene lo siguiente:



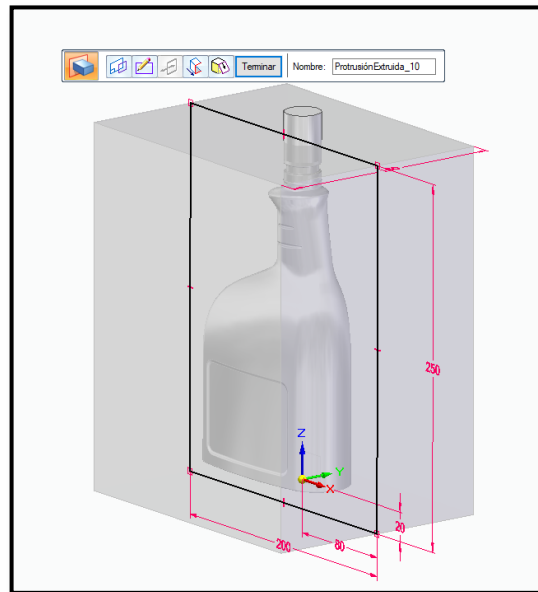
*Imagen 81. Modelo*

Una vez se tiene esto, lo siguiente será agregar un nuevo cuerpo con el que poder trabajar por separado.



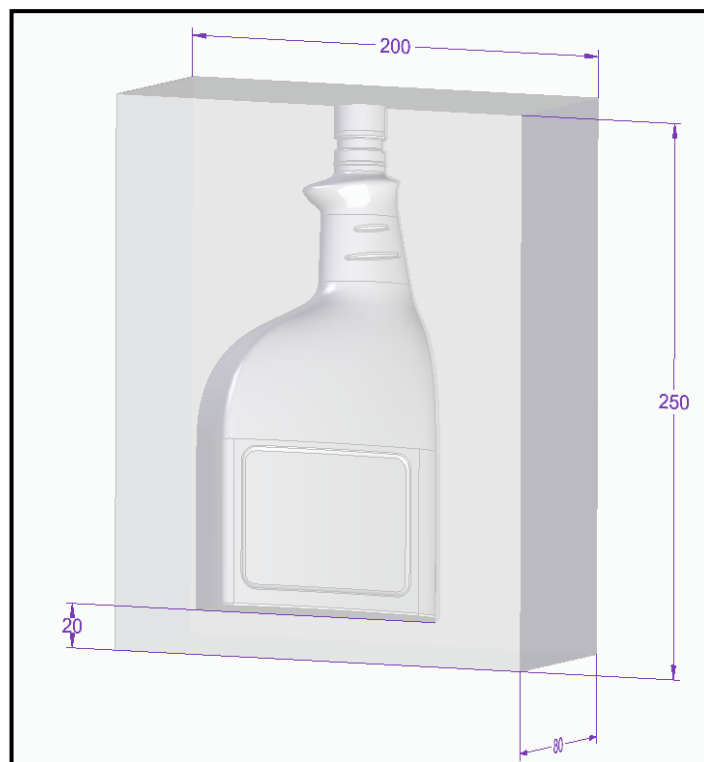
*Imagen 82. Cuadro diálogo*

Y se procede a crear un bloque que pueda contener dentro el cuerpo de la botella. Se crea de manera simétrica desde el origen de coordenadas coincidiendo también con el de la botella para no tener problemas posteriormente a la hora de realizar la división. Y se obtiene lo siguiente:



*Imagen 83. Bloque*

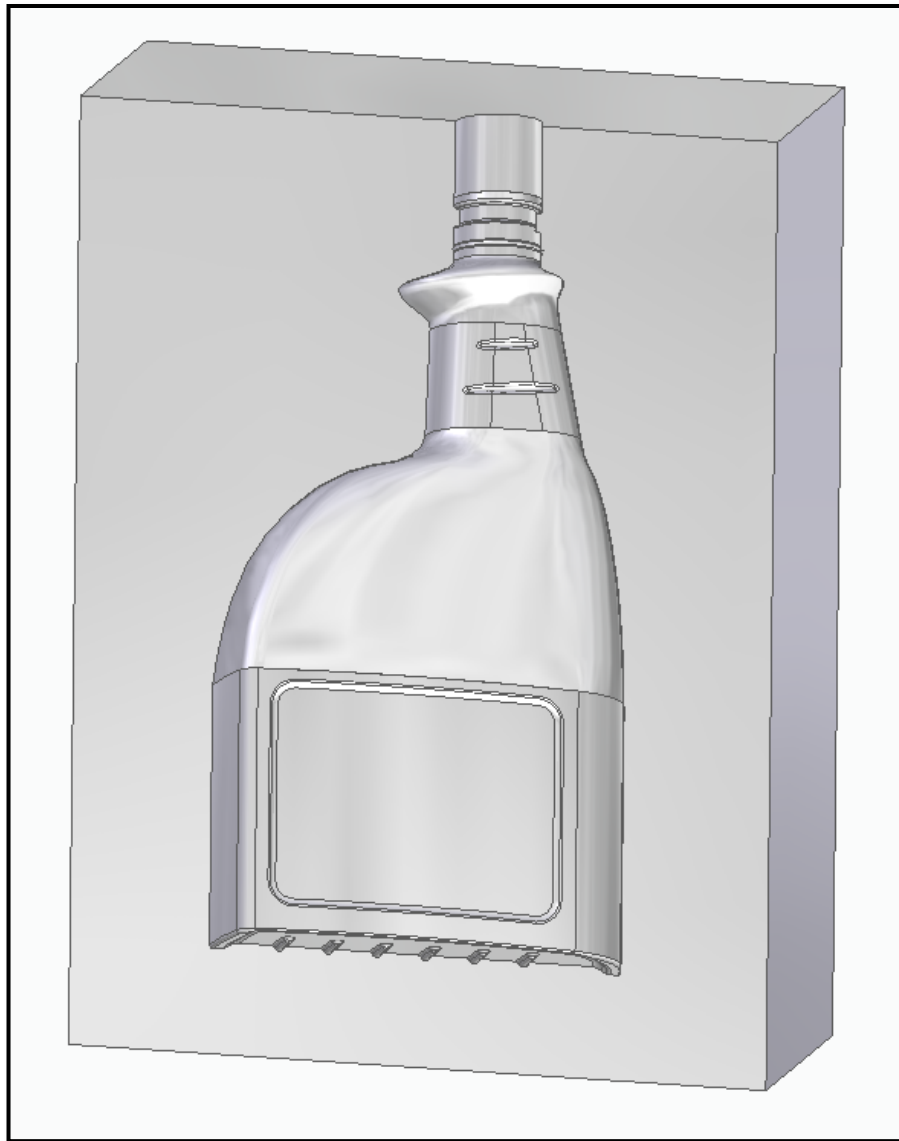
A continuación, simplemente se va a sustraer al bloque, la botella, dejando así la huella de la misma, y para obtener las 2 mitades, simplemente se va a dividir el bloque por el plano XZ obteniendo así los 2 moldes laterales.



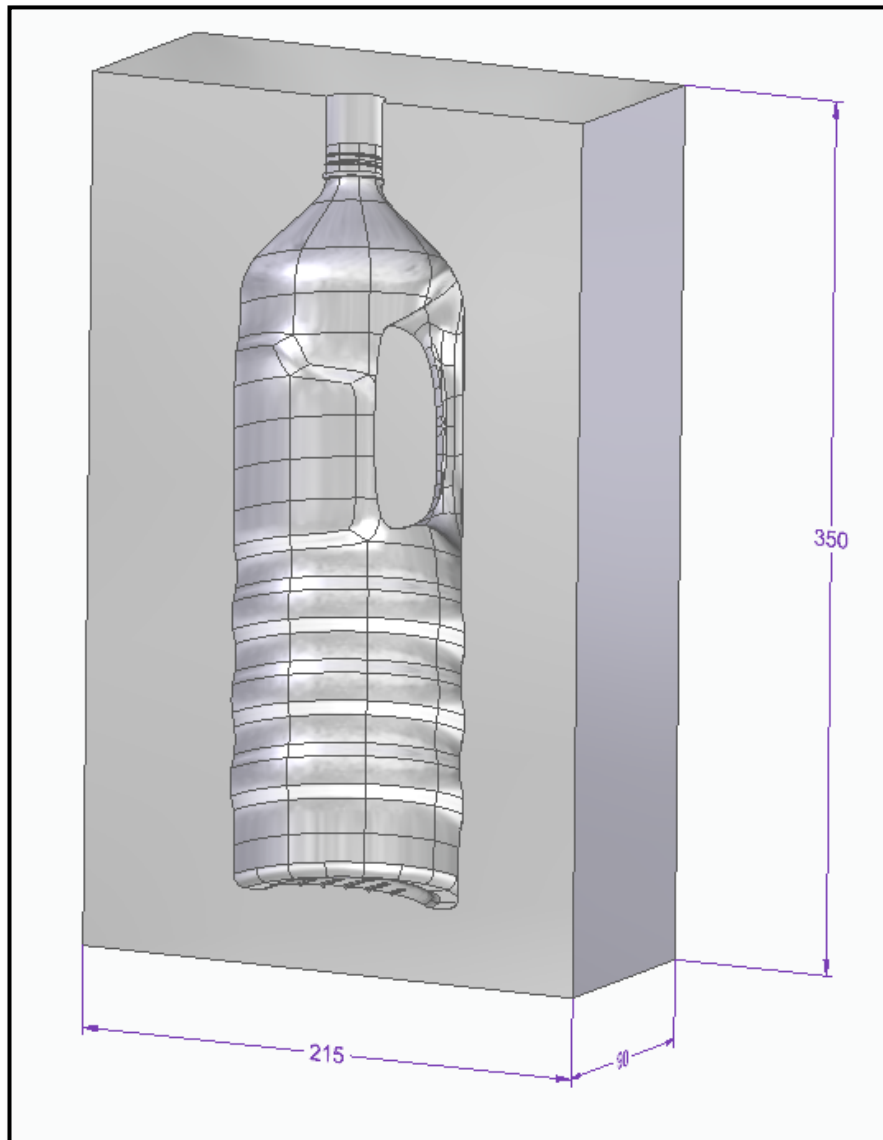
*Imagen 84. Molde lateral MODELO 1*

De esta forma se han obtenido los 2 moldes laterales, con las huellas correspondientes. El último paso, al igual que con la botella, habría que aplicar el material al molde, en este caso se van a fabricar en aluminio, 6061 T6 ya que es aporta unas condiciones de alta resistencia y ligereza que lo hace ideal para este tipo de moldes.

Para los otros 2 diseños, se va a seguir el mismo procedimiento para obtener los moldes, con el siguiente resultado:



*Imagen 85. Molde lateral Fondo Nervios*



*Imagen 86. Molde lateral MODELO SUBDIVISIÓN*

## 5.2 Mecanizado del molde.

En este último apartado, se va a realizar toda la secuencia de mecanizado para el molde lateral del MODELO 1, con la ayuda del software SECAM PRO.

Antes de comenzar con el uso del programa se van a explicar primero los parámetros de corte en el fresado que van a definir el propio proceso de mecanizado.

- Velocidad de corte ( $v_c$ ), que es la velocidad periférica tangencial de los filos de corte de la fresa
- Avance por diente ( $f_z$ ), es la distancia que va recorrer un diente al entrar en contacto con el material, y cada herramienta tiene un número  $Z$  de dientes.
- Velocidad de avance ( $v_f$ ), que se obtiene a partir del avance por diente, el número de dientes y la velocidad de rotación del cabezal.



programa un cam general, y como ajuste inicial millcontour, para crear las operaciones de desbaste. Esto luego se puede modificar en cualquier momento. Se permite seleccionar la opción multieje para realizar un mecanizado con un 4º o 5º eje si fuese necesario.

A continuación, se va a posicionar el origen de coordenadas correctamente, ya que como se va a mecanizar el molde lateral el eje vertical de la herramienta no coincide con el de la pieza, y se va a posicionar en una esquina.

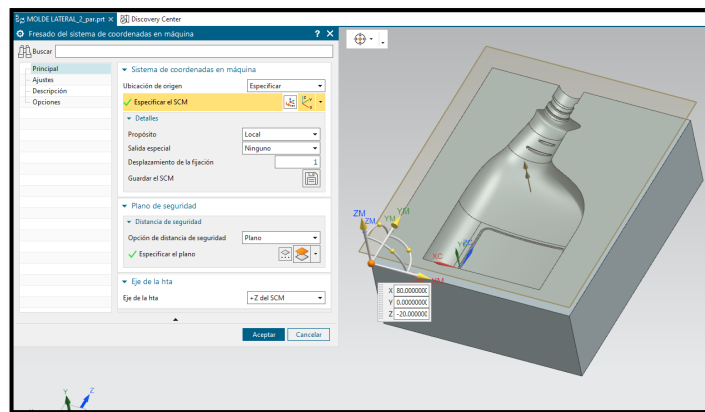


Imagen 88. Origen de coordenadas

Además, se ha definido una distancia de seguridad, mediante un plano a 20mm sobre la superficie superior, para que la herramienta pueda realizar los movimientos a alta velocidad de forma segura.

El siguiente paso va a ser, definir la pieza de trabajo de partida. Para definirla el programa deja varias opciones, pero se va a seleccionar el bloque delimitador, que realiza una selección inteligente del bloque, a partir de las dimensiones generales del CAD importado. Como se va a realizar un mecanizado también de la parte superior se va a partir pues de un bloque con una dimensión 2mm mayor en altura para poder mecanizar correctamente esa parte.

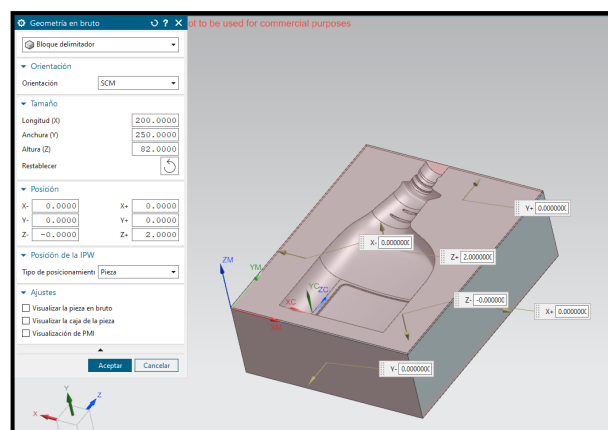


Imagen 89. Definición pieza de trabajo

Con la pieza de trabajo definida, se va a comenzar a realizar el mecanizado del molde, pero para ello es necesario previamente crear las herramientas que van a ser utilizadas.

Antes de las herramientas, se va a crear primero un carrusel (carrier) que va a contener dentro los diferentes pockets, cada uno con una herramienta diferente. Para ello se va a la opción crear herramienta y creamos el carrier.



Imagen 90. Menú crear herramienta

De la misma forma se van a crear lospockets, y para tenerlos dentro del carrier, se va a seleccionar esta ubicación en el menú, e indicando el número correspondiente de cajera para cada pocket que se cree dentro del carrier.

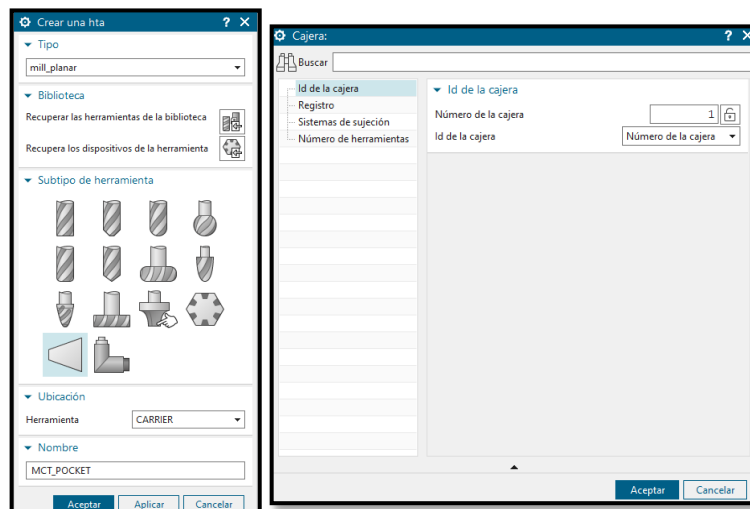


Imagen 91 y 92. Creación del pocket

De esta forma se van a crear todos los apartados que sean necesarios dentro de nuestro carrusel.

A continuación, se va a crear la primera herramienta, que se introducirá dentro del pocket01. La herramienta va a ser una fresa de punta tórica de D16 con la que realizará el desbaste.

Para ello nuevamente se va a generar una herramienta, se escoge el tipo que se requiere, en este caso una fresa con punta tórica, se selecciona en ubicación el pocketen el que se quiere colocar, y se introducen las características correspondientes a la fresa.

En este trabajo, se ha utilizado el catálogo de fresas para aluminio de **FRAISA**, y del que se va a obtener toda la información de la fresa seleccionada. En el anexo, se adjuntan las páginas del catálogo utilizadas para introducir todos estos parámetros.

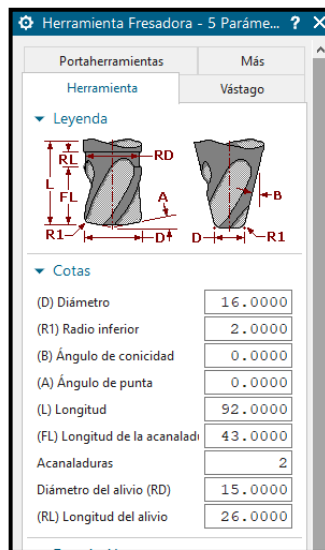


Imagen 93. Parámetros herramienta

Este será el procedimiento a seguir para crear todas las herramientas necesarias para realizar el mecanizado.

Sabiendo cómo se crean las herramientas, se va a comenzar con el proceso de mecanizado del molde.

El primer paso va a ser realizar un planeado de la superficie superior, mediante un plato para planear de  $\varnothing 100\text{mm}$ .

Con la herramienta creada, se va a la pestaña de orden del programa y se crea una operación del tipo millplanar, la operación de refrentado de pisos sin pared, aplicado a la pieza de trabajo y con un método de acabado.

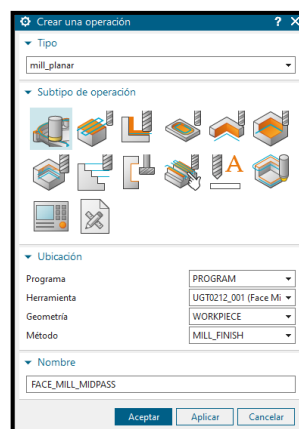


Imagen 94. Crear operación

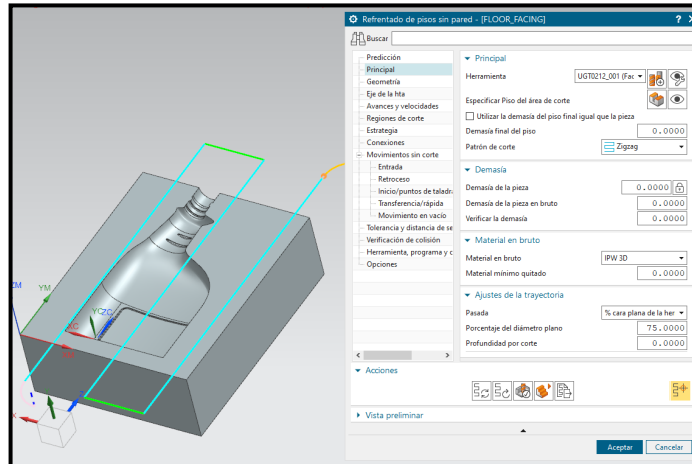


Imagen 95. Menú operación

Desde el menú de la operación se pueden controlar todos los parámetros de corte, en este caso se ha seleccionado un patrón de corte en zigzag y se pueden generar las trayectorias que va a realizarla la herramienta para mecanizar esta superficie. A continuación, se va a realizar el desbaste de la huella de la botella, con una fresa tórica de  $\varnothing 16$ . En este caso el tipo de operación será un fresado de cavidades, de desbaste. En el menú de la operación para este proceso, se ha seleccionado un patrón de corte de seguir la periferia con una profundidad de pasada de 2 mm constante.

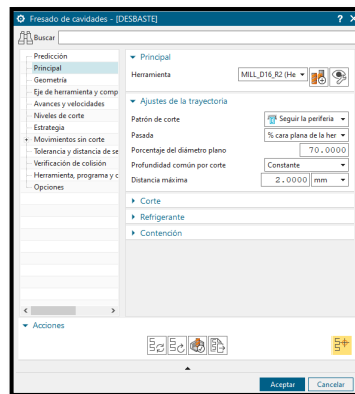


Imagen 96. Desbaste

Para realizar esta operación se selecciona la geometría solo de la huella para evitar pasar por la zona ya planeada anteriormente.

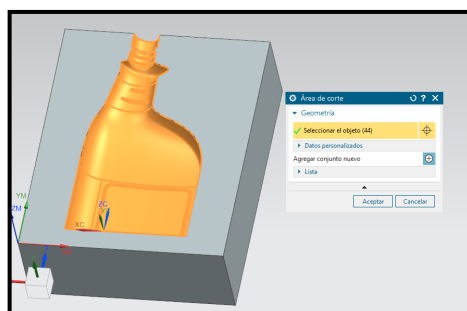
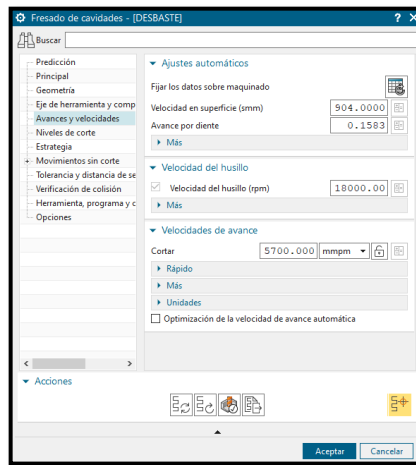


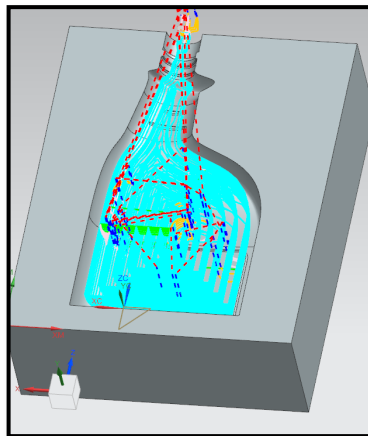
Imagen 97. Selección geometría a mecanizar

Queda definir las velocidades de avance y corte para el mecanizado, con los parámetros que se sacan del catálogo de fresas.



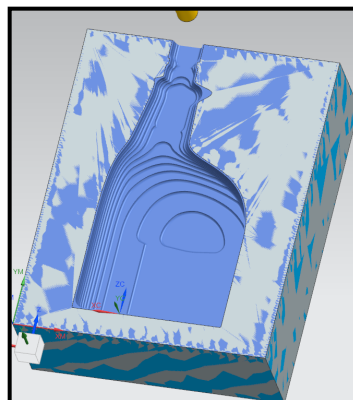
*Imagen 98. Avances y velocidades*

Con todos los parámetros introducidos, se generan las trayectorias que quedarían de la siguiente forma.



*Imagen 99. Trayectorias de mecanizado*

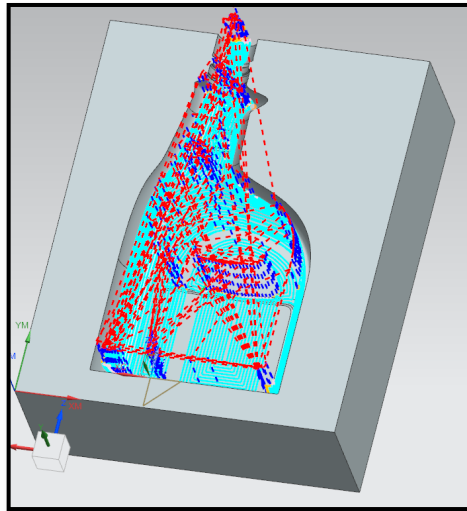
El programa da la opción de verificar el proceso de manera dinámica y que va representando como quedaría la operación.



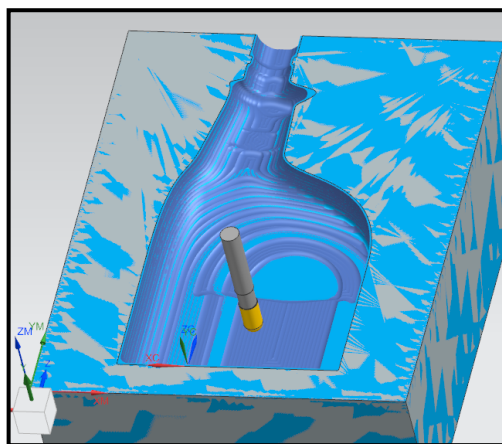
*Imagen 100. Desbaste*

En la imagen se pueden ver las zonas donde la fresa no puede acceder y los escalones de material que se generan en este proceso.

Para eliminar estos escalones y acceder a las zonas donde la fresa anterior no pudo acceder, se va a realizar un mecanizado de restos, con una punta esférica de  $\varnothing 10\text{mm}$ , y con una profundidad de corte de 1mm. Con todos los parámetros de avance y velocidad introducidos se generan las siguientes trayectorias.



*Imagen 101. Trayectorias mecanizado de restos*



*Imagen 102. Mecanizado de restos*

Tras el mecanizado de restos, se aprecia como esos escalones han desaparecido y se ha eliminado la gran parte de material, para comenzar el proceso de semiacabado.

Para realizar este proceso se va a realizar una operación del área de contorno, con un método de semiacabado y de nuevo se va a emplear la fresa de punta esférica de  $\varnothing 10\text{mm}$ .

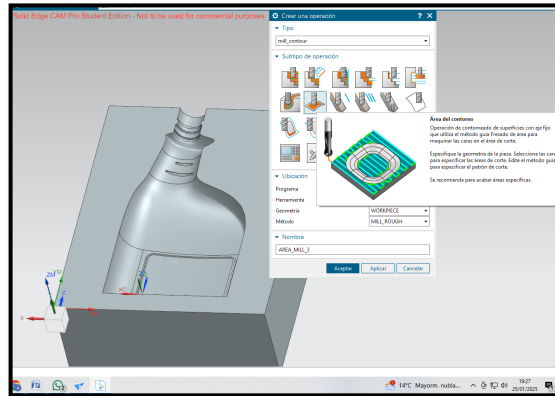


Imagen 103. Operación área de contorno

Esta operación permite realizar de las zonas con y sin pendiente seleccionando el ángulo hasta el cual va a diferenciar zonas con y sin pendiente. El orden de mecanizado va a ser primero las zonas con pendiente para después mecanizar las zonas suaves. Para la zona sin pendiente se va seguir un patrón de corte siguiendo la periferia y de pasada constante y para la corte con pendiente se va realizar un zig de nivel Z.

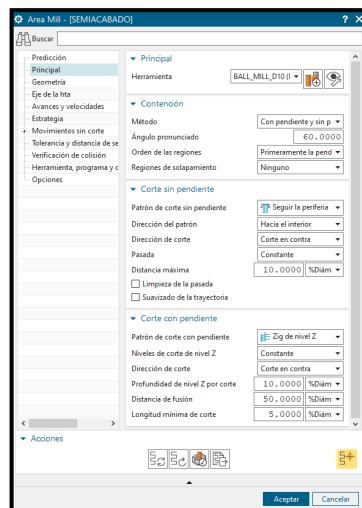


Imagen 105. Menú área de contorno

Con las velocidades y avances introducidos se generan las trayectorias que quedan de la siguiente forma.

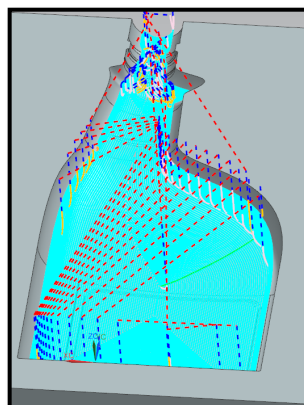


Imagen 106. Trayectorias semiacabado

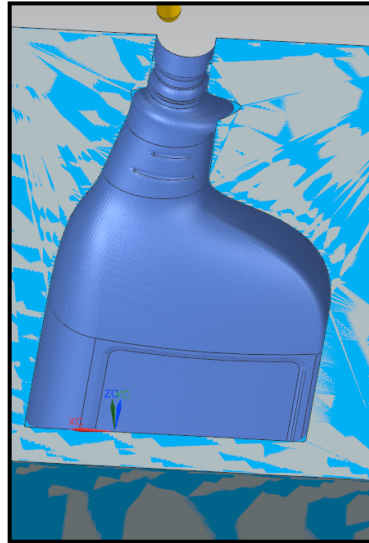


Imagen 107. Semiacabdo

En este momento ya se puede acometer el proceso de acabado, y que se va a realizar primero con un mecanizado de nivel Z para las paredes laterales y luego un mecanizado de área de contorno, pero solo de las zonas sin pendientes.

Para toda la zona central en la que no hay ningún radio limitante salvo en el rebaje de la etiqueta, se va poder realizar el acabado con la fresa de punta esférica de  $\varnothing 10\text{mm}$  y así obtener el acabado con un menor número de pasadas.

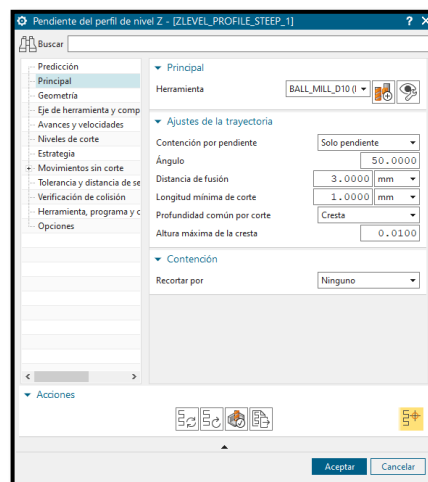


Imagen 108. Menú mecanizado de nivel

Para realizar el acabado, la profundidad de corte en este caso en vez de ser constante se va a seleccionar cresta, con una altura máxima de 0.01, y así conseguir un gran resultado y facilitar el pulido final del molde.

De la misma forma se va a realizar para la superficie sin pendiente con una operación de área de contorno.

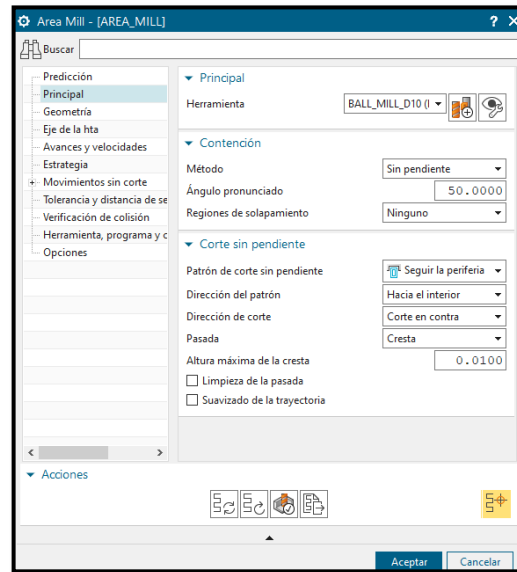
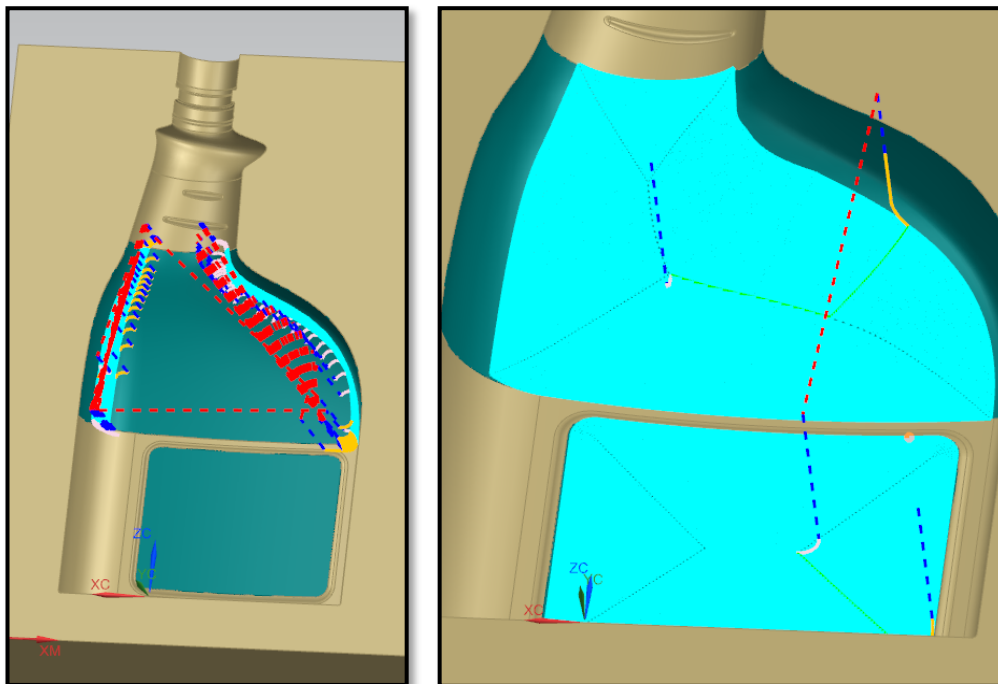


Imagen 110. Menú operación área de contorno

Se ve como en este caso se ha seleccionado la misma operación que en el semiacabado, pero esta vez como ya se ha realizado el mecanizado de las paredes, se selecciona el método sin pendientes y de nuevo para realizar el acabado se selecciona la pasada por cresta con altura máxima 0.01mm.

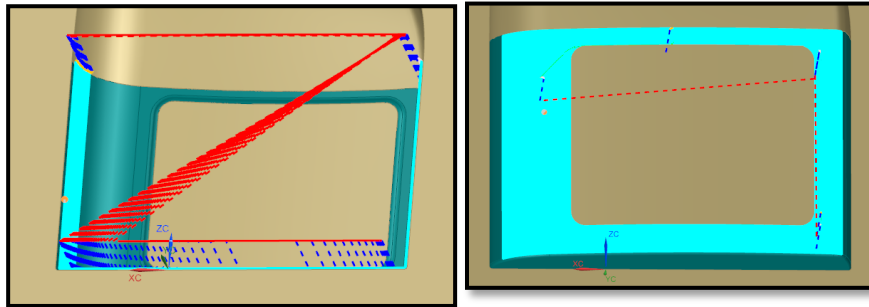


Imágenes 111 y 112. Trayectorias acabado

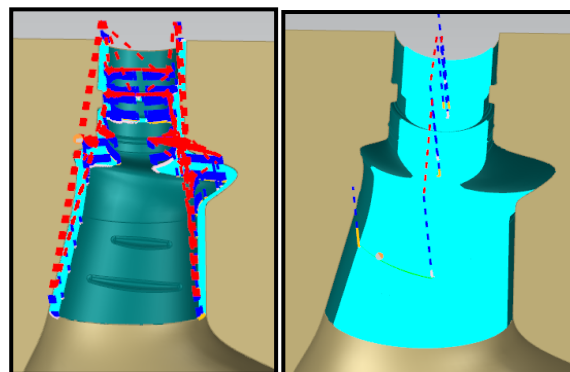
Para acometer ahora las zonas donde no ha podido acceder la fresa anterior, se van a utilizar 2 fresas distintas, para los radios de las etiquetas y el inferior de la base, se va a emplear una funda esférica de  $\varnothing 2\text{mm}$ , y para la zona superior donde se encuentran los radios más pequeños del molde con unas dimensiones de  $R=0.8\text{mm}$ , se empleará una microfresa de  $\varnothing 1.2\text{mm}$ .

La estrategia va a ser la misma que para el acabado anterior, primero las paredes verticales y luego las zonas sin pendiente y con estas fresas ya se va a poder acceder a todas las zonas.

Las trayectorias quedarían de la siguiente forma, sin pasar con el acabado 2 veces por la misma zona.

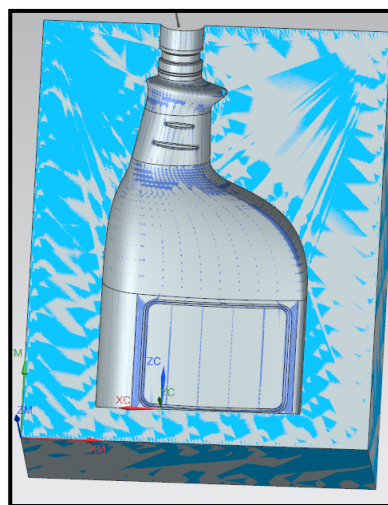


*Imagen 113 y 114. Trayectorias acabado*



*Imagen 115 y 116. Trayectorias acabado*

Con esto, ya se habría acabado el mecanizado del molde y habría que realizarle un pulido con el que se obtendría la calidad superficial que se requiera.



*Imagen 117. Resultado mecanizado*

Para acabar con el mecanizado y con este apartado del trabajo se va a realizar un pequeño resumen de las etapas de programación CAM para la fabricación de este tipo de moldes:

1. Importación del archivo CAD, que se va a mecanizar.
2. Configuración del control, pieza de trabajo de partida, sistema de coordenadas, coordenada Z herramienta.
3. Geometría herramientas a utilizar.
4. Configuración de la operación, definir estrategias y parámetros de mecanizado.
5. Cálculo de trayectorias de mecanizado
6. Verificación del programa.

## 6. Conclusiones

Con el trabajo finalizado, se ha adquirido la información y conocimiento suficiente sobre las estrategias de diseño y los procesos de fabricación de los envases de plástico destinados a productos de limpieza, para poder afrontar el diseño de cualquier envase que se proponga y realizar diseños nuevos aportando mejoras a los que ya hay.

El trabajar con estos sistemas de CAD y poder tener guardados todos los modelos en el ordenador o en una base de datos, va a permitir poder realizar cualquier modificación o mejora de manera rápida en los envases.

A raíz de esta posibilidad de poder hacer modificaciones en los envases, es donde se ha visto el mayor inconveniente de la nueva herramienta de diseño que se ha analizado en el trabajo, el modelado de subdivisión. Una herramienta con un gran potencial, que va a permitir a los diseñadores realizar modelos con geometrías complejas y con resultados muy estéticos de forma relativamente rápida, pero con muy poca capacidad de modificación del modelo una vez concluido, ya que no se van a poder modificar, por ejemplo, las dimensiones de partida o cambiar y o eliminar alguna operación, ya que no quedan registradas en el árbol de operaciones como en el método de diseño tradicional.

Se ha visto la integración tan completa que ofrecen estos paquetes de softwares, y que se traslada al proceso de diseño y fabricación, pudiendo importar los diseños de CAD realizados previamente, al software de CAM, facilitando y agilizando el proceso de programación de mecanizado del molde.

En cuanto a la estrategia de diseño del molde se ha elegido un centro de mecanizado tradicional con 3 ejes, y una posible mejora a aplicar con la que se podrían reducir tiempos, sería elegir un centro de con un 4 o 5º eje que facilitaría el acceso al mecanizado en alguna zona.

Para concluir, en la elaboración de este trabajo, los 2 modelos que he seleccionado para analizar y desarrollar el diseño paramétrico 3D, han sido para una fabricación mediante extrusión soplado, ya que como se ha comentado anteriormente, la mayoría de estos envases se fabrican mediante este proceso. Además, los envases fabricados en inyección soplado suelen tener formas más simples y el diseño no iba a tener tanta dificultad, por lo que se ha optado por esas opciones.

## BIBLIOGRAFÍA

### *Introducción y clasificación*

- <https://pibergroup.es/historia-del-envase-de-plastico/>
- Libro: **Tecnología de los materiales en ingeniería (Vol.1 y Vol.2)**, Jose Antonio Puértolas, Ricardo Ríos, Miguel Castro, Editorial Síntesis.
- <https://www.ensavelia.com/blog/que-es-el-termoplastico-caracteristicas-tipos-y-ejemplos-id37.htm>
- <https://reducereutilizarecicla.org/como-reciclar/>

Se ha completado información con apuntes de la asignatura, **Fabricación Integrada**, que imparte Emilio Royo Vázquez.

### *Normativa*

- [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2022-22690](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2022-22690)
- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex:32008R1272>

### *Diseño y modelado*


- <https://solidedge.siemens.com/es/solutions/products/3d-design/industrial-design-software/subdivision-modeling-2/>
- <https://www.howardprecision.com/aluminum-alloys-for-mold-making/>

### *Mecanizado del molde*

Catálogo FRAISA : <https://www.fraisa.com/en/products/mfc-alu>

## ANEXO

Se adjuntan las páginas del catálogo de Fraisa, de fresas y microfresas que se han utilizado en el proceso de mecanizado del molde.

5275	Materiales	d1	z	$v_c$	$f_z$	$a_p$	$a_e$	n	$v_f$	Q
		[mm]		[m/min]	[mm]	[mm]	[mm]	[min <sup>-1</sup> ]	[mm/min]	[cm <sup>3</sup> /min]
	Aleaciones de aluminio maleables, Si <6%	3	2	900	0.040	3	1.5	60000	4800	21.5
		4	2	900	0.050	4	2	60000	6000	48.0
		6	2	900	0.075	6	3	47750	7165	129.0
		8	2	900	0.100	8	4	35810	7160	229.0
		10	2	900	0.125	10	5	28650	7165	358.5
		12	2	900	0.150	12	6	23875	7165	516.0
		16	2	900	0.160	16	8	17905	5730	733.5
		20	2	900	0.230	20	10	14325	6590	1318.0
		25	2	900	0.265	25	12.5	11460	6075	1898.5
	Cobre no aleado	3	2	600	0.035	3	1.5	60000	4200	19.0
		4	2	600	0.045	4	2	47750	4300	34.5
		6	2	600	0.070	6	3	31830	4455	80.0
		8	2	600	0.090	8	4	23875	4300	137.5
		10	2	600	0.115	10	5	19100	4395	220.0
		12	2	600	0.135	12	6	15915	4295	309.0
		16	2	600	0.180	16	8	11935	4295	550.0
		20	2	600	0.225	20	10	9550	4300	860.0
		25	2	600	0.280	25	12.5	7640	4280	1337.5
	Termoplásticos	3	2	1200	0.030	3	1.5	60000	3600	16.0
		4	2	1200	0.040	4	2	60000	4800	38.5
		6	2	1200	0.060	6	3	60000	7200	129.5
		8	2	1200	0.080	8	4	47750	7640	244.5
		10	2	1200	0.100	10	5	38200	7640	382.0
		12	2	1200	0.120	12	6	31830	7640	550.0
		16	2	1200	0.160	16	8	23875	7640	978.0
		20	2	1200	0.200	20	10	19100	7640	1528.0
		25	2	1200	0.250	25	12.5	15280	7640	2387.5

### Fresa tórica para Aluminio

**HM**  
**MG10**

**AX**

$\lambda$  30°  
 $\gamma$  15°

DIN 6535  
HA

A

Adecuado para el mecanizado de:


**ALU**

**CU**  
Rame/Copper

**Plastic**

									CELERO	SERV		
Ejemplo: Tipo Nº <b>C 5275.180</b>									<b>5275</b>	<b>C5275</b>	ReTe	
o	d1	d2	d3	l1	l2	l3	r	$\alpha$	z	€	€	€
Code	e8	h6					0/+0,03					
.180	3	6	2,8	57	4	9	0,5	6°	2	35.90	50.10	
.220	4	6	3,7	57	5	12	0,5	4°	2	35.90	50.10	
.260	5	6	4,6	57	6	15	0,5	2°	2	35.90	50.10	
.300	6	6	5,5	57	7	20	1,0	0°	2	35.90	50.10	
.391	8	8	7,4	63	9	26	1,0	0°	2	49.40	70.00	13
.450	10	10	9,2	72	11	31	1,5	0°	2	67.00	93.00	19
.501	12	12	11,0	83	13	37	1,5	0°	2	99.00	135.00	23
.610	16	16	15,0	92	17	43	2,0	0°	2	152.00	211.00	29
.682	20	20	19,0	104	21	53	2,0	0°	2	233.00	314.00	31
.772	25	25	24,0	121	26	64	2,5	0°	2	332.00	453.00	38

**C5290**



**Materiales**

Aleaciones de aluminio maleables, Si <6%

Cobre no aleado

Termoplásticos

d1 [mm]	z	$v_c$ [m/min]	$f_z$ [mm]	$a_p$ [mm]	$a_e$ [mm]	$d_{eff}$ [mm]	n [min <sup>-1</sup> ]	$v_f$ [mm/min]	Q [cm <sup>3</sup> /min]
3	2	900	0.06	0.30	0.60	1.80	60000	7200	2
4	2	900	0.08	0.40	0.80	2.40	60000	9600	3
5	2	900	0.10	0.50	1.00	3.00	60000	12000	6
6	2	900	0.09	0.60	1.20	3.60	60000	10800	8
8	2	900	0.12	0.80	1.60	4.80	59685	14325	19
10	2	900	0.15	1.00	2.00	6.00	47750	14325	29
12	2	900	0.12	1.20	2.40	7.20	39790	9550	28
16	2	900	0.16	1.60	3.20	9.60	29840	9550	49
20	2	900	0.20	2.00	4.00	12.00	23875	9550	77
3	2	600	0.060	0.30	0.60	1.80	60000	7200	2
4	2	600	0.080	0.40	0.80	2.40	60000	9600	3
5	2	600	0.100	0.50	1.00	3.00	60000	12000	6
6	2	600	0.090	0.60	1.20	3.60	53055	9550	7
8	2	600	0.120	0.80	1.60	4.80	39790	9550	12
10	2	600	0.150	1.00	2.00	6.00	31830	9550	19
12	2	600	0.120	1.20	2.40	7.20	26525	6365	19
16	2	600	0.160	1.60	3.20	9.60	19895	6365	33
20	2	600	0.200	2.00	4.00	12.00	15915	6365	51
3	2	1200	0.060	0.30	0.60	1.80	60000	7200	2
4	2	1200	0.080	0.40	0.80	2.40	60000	9600	3
5	2	1200	0.100	0.50	1.00	3.00	60000	12000	6
6	2	1200	0.090	0.60	1.20	3.60	60000	10800	8
8	2	1200	0.120	0.80	1.60	4.80	60000	14400	19
10	2	1200	0.150	1.00	2.00	6.00	60000	18000	36
12	2	1200	0.120	1.20	2.40	7.20	53055	12735	37
16	2	1200	0.160	1.60	3.20	9.60	39790	12735	65
20	2	1200	0.200	2.00	4.00	12.00	31830	12730	102

## Fresa con punta esférica para Aluminio Sphericut

**HM**  
**MG10**

**AX**

$\lambda$  40°  
 $\gamma$  20°

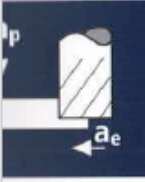
Adecuado para el mecanizado de:

**ALU**

**CU**  
Rame/Copper

**Plastic**

										CELERO	SERV	
										5290	C5290	ReTe
Recubrimiento	Artículo Nº		e-Código							€	€	€
Ejemplo: C	5290.140											
Tipo Nº	d1	d2 h6	d3	l1	l2	l3	r r8	$\alpha$	z	€	€	€
140	2	6	1,8	57	4	6	1,0	8°	2	48.90	57.90	
180	3	6	2,8	57	6	9	1,5	6°	2	48.90	57.90	
220	4	6	3,7	57	8	12	2,0	4°	2	48.90	57.90	
260	5	6	4,6	57	10	15	2,5	2°	2	48.90	57.90	
300	6	6	5,5	57	12	20	3,0	0°	2	48.90	57.90	20
391	8	8	7,4	63	16	26	4,0	0°	2	64.00	79.00	20
450	10	10	9,2	72	20	31	5,0	0°	2	86.00	102.00	20
501	12	12	11,0	83	24	37	6,0	0°	2	125.00	147.00	30
610	16	16	15,0	92	32	43	8,0	0°	2	188.00	223.00	30
682	20	20	19,0	104	40	53	10,0	0°	2	282.00	321.00	40

5714		Materiales	d1	z	v <sub>c</sub>	f <sub>z</sub>	a <sub>p</sub>	a <sub>e</sub>	n	v <sub>f</sub>	Q
			[mm]		[m/min]	[mm]	[mm]	[mm]	[min <sup>-1</sup> ]	[m/min]	[mm/min]
Aceros de dureza entre 42 - 48 HRC		0.5	2	150	0.010	0.08	0.08	60000	1200	7.0	
		0.6	2	150	0.010	0.09	0.09	60000	1200	9.5	
		0.8	2	150	0.015	0.12	0.12	59685	1790	26.0	
		1.0	2	150	0.020	0.15	0.15	47750	1910	43.0	
		1.2	2	150	0.025	0.18	0.18	39790	1990	64.5	
		1.5	2	150	0.030	0.23	0.23	31830	1910	96.5	
		2.0	2	150	0.040	0.30	0.30	23875	1910	172.0	
		2.5	2	150	0.050	0.38	0.38	19100	1910	268.5	
		3.0	2	150	0.060	0.45	0.45	15915	1910	387.0	
		Aceros de dureza entre 48 - 52 HRC		0.5	2	120	0.010	0.08	0.08	60000	1200
0.6	2			120	0.010	0.09	0.09	60000	1200	9.5	
0.8	2			120	0.015	0.12	0.12	47750	1435	20.5	
1.0	2			120	0.020	0.15	0.15	38200	1530	34.5	
1.2	2			120	0.025	0.18	0.18	31830	1590	51.5	
1.5	2			120	0.030	0.23	0.23	25465	1530	77.5	
2.0	2			120	0.040	0.30	0.30	19100	1530	137.5	
2.5	2			120	0.050	0.38	0.38	15280	1530	215.0	
3.0	2			120	0.060	0.45	0.45	12735	1530	310.0	
Aceros de dureza entre 52 - 56 HRC				0.5	2	100	0.010	0.08	0.08	60000	1200
		0.6	2	100	0.010	0.09	0.09	53055	1060	8.5	
		0.8	2	100	0.015	0.12	0.12	39790	1195	17.0	
		1.0	2	100	0.020	0.15	0.15	31830	1275	28.5	
		1.2	2	100	0.025	0.18	0.18	26525	1325	43.0	
		1.5	2	100	0.030	0.23	0.23	21220	1275	64.5	
		2.0	2	100	0.040	0.30	0.30	15915	1275	115.0	
		2.5	2	100	0.050	0.38	0.38	12735	1275	179.5	
		3.0	2	100	0.060	0.45	0.45	10610	1275	258.0	
		Aceros de dureza entre 58 - 62 HRC		0.5	2	30	0.010	0.05	0.08	19100	380
0.6	2			30	0.010	0.05	0.09	15915	320	1.5	
0.8	2			30	0.015	0.07	0.12	11935	360	3.0	
1.0	2			30	0.020	0.09	0.15	9550	380	5.0	
1.2	2			30	0.025	0.11	0.18	7960	400	8.0	
1.5	2			30	0.030	0.14	0.23	6365	380	11.5	
2.0	2			30	0.040	0.18	0.30	4775	380	20.5	
2.5	2			30	0.050	0.23	0.38	3820	380	32.0	
3.0	2			30	0.060	0.27	0.45	3185	380	46.0	

### Fresa cilíndrica, 5 x d Microcut-0

**HM**  
Micro

**MX**

$\lambda$  25°  
 $\gamma$  6°

45°

**CU**  
Rame/Copper

**ALU**

Adecuado para el mecanizado de:

**HRC**  
25 - 62

**Graphit**

**Inox**  
stainless

**CU**  
Rame/Copper

**ALU**

									MICRO		DIA
									5714	M5714	I5714
o	d1	d2	d3	l1	l2	l3	$\alpha$	z	€	€	€
Code	$\pm 0,01$	h6									
.050	0,5	3	0,45	40	0,6	2,5	10,0°	2	54.10	60,00	77,00
.060	0,6	3	0,55	40	0,7	3,0	10,0°	2	52.10	57,90	75,00
.080	0,8	3	0,75	40	1,0	4,0	8,0°	2	50.00	55,70	72,00
.100	1,0	3	0,95	50	1,2	5,0	7,0°	2	47.90	53,20	70,00
.108	1,2	3	1,15	50	1,4	6,0	6,0°	2	45.90	50,90	68,00
.120	1,5	3	1,45	50	1,8	7,5	5,0°	2	43.70	48,50	66,00
.140	2,0	3	1,95	50	2,4	10,0	3,0°	2	41.70	46,30	64,00
.160	2,5	3	2,45	50	3,0	12,5	1,5°	2	39.60	44,00	62,00
.180	3,0	3	2,95	50	3,6	15,0	0°	2	37.50	41,70	60,00