



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA CNC EN LA MODELACIÓN DE UNA MATRIZ DE SOPLADO DE PLÁSTICO PARA LA PRODUCCIÓN DE BOTELLAS DE 500 ML COMO UN APORTE A LA IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE CAD-CAM DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL”

**IGUASNIA VILEMA DIEGO GILBERTO
TORRES BARAHONA CLAUDIO ELICIO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

**RIOBAMBA – ECUADOR
2016**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-11-18

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**IGUASNIA VILEMA DIEGO GILBERTO
TORRES BARAHONA CLAUDIO ELICIO**

Titulada:

**“APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA CNC EN LA MODELACIÓN DE UNA
MATRIZ DE SOPLADO DE PLÁSTICO PARA LA PRODUCCIÓN DE
BOTELLAS DE 500 ML COMO UN APOORTE A LA IMPLEMENTACIÓN DEL
LABORATORIO DE CAD-CAM DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Ángel Guamán Mendoza
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Carlos Álvarez Pacheco
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: IGUASNIA VILEMA DIEGO GILBERTO

TÍTULO DE LA TESIS: “**APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA CNC EN LA MODELACIÓN DE UNA MATRIZ DE SOPLADO DE PLÁSTICO PARA LA PRODUCCIÓN DE BOTELLAS DE 500 ML COMO UN APORTE A LA IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE CAD-CAM DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**”

Fecha de Examinación: 2016-02-22

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Oswaldo Pérez Rodríguez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Ángel Guamán Mendoza DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Carlos Álvarez Pacheco ASESOR DE TESIS			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Oswaldo Pérez Rodríguez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: TORRES BARAHONA CLAUDIO ELICIO

TÍTULO DE LA TESIS: “**APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA CNC EN LA MODELACIÓN DE UNA MATRIZ DE SOPLADO DE PLÁSTICO PARA LA PRODUCCIÓN DE BOTELLAS DE 500 ML COMO UN APORTE A LA IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE CAD-CAM DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**”

Fecha de Examinación: 2016-02-22

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Oswaldo Pérez Rodríguez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Ángel Guamán Mendoza DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Carlos Álvarez Pacheco ASESOR DE TESIS			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Oswaldo Pérez Rodríguez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Iguasnia Vilema Diego Gilberto

Torres Barahona Claudio Elicio

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Iguasnia Vilema Diego Gilberto y Torres Barahona Claudio Elicio, declaramos que el presente trabajo de tesis es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Iguasnia Vilema Diego Gilberto
Cedula de Identidad: 060448612-6

Torres Barahona Claudio Elicio
Cedula de Identidad: 060386263-2

DEDICATORIA

Dedico mi logro a dios, por la sabiduría y fortaleza brindada en este camino para alcanzar mi tan ansiada meta profesional.

A mis padres que me han enseñado buenos valores, que siempre han estado ahí en los momentos difíciles de la vida, pero nunca dejaron de creer.

A mi familia en general que con sus consejos y regaños han hecho de mí un hombre de bien a todos ellos les digo gracias y este logro es de todos por el esfuerzo y dedicación que todos contribuyeron.

Diego Gilberto Iguasnia Vilema

Dedico principalmente a dios por mi objetivo cumplido con empeño, fuerza y sabiduría que en el camino de mi vida me ha brindado sin dejar que me derrumbe por las adversidades hasta alcanzar mi meta anhelada.

A mis padres que me han acompañado en esta ardua lucha sin dejarme caer, enseñándome a vencer los obstáculos que se pongan en mi camino hasta llegar a conseguir lo que yo me proponga.

A mis hermanos y amigos que siempre con su granito de arena, ánimos y consejos lograron ayudarme para salir adelante, solo me queda decirles un dios le pague a todos.

Claudio Elicio Torres Barahona

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme fortaleza para lograr mis metas, a mi familia por brindarme todo el cariño y confianza para ver culminada una meta más de la vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por darme la oportunidad de obtener una profesión, y ser una persona útil a la sociedad.

Agradezco al Ing. Ángel Guamán e Ing. Carlos Álvarez, por brindarme su amistad y asesoramiento de la tesis, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia se lograron elaborar el presente documento.

Diego Gilberto Iguasnia Vilema

Agradezco a Dios por darme fortaleza para lograr mis metas, a mi familia por brindarme todo el cariño y confianza para ver culminada una meta más de la vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por darme la oportunidad de obtener una profesión, y ser una persona útil a la sociedad.

Agradezco al Ing. Ángel Guamán e Ing. Carlos Álvarez, por brindarme su amistad y asesoramiento de la tesis, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia se lograron elaborar el presente documento.

Claudio Elicio Torres Barahona

CONTENIDO

	Pag.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 <i>Objetivo general.</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
2. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO	
2.1 Moldes de soplado	4
2.2 Tipos de moldeo por soplado.....	4
2.2.1 <i>Moldeo por Inyección-Soplado.</i>	4
2.2.2 <i>Moldeo por Extrusión-Soplado.</i>	5
2.2.3 <i>Moldeo por Coextrusión-Soplado.</i>	6
2.3 Materiales a los que se les puede aplicar	6
2.4 Geometrías obtenibles en las piezas	8
2.5 Descripción del moldeo por soplado de plástico	8
2.6 Equipos y utillajes	9
2.7 Aplicaciones habituales	10
2.8 Control numérico	11
2.8.1 <i>Descripción del control numérico</i>	11
2.8.1.1 <i>Historia</i>	11
2.8.1.2 <i>¿Qué es el control numérico?</i>	12
2.8.1.3 <i>Ventajas del sistema CNC</i>	13
2.8.1.4 <i>Desventajas del sistema CNC</i>	13
2.9 Tipos de maquinaria CNC	13
2.9.1 <i>Fresadora.</i>	13
2.9.2 <i>Torno.</i>	14
2.9.3 <i>Centros de mecanizado CNC</i>	14
2.10 Principios de funcionamiento	15
2.11 Programación CNC.....	15
2.11.1 <i>Planificación</i>	15
2.11.2 <i>Codificación del programa</i>	16
2.11.2.1 <i>Planos de construcción</i>	16
2.11.3 <i>Puesta en marcha.</i>	17
2.12 Programación CAD-CAM.....	17
2.13 Procedimientos de operaciones de mecanizado CNC	18
3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BOTELLA	
3.1 Generalidades	20
3.2 Análisis de condiciones de uso	20
3.3 Determinación del tipo de material	21
3.3.1 <i>Ventajas</i>	22
3.3.2 <i>Contracción del PET.</i>	22
3.4 Modelado del producto utilizando el software SOLIDWORKS	23
3.5 Características técnicas y tecnológicas del material PET.....	27

3.6	Elaboración de los planos de la botella mediante SOLIDWORKS.....	28
4.	APLICACIÓN DEL SOFTWARE CAD-CAM EN EL MODELADO DEL UTILLAJE DE SOPLADO DE PLÁSTICO	
4.1	Descripción del método de soplado.....	29
4.2	Partes constitutivas del utillaje	30
4.3	Selección del material.....	31
4.4	Selección de los parámetros de corte.....	32
4.4.1	<i>Velocidad de Corte (Vc).</i>	32
4.4.2	<i>Avance.</i>	36
4.4.3	<i>Profundidad de corte.</i>	40
4.5	Elaboración de los planos de la matriz utilizando el software SOLIDWORKS	40
4.6	Elaboración de hojas de procesos	41
4.7	Aplicación del software de fabricación asistida por computadora.....	41
4.6.1	<i>Molde de la cavidad 1</i>	42
4.6.2	<i>Molde de la cavidad 2.</i>	46
4.6.3	<i>Construcción de la base del molde.</i>	47
4.8	Concepción del proceso de mecanizado de cada una de las partes del molde .	47
4.8.1	<i>Selección de la máquina de trabajo.</i>	47
4.8.2	<i>Selección de las herramientas.</i>	49
4.8.3	<i>Selección del material de la fresa</i>	50
4.8.4	<i>Geometría del material.</i>	50
4.8.5	<i>Función planeado de las partes de la matriz.</i>	51
4.8.6	<i>Operación de cavidad de la botella.</i>	57
4.9	Selección de la máquina	63
4.10	Códigos ISO en la programación CNC	64
4.10.1	<i>Códigos Generales o Preparatorios.</i>	66
4.10.2	<i>Códigos Misceláneos.</i>	68
4.10.3	<i>Código S.</i>	69
4.10.4	<i>Código T.</i>	69
4.10.5	<i>Código F.</i>	70
4.11	Elaboración del programa de manufactura para cada parte del molde.....	70
4.12	Corrección de códigos	73
4.13	Simulación	74
5.	COSTOS	
5.1	Costos Directos.....	75
5.2	Costos Indirectos	75
5.3	Costo Total (CT).....	75
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1	Conclusiones.....	76
6.2	Recomendaciones	76

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pag.
1	Materiales y sus características..... 7
2	Contracción de los Materiales. 22
3	Características Técnicas y Tecnológicas del PET. 27
4	Características de la Preforma. 30
5	Velocidades de corte de la máquina fresadora. 32
6	Avance por diente recomendado (fresas de alta velocidad). 36
7	Avance recomendado por diente (fresas de carburo cementado). 37
8	Características de la Máquina. 63
9	Características de la Máquina Técnicas..... 63
10	Lenguaje de Programación ISO..... 64
11	Rango de direcciones 66
12	Lista de Códigos de Movimiento..... 66
13	Lista de Códigos de Preparatorias. 67
14	Encendido y Reinicio del Estado de los Códigos G. 68
15	Códigos M. 68
16	Costos Directos..... 75
17	Costos Indirectos. 75

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
1	Etapas del proceso de Inyección-Soplado. 5
2	Preformas. 4
3	Etapas del proceso de Extrusión-Soplado. 5
4	Representación del Proceso Giratorio. 6
5	Estado de los Termoplásticos. 6
6	Productos Obtenidos. 8
7	Recipiente. 10
8	Botellas. 11
9	Controlador. 12
10	Fresadora de Cabezal Deslizable. 13
11	Torno CNC. 14
12	Centro de mecanizado CNC. 14
13	Botellas de Agua Mineral. 21
14	Vista Frontal de la Botella de 500 ml. 23
15	Vista Posterior de la Botella de 500 ml. 23
16	Rosca Partida de la Botella de 500 ml. 24
17	Detalle Superior de la Botella de 500 ml. 24
18	Detalle Inferior de la Botella de 500 ml. 25
19	Detalle de la Base de la Botella de 500 ml. 25
20	Botella Sólida en 3D de 500 ml. 26
21	Propiedades Físicas de la Botella de 500 ml. 26
22	Preforma. 30
23	Fresa Plana HSS de Ø10 mm. 33
24	Fresa Plana HSS de Ø19 mm. 33
25	Fresa frontal HSS de Ø80 mm. 34
26	Fresa Redonda HSS de Ø6 mm. 35
27	Fresa Redonda HSS de Ø12 mm. 35
28	Fresa Plana HSS de Ø10 mm y número de dientes 4. 37
29	Fresa Plana HSS de Ø19 mm y número de dientes 2. 38
30	Fresa Frontal HSS de Ø80 mm y número de dientes 4. 38
31	Fresa Redonda HSS de Ø6 mm y número de dientes 2. 39
32	Fresa Redonda HSS de Ø12 mm y número de dientes 2. 39
33	Software BobCAD-CAM. 41
34	Transferencia. 42
35	Cavidad de la botella. 43
36	Figura 36. Rectángulo. 43
37	Operación rectángulo. 44
38	Comando Extruir. 44
39	Extrucción. 44

40	Substraer Sólido.....	45
41	Cavidad de la botella.	45
42	Arcos.....	46
43	Matriz de la cavidad 1.	46
44	Matriz de la cavidad 2.	46
45	Matriz de la base de la botella.	47
46	Tipo de máquina.	48
47	Post-Procesador.	48
48	Herramientas de corte.....	49
49	Tipo de material.....	50
50	Forma de la materia prima.....	50
51	Matriz Botella.....	51
52	Administrador CAM.....	51
53	Parámetros.	52
54	Crear Operaciones.	52
55	Función de la cara a mecanizar.....	53
56	Sostenedor para la herramienta.....	54
57	Ajustes de la herramienta.	54
58	Cono BT40.	55
59	Velocidad de corte.	55
60	Secuencia de trabajo.	56
61	Entrada y salida de la herramienta.....	56
62	Mecanizado de 3 ejes.....	58
63	Geometría de la cavidad.	58
64	Parámetros de desbaste.....	59
65	Fresa Redonda.	59
66	Set de Herramientas.....	60
67	Sostenedor de herramienta para fresa.	60
68	Cono BT40 con el sostenedor.....	61
69	Parámetros de corte.	61
70	Guía de la Fresa.	62
71	Mecanizado de la Matriz.	62
72	Máquina Bridgeport VMC 800/22.	63
73	Encabezado por Defecto.	73
74	Encabezado de la Máquina.	73
75	Simulación de la cavidad de la botella.	74
76	Simulación de la base de la botella.....	74

LISTA DE ABREVIACIONES

CAD	Computer Aided Desing (Diseño Asistido por Computadora)
CAM	Computer Aided Manufacturing (Manufactura Asistida por Computadora)
CNC	Computer Numerical Control (Control Numérico Computarizado)
NC	Numerical Control (Control Numérico)
MIT	Instituto de Tecnología de Massachusetts.
DNC	Direct Numerical Control (Control Numérico Directo)
ISO	International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización)
EPP	Equipo de Protección Personal.

LISTA DE ANEXOS

- A** Hoja de procesos de las tres partes de la matriz.
- B** Códigos ISO.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación desarrolla el método de soplado de plástico para la elaboración de botellas de agua de 500 ml mediante la aplicación de la tecnología CNC, el proyecto se desarrolla con la correcta selección del tipo de material de la botella tomando en cuenta sus características técnicas y tecnológicas.

Para elaborar el diseño de la botella se utilizó el software SOLIDWORKS, con la ayuda de este software se determinó el volumen y la masa de la botella, posterior al diseño se elaboró la matriz de la botella que se encuentra dividida de tres partes. El diseño de la matriz se elaboró utilizando el Software BobCAD-CAM, el que permitirá elaborar los programas de mecanizado para la obtención de los códigos G que sirven en el proceso de manufactura.

La programación es clave para trabajar con máquinas de control numérico, asegurando el correcto funcionamiento se procede a realizar una simulación de los procesos de manufactura, concluido la simulación se procede a la transmisión de datos a la máquina Bridgeport VMC 800/22 obteniendo como resultado la construcción de la matriz de soplado. El presente trabajo deja constancia que la máquina Bridgeport VMC 800/22 de tres ejes puede realizar trabajos tan complejos como la elaboración de matrices, siendo este un punto de partida para el desarrollo de más proyectos, siempre tomando en cuenta las normas de seguridad.

Para el correcto funcionamiento del software BobCAD-CAM se seleccionó el post-procesador adecuado para simular las operaciones y generar los códigos G.

ABSTRACT

The following graduation work applies the blow molding plastic for making 500 ml plastic bottles through the application of CNC technology, the project is carried out through the correct selection of the type of material for the bottle, taking into account its technical and technological characteristics.

To make the bottle design, it was necessary to use SOLIDWORKS software, this allowed determining the dimension and mass of the bottle, after the design, it was necessary to make the mold of the bottle which is divided into three parts. The design of the mold was carried out with the use of BobCAD-CAM software, which will allow elaborating the machining programs (steps) to obtain the G codes which are useful for the manufacturing processes.

The programming is essential to work with numerical control machines. For the right performance, it is necessary to carry out a simulation of the manufacturing processes, once the simulation is concluded, the data are transmitted to Bridgeport VCM 800/22 obtaining as a result the construction of the blowing mold. The current research demonstrates that the three-axis Bridgeport VMC 800/22 machine can carry out a complex work like the elaboration of molds. This is considered a starting point for the elaboration of more projects taking into account the security norms.

For the right performance of BobCAD-CAM software it was necessary to select the adequate post-processor to simulate the operations and generate the G codes.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La Escuela de Ingeniería Industrial se creó el 22 de junio de 1999 con el objetivo de formar profesionales líderes en sistemas de producción, capaces de analizar y especificar componentes integrados de las personas, de las máquinas y de los recursos para crear sistemas eficientes y eficaces que producen las mercancías y los servicios beneficiosos para solventar las demandas actuales en el país.

La escuela de Ingeniería Industrial busca enmarcar a sus profesionales en la realidad actual y encaminar en la nueva matriz productiva, para ser personas capaces de formar parte del desarrollo tecnológico y socioeconómico que vive nuestro país en el área industrial.

Una de las formas más importantes y efectivas es fortalecer la enseñanza que se recibe en las aulas mediante la implementación de un laboratorio donde se puedan interactuar con una máquina CNC, para que el estudiante pueda observar, manipular e identificar los elementos que se logren encontrar en el campo laboral y consigan estar más capacitados para enfrentar la vida profesional.

Las máquinas de control numérico se remontan al año de 1824, cuando un británico tejedor utilizó tarjetas perforadas en sus máquinas, después de esto, 120 años más tarde el estadounidense John T. Parsons concibe un mando automático con tarjetas perforadas, soportando las coordenadas de los ejes con los agujeros de las tarjetas en un lector que pudiera traducir las señales de mando de las tarjetas en movimiento a los ejes.

Después de esto, el gobierno norteamericano se interesó en este sistema, para el copiado de piezas difíciles de realizar manualmente pero susceptibles a ser modificadas sencillamente, por lo que apoyó el desarrollo de una fresadora de tres ejes. Facilitando así el avance de la tecnología y generando una alta calidad y con más precisión en la construcción de las piezas más complejas.

La metodología del moldeo por soplado es una tecnología que tiene sus inicios en los Estados Unidos en 1802. Es un proceso que nace de la combinación de técnicas de ingeniería de polímeros con el modelo por inyección el cual consiste en la obtención de una preforma del polímero a procesar, similar a un tubo de ensayo, la cual posteriormente se calienta y se introduce en el molde que alberga la geometría deseada, en ocasiones se hace un estiramiento de la preforma inyectada, después se inyecta aire, con lo que se consigue la expansión del material hasta llegar a la forma deseada de la pieza y por último se procede a su extracción, esta metodología es muy utilizada en la realización de envases plásticos para diferentes aplicaciones.

1.2 Justificación

La Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Mecánica imparte a los estudiantes conocimientos concernientes al CAD-CAM de una manera teórica pero debido a las exigencias del desarrollo tecnológico en el que está inmerso nuestro país hemos donado un centro de mecanizado vertical de tres ejes marca Bridgeport VMC 800/22 para el laboratorio de CAD-CAM que permita a los estudiantes estar capacitado de mejor manera para enfrentar las exigencias tecnológicas que se presentan en el sector industrial.

Debido a que en el país se fortalece la innovación en base a la nueva matriz productiva dejando de ser un país que solo exporta la materia prima y dándole así a este un valor agregado mejorando la economía del país, con la implementación de un centro de mecanizado CNC para el laboratorio podemos dar paso a que nazca el emprendimiento de nuevos productos o piezas que sean difíciles de elaborar basado en la necesidad de las personas, producir dando así el avance a la tecnología en nuestro país.

La implementación de este centro de mecanizado CNC tiene la finalidad de mejorar el proceso pedagógico, para que los estudiantes de la escuela puedan combinar el conocimiento teórico impartido por parte de los docentes en el modelado de moldes de soplado de plástico que esto se puede realizar en esta máquina, ya que esto nos ayuda a la reducción de tiempos de ciclo, la posibilidad de hacer piezas más complejas, reducción del porcentaje de piezas defectuosas es decir mejorando la calidad del producto, se reduce la posibilidad de accidentes entre otras.

Desde el punto de vista económico el centro de mecanizado CNC que se pueden adquirir es considerable en su costo pero dado la apertura de muchas aplicaciones en la industria la recuperación de lo invertido es en corto plazo lo que no se puede hacer con las maquinas herramientas porque su costo de producción era elevado y su calidad y precisión no era la adecuada como con la tecnología CNC.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Aplicar la tecnología CNC en la modelación de una matriz de soplado de plástico para la producción de botellas de 500 ml como un aporte a la implementación del laboratorio de CAD-CAM de la escuela de ingeniería industrial.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Efectuar la investigación sobre los tipos de moldes de soplado de plástico que se puedan realizar mediante un software CAM.
- Elaborar los cálculos, planos y sus hojas de procesos.
- Realizar el modelado de las partes constitutivas del molde empleando el software SOLIDWORKS.
- Desarrollar el algoritmo utilizando el software BobCAD-CAM.
- Elaborar el programa de manufactura utilizando el software BobCAD-CAM.

CAPÍTULO II

2. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

2.1 Moldes de soplado

El moldeo por soplado es un proceso que se utiliza para elaborar piezas huecas de plástico gracias al esparcimiento del material. Esto se logra por medio de la presión que realiza el aire en las paredes de la preforma si se trata de inyección-soplado, o del parison si se habla de extrusión-soplado.

Desde sus inicios en el siglo XIX, el proceso de soplado ha cursado por numerosos cambios tanto en términos tecnológicos como de material, permitiendo de esta manera evolucionar cada vez más este proceso tomando muy en cuenta la extrusión y la inyección, ya que hoy en día es muy importante el proceso de conformado de plásticos, logrando reemplazar al vidrio hasta reducir el costo y aumentar la producción. (KANDT)

2.2 Tipos de moldeo por soplado

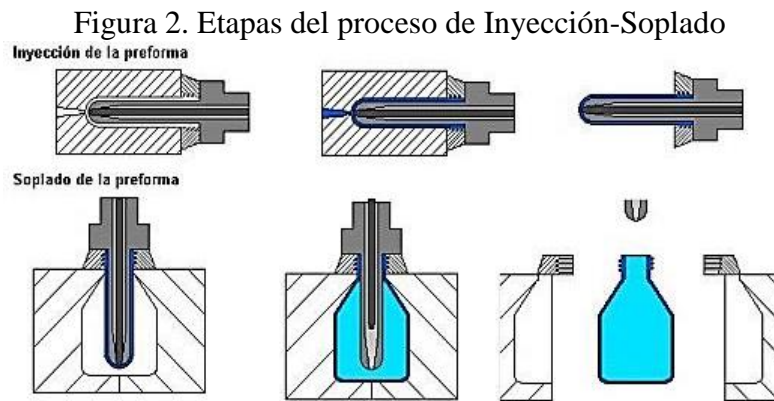
2.2.1 Moldeo por Inyección-Soplado. Este método se fundamenta en la obtención de una preforma del polímero a trabajar, similar a un tubo de ensayo, la cual se calienta posteriormente y se coloca en el molde donde encuentra la geometría deseada, después se inyecta aire consiguiendo la expansión del material llegando a la forma deseada, y por último se deja enfriar para su pronta extracción.

Figura 1. Preformas



Fuente: <http://nubr.co/Wnc0tg>

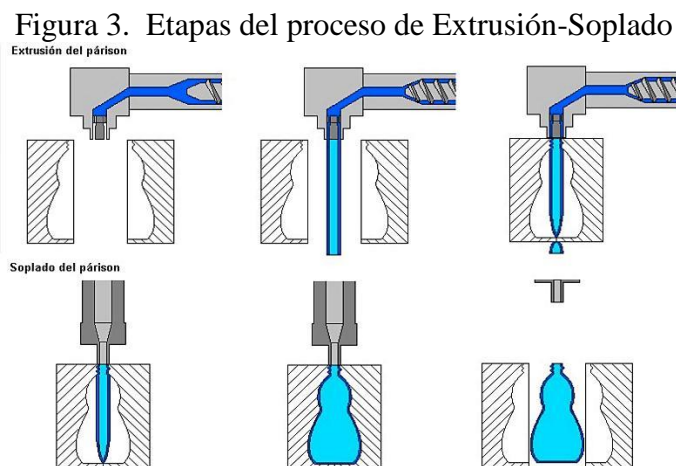
La ventaja de utilizar una preforma radica en que se puede inyectar y almacenar, producir diferentes tamaños y colores, los cuales se logran realizar en lugares distintos a donde se hará el soplado. Las preformas son estables y pueden soplarse a velocidad alta según el pedido requerido. (MARIANO, 2012)



Fuente: <http://nubr.co/5vA06t>

2.2.2 Moldeo por Extrusión-Soplado. Es un proceso de soplado donde la preforma es una manga tubular semifundida de plástico denominada paríson que se produce directamente del extrusor, un molde se cierra alrededor de este de forma hermética y se procede a su inflado mediante la boquilla de soplado, se deja enfriar y se expulsa la pieza.

La ventaja de este método es que la producción de estas piezas no requiere de moldes muy costosos y se puede obtener artículos de paredes muy delgadas con gran resistencia mecánica. (MARIANO, 2012)

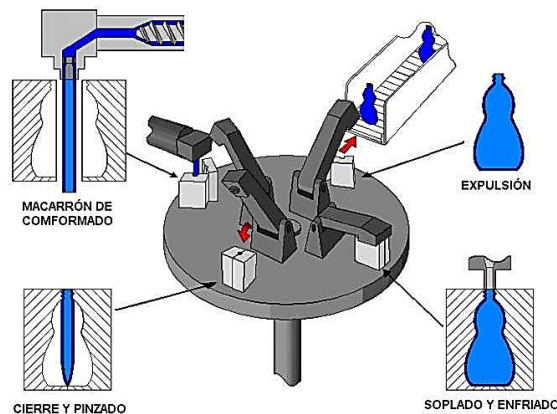


Fuente: <http://nubr.co/3TT2nt>

2.2.3 Moldeo por Coextrusión-Soplado. Mediante este método de soplado se obtiene productos multicapa aplicando el mismo proceso de extrusión-soplado, esto puede servir para distintos beneficios como son:

- Obtener diferentes características de permeabilidad.
- Reducir el costo de los materiales utilizando reciclados o de menor calidad.
- Combinar características ópticas de los polímeros. (WALES)

Figura 4. Representación del Proceso Giratorio

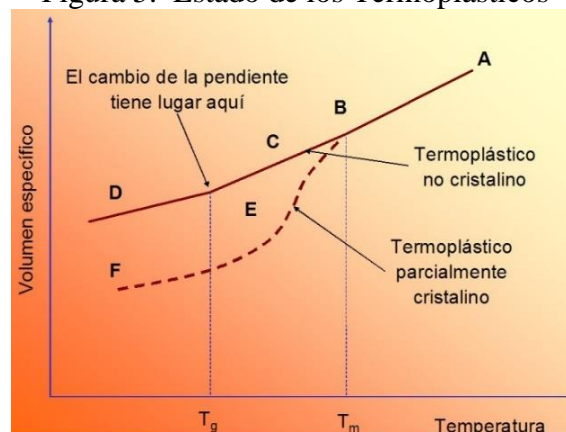


Fuente: <http://nubr.co/2f15hr>

2.3 Materiales a los que se les puede aplicar

Los materiales que se pueden utilizar para el proceso de soplado recaen al grupo de los termoplásticos, esto se debe a que el material tenga un comportamiento viscoso y se pueda deformar fácilmente cuando llegue a su temperatura adecuada, dicha de otras forma la presión obtenida por el aire inyectado no podría expandir el material plástico.



Figura 5. Estado de los Termoplásticos



Fuente: <http://nubr.co/NOaV6f>

Se detalla en la siguiente tabla 1 los materiales que se utilizan para la elaboración de diferentes productos dependiendo para que sea su uso y estos son: casi todos los polímeros vírgenes, polímeros compuestos en forma de granulado, también materiales triturados y aditivos. (WALES)

Tabla 1. Materiales y sus características

Código de identificación del plástico	Nombre del plástico	Descripción	Algunos usos del plástico virgen	Algunos usos del plástico hecho al partir del desecho reciclado del plástico
 PET	Polietileno tereftalato	Resistente y claro, puede ser utilizado como fibra.	Refrescos y botellas de agua mineral, llenado de las bolsas de dormir y almohadas, las fibras textiles.	Botellas de refrescos, botellas de detergente, película para embalaje, fibras para alfombras y chaquetas “peludas”.
 HDPE	Polietileno de alta densidad	Plástico muy común, generalmente blanco o coloreado.	Bolsas de mandados ruidosas, bolsas de freezer, botellas de leche y crema, botellas de shampoo.	Botellas de detergentes, cajas, contenedores de residuos, tubos para agricultura, pallets, cajas de reciclaje.
 V	Policloruro de vinilo	Plástico duro y rígido, puede ser transparente.	Botellas de jugo, empaques de blíster, caños y ajustes de plomería.	Botellas de detergente, baldosas, caños para sanitaria.
 LDPE	Polietileno de baja densidad	Plástico suave y flexible.	Tapas de contenedores de helados, bolsas para papeleras, papeleras, hojas de plástico negro.	Films para la construcción, la industria, el packing, bolsas.
 PP	Polipropileno	Plástico duro pero flexible, muchos usos.	Contenedores de helados, bolsas de papas fritas, pajitas para bebidas, cajas de comidas.	Bolsas para recolección de residuos.
 PS	Poliestireno	Rígido, quebradizo. Puede ser claro, vidrioso. Espumado: liviano, absorbe energía, aislación térmica.	Contenedores de yogurt, cubertería de plástico, imitación de cristal. Copas de bebidas, contenedores para llevar comida, bandejas.	Palillos para la ropa, ganchos para la ropa, accesorios de oficina, carretes para hilos, reglas, cajas de CD/video.
 OTHER	Incluye a todos los otros plásticos, incluidos acrílico y nylon, no pueden ser reciclados.			

Fuente: <http://nubr.co/01N7Xe>

El número 1 dentro del triángulo corresponde al material más fácil de reciclar y así sucesivamente hasta el número 7 el más difícil.

2.4 Geometrías obtenibles en las piezas

La geometría que se obtiene por el proceso de soplado de plástico son piezas huecas que no tienen un espesor fijo por causa de la deformación del material, por lo tanto no es el mismo para que cubra todas las zonas de la pieza. Además todas las piezas son abiertas porque tienen entrada de aire para que se pueda realizar este proceso.

Las tolerancias obtenidas en los métodos de soplado no varían mucho ya que cada una de ellas tiene sus ventajas de utilización para la mayoría de las piezas, se puede realizar piezas de gran complejidad porque no se necesita la presencia de machos en el interior de las piezas simplemente el molde bien realizado con la figura que se requiera ya que será muy costoso si se lo realiza por otro método que no sea de soplado. (BLAINE)

Figura 6. Productos Obtenidos



Fuente: <http://nubr.co/tXTcaT>

2.5 Descripción del moldeo por soplado de plástico

El moldeo por soplado es un proceso de fabricación multifásico continuo o discontinuo de producción de piezas huecas de pared delgada a partir de materiales termoplásticos, estas piezas varían en tamaño, desde pequeñas botellas plásticas de unas cuantas onzas hasta grandes tambores de almacenamiento de 38.000 litros de capacidad, es más apropiado para la producción masiva de recipientes pequeños desechables, mientras que para adaptar grandes formas huecas, se utiliza el moldeo rotacional.

Los moldes para plásticos se construyen de diversas maneras, en función de la forma de la pieza que se quiere obtener, por lo general son moldes partidos, si la pieza es de revolución y simétrica, lo más común es que sea de macho (núcleo) y hembra (matriz), de lo contrario tendrá múltiples partes que se ensamblan para el cierre y llenado del molde y se abren para el desmolde de la pieza.

Dependiendo de la cantidad de piezas a producir, los moldes pueden ser de accionamiento manual si se trata de pequeñas series, para series mayores se utilizan moldes semiautomáticos accionados por prensas y para grandes series de piezas los moldes automáticos en los cuales no participan prácticamente la mano humana.

Sus ventajas de producción rápida y salida de alto volumen han permitido a las empresas producir recipientes baratos para muchos de los alimentos más importantes del mundo, de la leche al jugo de naranja.

Este método no está exento de desventajas, sin embargo, ya que los polímeros de este tipo dependen de la disminución de los recursos para ser creados y tienen un impacto medioambiental que aún no se trata adecuadamente. (MONTALVO)

2.6 Equipos y utillajes

Lo que se utiliza en este proceso siempre dependerá de la técnica que se emplee. Si se utiliza el método de inyección-soplado como mínimo se necesitará una inyectora, encargada de realizar la preforma inicial, un equipo calefactor para incrementar la temperatura de la preforma y llegar a obtener un estado plástico para poder deformarlo y por último un equipo de soplado que se utilizará para inyectar el aire a la presión requerida.

Si se trata de extrusión-soplado entonces se utilizará una extrusora, para la obtención del parison y un equipo de soplado para la inyección del aire solicitado, si el proceso lo requiere se agregara un equipo calefactor.

Además esta técnica necesita en algunas ocasiones un equipo auxiliar, el cual puede estar formado por una boquilla de orificio variable y/o un acumulador para que se pueda realizar el soplado de aire.

El equipo acumulador está conformado por una cavidad, encargada de almacenar la dosis requerida y un pistón cuyo objetivo es empujar el plástico fundido hacia el cabezal de la boquilla. Por otra parte la boquilla de orificio variable se utiliza para programar una extrusión con diferentes espesores. (BLAINE)

2.7 Aplicaciones habituales

Hoy en día el proceso por soplado tiende a estar divididas en producción de partes industriales como depósitos de gasolina, alerones y conductos de aire, el envasado de productos en envases, garrafas sin asa, garrafas con asa hueca, bidones, etc. (WALES)

También se logran fabricar piezas relativamente grandes, como toboganes o tanques de grandes dimensiones, sin embargo si el número de piezas no es muy elevado empieza a ser recomendable el moldeo rotacional porque la inversión a realizar es bastante menor, algunos ejemplos de la diversidad de aplicaciones son:

- Sector Cosméticos – Farmacéutico:
 - Envases pequeños para muestras médicas y para tratamiento tipo ampolletas.
 - Recipientes para medicamentos en pastillas.
 - Recipientes para jarabes, soluciones y suspensiones.
 - Recipientes grandes para suero.
 - Recipientes para shampoos, cremas, lociones y perfumes.

Figura 7. Recipiente



Fuente: <http://nubr.co/egCmfz>

- Sector de Alimentos.
 - Botellas para aceite comestible.
 - Botellas para agua potable.
 - Botellas para bebidas carbonatadas y no carbonatadas.
 - Botellas para bebidas alcohólicas.
 - Envases pequeños para golosinas.
 - Envases para condimentos.
 - Envases para bebidas en polvo.

Figura 8. Botellas



Fuente: <http://nubr.co/ukZQ2P>

2.8 Control numérico

2.8.1 Descripción del control numérico

2.8.1.1 Historia

- En 1942, en los Estados Unidos de América, se realiza el proyecto de una máquina automática, destinada a la elaboración de piezas complejas que las máquinas convencionales no podían realizar.
- En 1948 inicio el desarrollo de un sistema en el que un ordenador se encarga del mando de una máquina herramienta.
- En 1953 el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) nombra el numerical control (CN).

- En 1957 aparece la máquina herramienta con control numérico y en la década de los sesenta aparece el control adaptivo que permite regular el avance de los carros y las revoluciones del husillo.
- En 1968 aproximadamente se pone en práctica el control numérico directo (DNC), permite que una computadora central maneje varias máquinas a la vez ya por esas fechas el control numérico ha sido aceptado en la industria y varias ya estaban en uso. (CÁNDIDO, 2013)

2.8.1.2 *¿Qué es el control numérico?* El control numérico computarizado es un sistema de automatización de máquinas herramientas usando códigos alfanuméricos, en el que cada programa establece un determinado proceso a ser realizado por la máquina, con la que una misma maquina puede realizar diversas funciones con tan solo sustituir el programa de trabajo.

Figura 9. Controlador



Fuente: <http://nubr.co/mdieMu>

Permitiendo una elevada flexibilidad de funcionamiento con relación a maquinaria convencional optimizando el tiempo de trabajo y mejorando la calidad del producto, donde los elementos básicos del control numérico son:

- *El programa.* Es el que contiene toda la información de las acciones a ejecutar.
- *El control numérico.* Es el que interpreta estas instrucciones, las convierte en señales que acciona de la máquina y comprueba los resultados.
- *La máquina.* Es el que ejecuta las operaciones previstas. (CULTURAL, 2005)

2.8.1.3 *Ventajas del sistema CNC*

- Se elaboran trabajos de alta precisión y con una elevada complejidad.
- Se logra una optimización de tiempos de operación.
- Disminución en los costos de herramientas y utillajes.
- Mayor seguridad para el operario.
- Aumento de la productividad.

2.8.1.4 *Desventajas del sistema CNC*

- Requiere una fuerte inversión.
- Requiere mano de obra calificada para su uso.
- Dificultad de encontrar repuestos. (DANITA, 2009)

2.9 **Tipos de maquinaria CNC**

2.9.1 *Fresadora.* En las fresadoras se emplean cortadores con dientes múltiples conocidos como fresas. El fresado suele ser de corte o periférico, el filo se enfría en forma intermitente, porque los cortes no son continuos. Las bocas de los husillos y portaherramientas estándar de las fresadoras permiten intercambiar porta herramientas y fresas para fresado de frente, sin que importe el tamaño de la máquina. (GUANIPAS, 2009)

Figura 10. Fresadora de Cabezal Deslizable



Fuente: <http://nubr.co/ae45j6>

2.9.2 *Torno.* Se consideran a los tornos como la máquina más antigua del mundo. El torno CNC permite que rote la pieza de trabajo, donde la herramienta realiza el corte trasladándose en forma longitudinal y transversal. (GUANIPAS, 2009)

Figura 11. Torno CNC



Fuente: <http://nubr.co/wsHCGU>

2.9.3 *Centros de mecanizado CNC.* Los centros de mecanizados CNC son máquinas completas en las que se une funciones de fresado y torneado simultáneamente que permite realizar la elaboración de piezas con alto grado de complejidad. (HERRAMIENTAS)

Figura 12. Centro de mecanizado CNC



Fuente: <http://nubr.co/6m4hDl>

2.10 Principios de funcionamiento

La maquinaria CNC funciona en base de motores y mecanismos que son controlados de forma autónoma por una computadora, logrando una precisa coordinación de sus movimientos, con el sistema CNC podemos crear programas de forma manual para el mecanizado de sin número de piezas, tan solo controlando el movimiento de la máquina en algunos casos o todos sus ejes de una manera fácil y versátil.

Para realizar el mecanizado de piezas con cierto grado de complejidad se utiliza el diseño asistido por computadora, empleando ciertos programas de modelación en 3D del tipo CAD-CAM, una vez que se obtiene el diseño de la pieza a mecanizar, se simula cómo será el desbaste y se encarga de la generación del programa mediante los códigos ISO para que la máquina interprete.

El lenguaje ISO 6893 es un lenguaje normalizado permite que un mismo programa pueda funcionar correctamente en diferentes controladores o máquinas que admitan este estándar, para crear un programa se debe seguir estrictamente los códigos ISO y pueden ser introducidos de forma manual en la máquina u obtenerlos con el software.

2.11 Programación CNC

En la programación CNC consiste en preparar la información para el mecanizado de una pieza y se puede describir en los siguientes pasos:

2.11.1 Planificación

- La interpretación de los planos de trabajo está encargada de la persona que maneja la máquina la misma que debe tener la facilidad de interpretación en la lectura de los planos.
- La elección del tipo de máquina para realizar la operación es acorde al tipo de pieza que se va elaborar.
- La hoja de trabajo es usada para describir las actividades de proceso de construcción.

- En ella se detalla las herramientas a utilizar, tiempo de operación, parámetros de corte y la profundidad por cada pasada.

2.11.2 Codificación del programa. En la parte de codificación del programa se transcribe toda la información utilizando un lenguaje comprensible para la máquina, es necesario conocer las reglas del lenguaje que se encuentran estipulados en el manual de la máquina.

2.11.2.1 Planos de construcción. Los códigos utilizados para los planos de construcción son G17 (XY), G18 (XZ) y G19 (YZ). Donde el movimiento de la herramienta debe ser paralelo a estos planos, por default se considera el plano G17 (XY).

- Los Sistemas de unidades son unidades de medición que usan los programas CNC. Todas las máquinas vienen programadas para leer unidades métricas y las inglesas. Es necesario indicar a la máquina las unidades de trabajo, los códigos G70 programación en pulgadas y G71 programación en milímetros. Estos códigos van de acuerdo al post-procesador de la máquina indicando el sistema de unidades que utiliza, es fácil de reconocer en el encabezado de cada programa.
- Los Modos de entrada se los realiza de dos formas:
 - *Coordenadas absolutas.* Para el uso de este comando se realiza por medio del código G90, especifica la distancia desde el origen que sirve de referencia para trasladarse hasta las siguientes coordenadas.
 - *Coordenadas incrementales.* Se usa este comando por medio del código G91, que especifica la distancia usando el punto previo como origen.
- Códigos de programación
 - El número de secuencia se lo representa por la letra N seguida del número de identificación del bloque (línea) en un programa CNC. Es de bastante utilidad en la lectura de programas largos y empezar a correr el programa desde la línea o bloque que se escoja. El rango de trabajo de es de N1 hasta N9999.

- Las Funciones preparatorias son conocidos como códigos G, están representados por la letra G y acompañada de un número de 2 dígitos.

Las funciones G determinan la geometría y condiciones de trabajo, son las funciones principales dentro de una programación CNC.

- Las Funciones auxiliares son las que se encargan de controlar diferentes parámetros de la máquina como sentido de giro de husillo, líquido refrigerante, etc. Estas funciones son representadas con la letra M y acompañada un número de 2 dígitos, y el rango es desde M00 hasta M99.

2.11.3 Puesta en marcha. Con la programación terminada se comprueba que en realidad la máquina ejecuta las operaciones previstas en el programa, se puede hacer el mecanizado de la pieza utilizando un material alternativo donde se apreciara como va a quedar nuestra pieza final y si cumple con las exigencias planteadas.

2.12 Programación CAD-CAM

Dentro de la programación se utiliza un software CAD-CAM donde en la parte CAD permite diseñar, crear imágenes de partes y el modelado de piezas industriales mientras en la parte CAM se realiza el proceso de manufactura y simulación.

- *Diseño de la pieza en 2D.* Toda pieza a ser elaborada parte primero de un plano en 2D (X-Y) tomando en cuenta el sistema de unidades se realiza el croquis con sus respectivas cotas, será de gran importancia en el instante de realizar lecturas de planos para que sea de fácil interpretación.
- *Diseño de piezas en 3D.* Partiendo del diseño de un croquis en 2D se procede a elaborar el sólido de la pieza que se va a mecanizar en la máquina CNC. Se debe tomar muy en cuenta que el sólido no presente fallas en la construcción porque nos podría ocasionar errores en el mecanizado.
- *Mecanizado en el programa.* En el software CAD-CAM cuenta con la ventaja de hacer el simulado del mecanizado de la pieza, para el mecanizado se puede realizar de dos formas:

- *Mecanizado en 2D.* Para el mecanizado en 2D se lo puede realizar partiendo de un croquis que servirá de guía para la herramienta, en los parámetros de mecanizado se indica la entrada de la herramienta, la profundidad de avance y la profundidad de desbaste.
- *Mecanizado por superficies.* Es utilizado en la simulación del mecanizado de piezas con un alto grado de complejidad, este tipo de mecanizado trabaja con diseños en superficies.
- *Generación de los códigos ISO.* Con la ayuda de un software CAD-CAM, a partir del diseño y del modelado del mecanizado se procede a generar los códigos G que servirán para el mecanizado de la pieza en la máquina CNC, es necesario revisar que los parámetros de programación estén acorde a las exigencias del operario.
- Ya con la generación de los códigos el siguiente paso es cargar el programa a la máquina y poner a ejecutar el programa llevando un control de calidad.

2.13 Procedimientos de operaciones de mecanizado CNC

Los procedimientos de operaciones de un centro de mecanizado CNC es acorde a las especificaciones del fabricante de la máquina y el tipo de post-procesador, las operaciones básicas de mecanizado CNC están dados bajo el siguiente orden:

- *Encendido de los drives de la máquina.* Siempre que la máquina empieza sus funciones los drives se encuentran apagados, se deben encender para enviar las señales a los motores. El paso a seguir es enviar los ejes X, Y, Z de la máquina al punto de referencia máquina también llamado como cero máquina.
- *Función JOG.* Permite que el operario pueda mover los ejes de la máquina en cualquier sentido de forma manual, se utiliza para encontrar en cero piezas, también para censar las herramientas de corte y realizar mecanizados sencillos.
- *Función MDI.* La función MDI permite una programación a pie de máquina, el requisito principal es que el operario conozca los códigos de programación.

- *Cargar partes de un programa.* Entre las funciones de operación de la máquina esta la parte que interactúa el post-procesador con la computadora transmitiendo los códigos de programación para ejecutar las operaciones de mecanizado predeterminadas.
- *Edición por partes del programa.* Permite la modificación de un programa debido a que en la generación de los códigos de programación con el software CAD-CAM se realizan de una forma total. Pero en la transferencia de los datos la máquina no lee ciertos códigos, porque no están dentro de los parámetros de la máquina, o también si se requiere realizar la misma operación con diferente herramienta.
- *Ejecución del programa.* La ejecución del programa consiste en poner a funcionar el programa creado por el software, se puede realizar por dos formas bloque a bloque o automático.

CAPÍTULO III

3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BOTELLA

3.1 Generalidades

La botella de plástico es fabricada de distintos materiales dependiendo para que se les pueda utilizar ya que su objetivo principal es de proteger, identificar, contener, distribuir y/o manipular un producto ya sea en forma líquida como lácteos, bebidas, etc. y en forma sólida como medicamentos ya que tienen una gran ventaja que es su versatilidad de formas y su bajo precio con respecto a las botellas de vidrio.

Los envases de plástico pueden ser elaborados con diferentes características: transparentes o de color, flexibles o rígidos, hermeticidad, ligeros, algunos plásticos son reciclables, ya que todo esto depende de para que se va utilizar las botellas y según eso poder identificar de que material se las puede fabricar ya sea por el método de extrusión-soplado o el de inyección-soplado.

Hay que tener muy en cuenta que algunas botellas pueden ser reutilizables ya que todas no cumplen esta función porque unas pueden contener agua, bebidas, medicamentos, sustancias, etc. y si le mezclamos con otros líquidos pueden ocasionar reacciones químicas perjudiciales para la salud de las persona.

3.2 Análisis de condiciones de uso

Las botellas de plástico se utilizan en la industria alimentaria, cosmética, farmacéutica, productos del hogar, sustancias industriales, reactivos de laboratorio, etc.

La botella que se elabora se destina a la industria alimentaria en el envasado de agua mineral que contiene ciertas características:

- Actúa como defensa para la humedad y para los gases como el O₂ y el CO₂.
- Su color es transparente y cristalino, aunque puede añadirse algunos colorantes.

- Es ligero eso quiere decir que permite que una botella pese 20 veces menos de lo que contiene.
- Es Impermeable.
- Es Inerte al contenido.
- Tiene buena resistencia a esfuerzos permanentes y al desgaste, ya que contiene alta rigidez y dureza.
- Tiene alta resistencia química y buenas propiedades térmicas, soporta temperaturas por debajo de los 71.1°C.
- Totalmente reciclable, reducible y reutilizable esto significa el uso de las tres R.
- Estabilidad a la intemperie y no es biodegradable. (ONLINE)

Figura 13. Botellas de Agua Mineral



Fuente: <http://nubr.co/EnlsQk>

3.3 Determinación del tipo de material

El Polietileno Tereftalato (PET) es un Poliéster Termoplástico fuerte pero de peso ligero y está conformado a partir de dos compuestos principalmente: Ácido Terftálico o Dimetiltereftalato y Etilenglicol, para ello el material utilizado para la elaboración de la botella es el PET de grado botella.

El Polietileno Tereftalato (PET) se usa habitualmente para bebidas carbonatadas y botellas de agua. (QUIMINET, 2010)

3.3.1 *Ventajas*

- *Transparencia.* El color obtenido con este material es de un color transparente, pero se puede obtener de diferentes colores con el uso de colorantes.
- *Barrera.* El material aporta resistencia al paso de agentes exteriores al interior del mismo, estos agentes pueden ser malos olores, gases.
- *Peso.* El material es muy ligero, es decir que el peso de un envase PET es de un 25 % menos que el mismo envase en PVC.
- *Resistencia química.* Es resistente a multitud de agentes químicos agresivos los cuales no son soportados por otros materiales.
- *Degradación térmica.* La temperatura soportable sin deformación ni degradación aventaja a la de otros materiales.
- *Facilidad de reciclar y reducir.* (INDUSTRIALES)

3.3.2 *Contracción del PET.* Los plásticos se calientan al procesarlos por ende los materiales calentados se expanden (se hace más grande) y cuando el material se enfría, se contrae (se hace más pequeño).

Tabla 2. Contracción de los Materiales

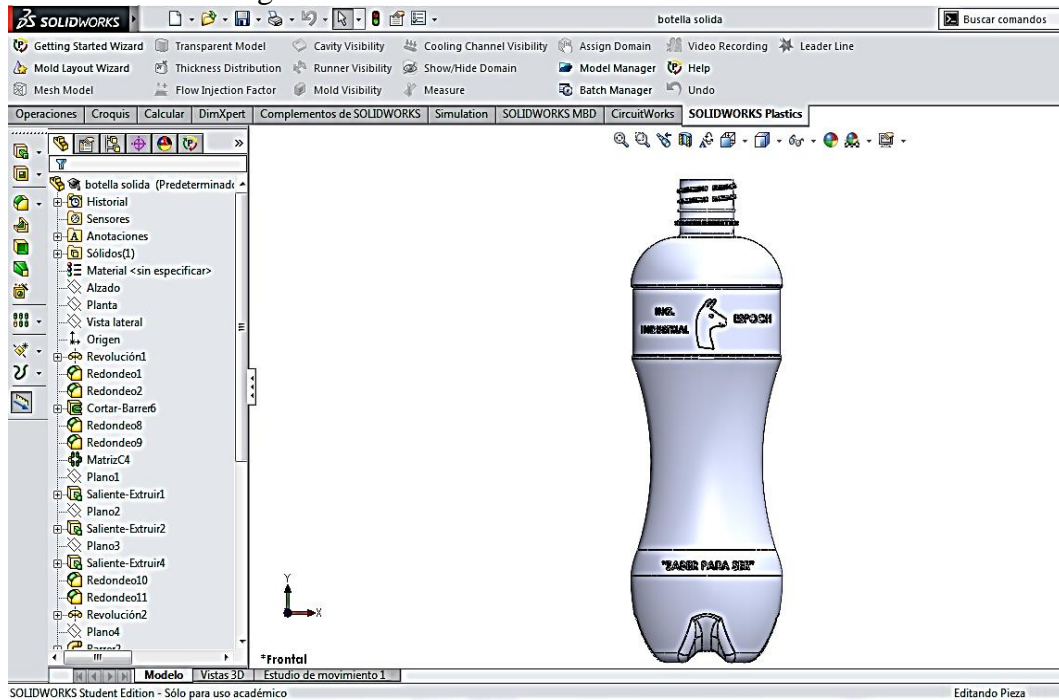
Rangos de contracción			
Material	Contracción %	Material	Contracción %
PS	0,4 - 0,7	PVC	0,4 - 0,8
SAN	0,4 - 0,6	PMMA	0,3 - 0,8
PC	0,8 - 0,8	PA6,6	0,8 - 2,0
ABS	0,4 - 0,7	PA11	0,3 - 0,7
LDPE	1,0 - 3,0	PA6	0,2 - 1,2
PP	1,2 - 2,5	PET	1,6 - 2,0

Fuente: <http://nubr.co/ZK1Omn>

3.4 Modelado del producto utilizando el software SOLIDWORKS

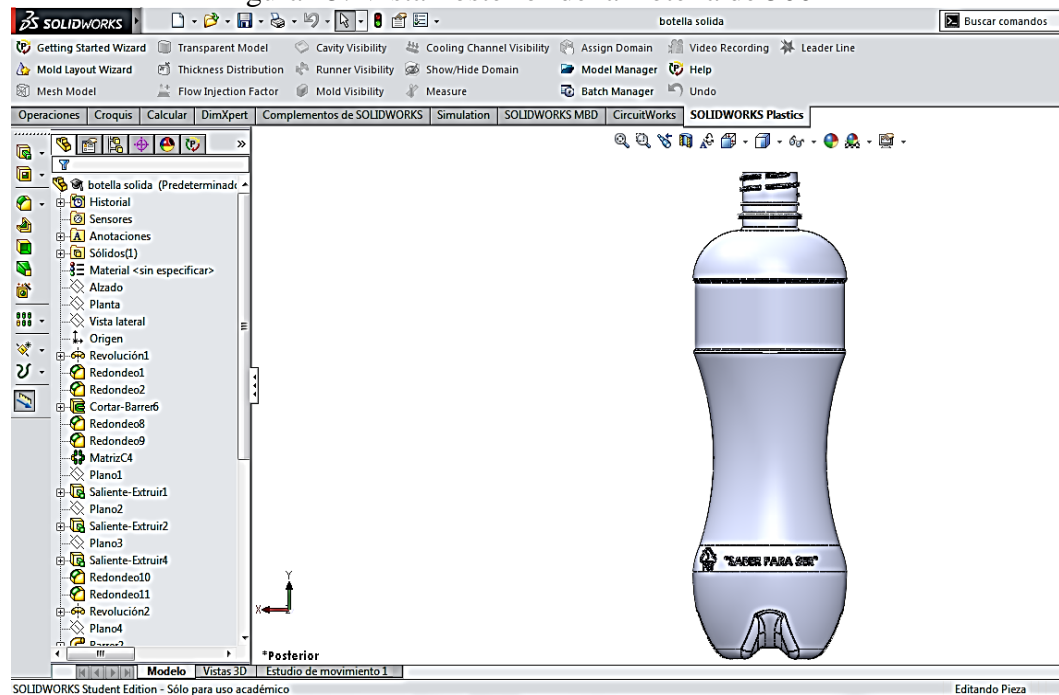
El modelado de la botella de 500 ml se realizó en el software SOLIDWORKS 2015, con un diseño personalizado y con los parámetros específicos que debe contener.

Figura 14. Vista Frontal de la Botella de 500 ml



Fuente: Autores

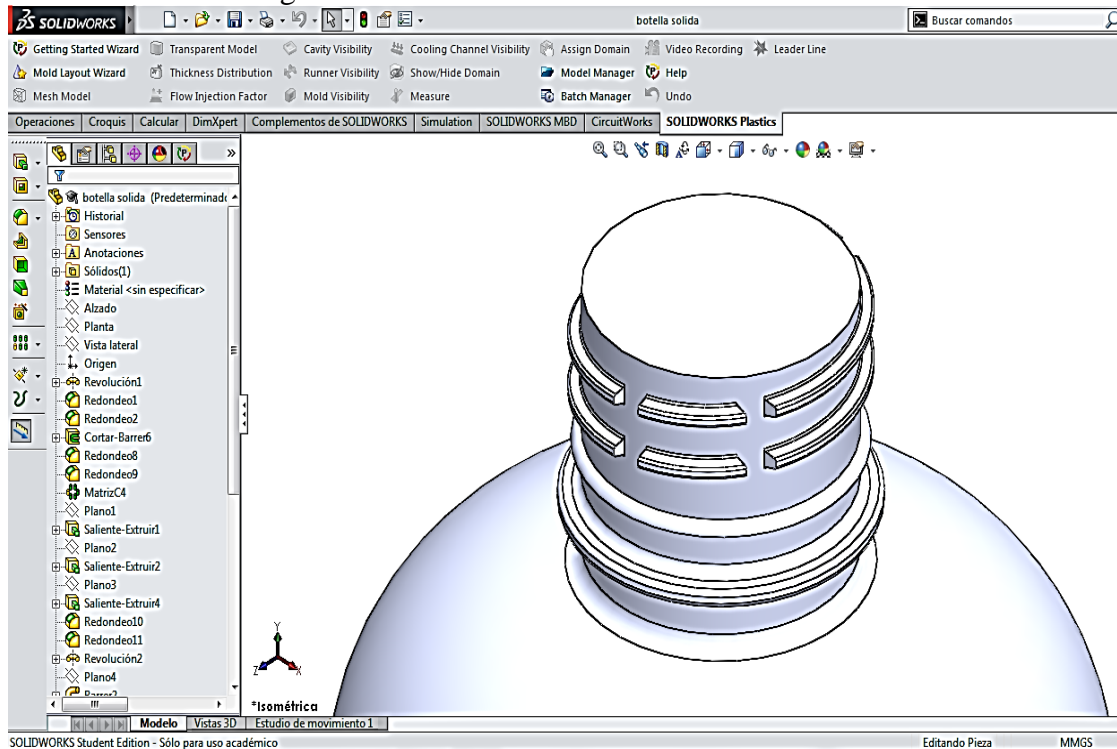
Figura 15. Vista Posterior de la Botella de 500 ml



Fuente: Autores

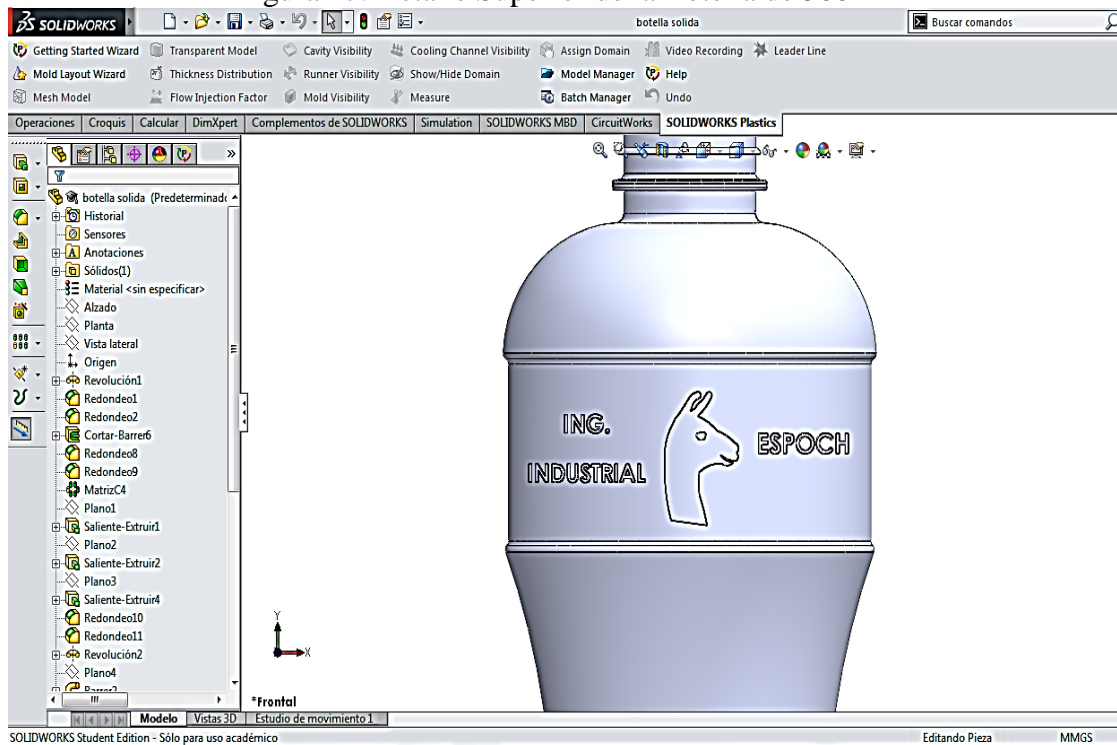
En esta vista se detalla el tipo de rosca que contiene la botella en este caso es una rosca partida la cual nos permite hacer un buen tapado.

Figura 16. Rosca Partida de la Botella de 500 ml



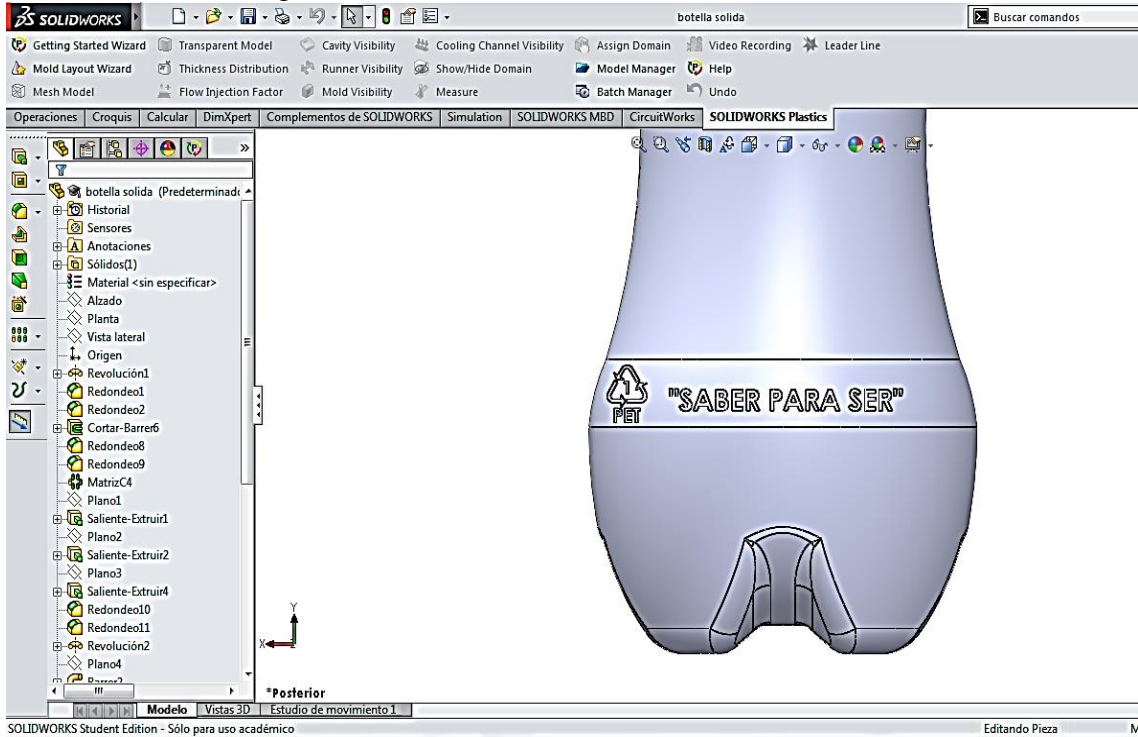
Fuente: Autores

Figura 17. Detalle Superior de la Botella de 500 ml



Fuente: Autores

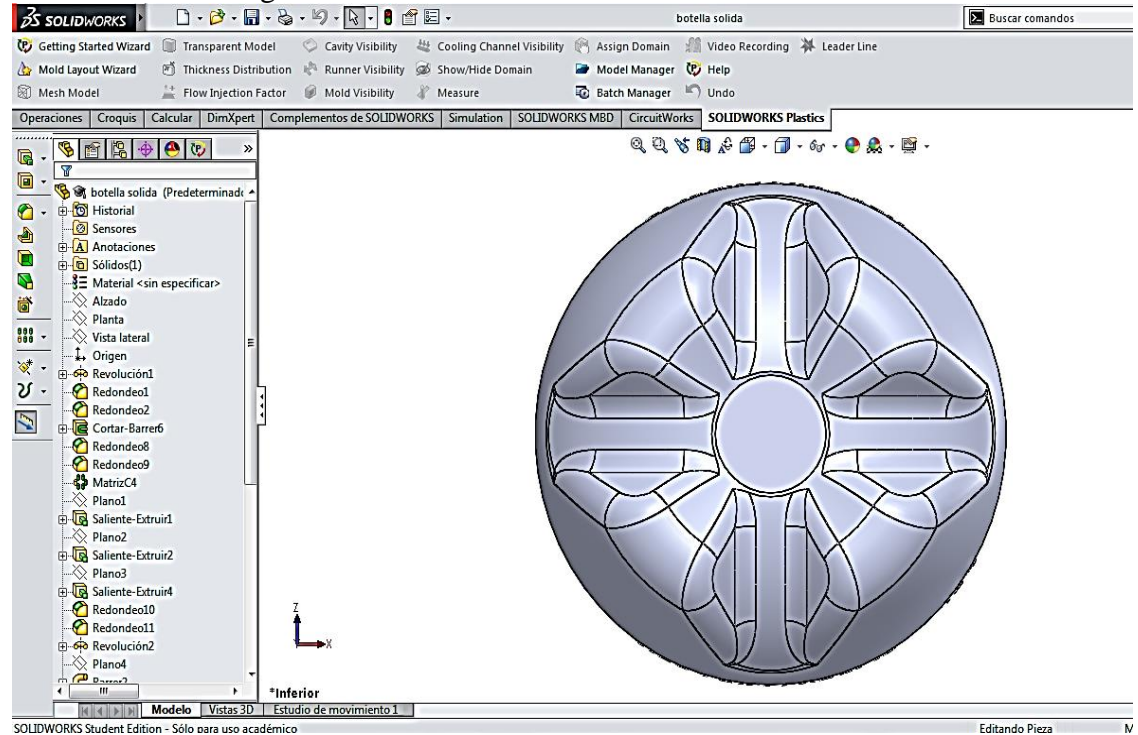
Figura 18. Detalle Inferior de la Botella de 500 ml



Fuente: Autores

En esta vista se detalla el acabado del asiento de la botella que debe tener una forma ergonómica para su asentamiento y en el diseño se lo debe realizar en forma de cúpula.

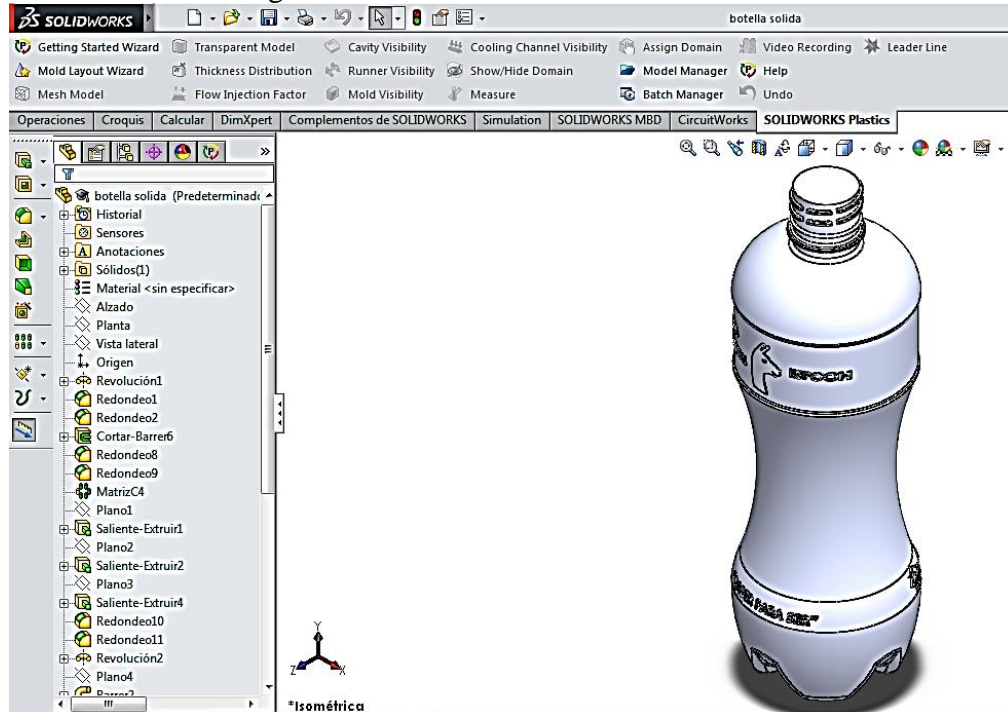
Figura 19. Detalle de la Base de la Botella de 500 ml



Fuente: Autores

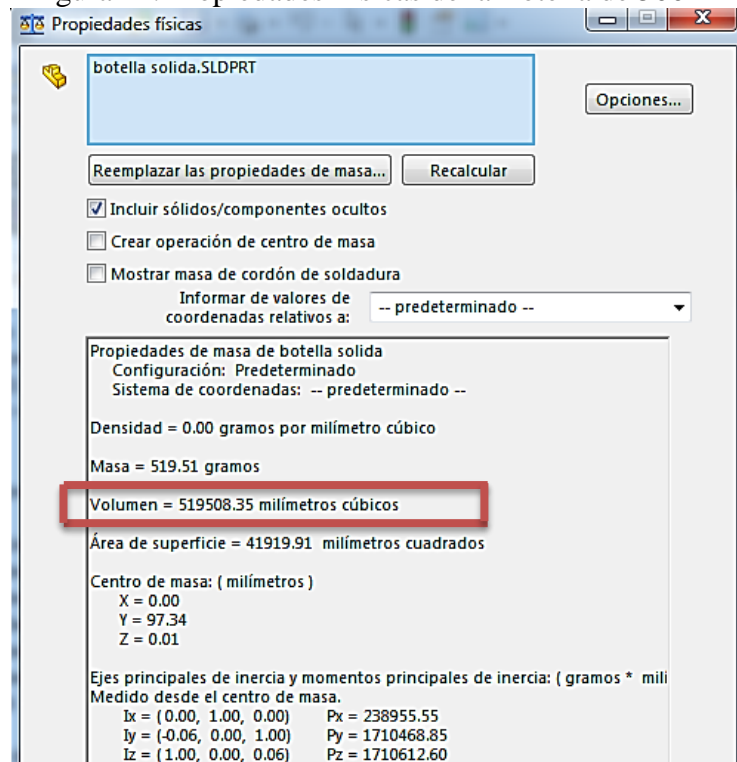
En cada una de estas vistas se muestra los detalles que contiene la botella de 500 ml en general.

Figura 20. Botella Sólida en 3D de 500 ml



Fuente: Autores

Figura 21. Propiedades Físicas de la Botella de 500 ml



Fuente: Autores

Una vez obtenida la modelación de la botella en el SOLIDWORKS 2015 procedemos a obtener el volumen por medio de la operación propiedades físicas que se encuentra en calcular, se obtuvo como resultado un volumen de 519 508,35 milímetros cúbicos que es lo mismo que 519,51 centímetros cúbicos. Facilitándonos el software de esta forma el cálculo del volumen.

La razón por la que el volumen obtenido es mayor que 500 ml es porque el líquido en este caso es para envasado de agua solo se llena hasta los 500 ml porque si se le llena totalmente la botella podría estallar al caerse por la presión del líquido.

3.5 Características técnicas y tecnológicas del material PET

Las características que más se toma en cuenta son las que se encuentran detalladas a continuación en la tabla 4, para que el producto que en este caso es la botella tenga una buena calidad.

Tabla 3. Características Técnicas y Tecnológicas del PET

Polietileno tereftalato (PET)	
Propiedades mecánica	Valor
Peso específico	1,39 g/cm ³
Resistencia a la tracción(fluencia/rotura)	900 kg/cm ²
Resistencia a la compresión (1 y 2% DEF)	260/480 kg/cm ²
Resistencia a la flexión	1450 kg/cm ²
Resistencia al choque sin entalla	>50 kg. cm/cm ²
Alargamiento a la rotura	15 %
Módulo de elasticidad (tracción)	37 000 kg/cm ²
Dureza	85-87 shore D
Coefficiente de roce estático S/acero
Coefficiente de roce dinámico S/acero	0,2
Resistencia al desgaste por roce	Muy buena
Propiedades térmicas	Valores
Calor específico	0,25 kcal/kg. °C
Temperatura de flexión B/carga (18,5 kg/cm ²)	75 °C
Temperatura de uso continuo de aire	-20 a 100 °C
Temperatura de fusión	255 °C
Coefficiente de dilatación lineal de 23 a 100 °C	0,000 08 °C
Coefficiente de conducción térmica	0,25 kcal/m. h. °C
Propiedades eléctricas	Valores
Constante dieléctrica a 60 HZ	3,4

Constante dieléctrica a 1 KHZ	3,3
Constante dieléctrica a 1 MHZ	3,2
Absorción de humedad al aire	0,25 %
Resistencia superficial	> 10 a la 14 ohm
Resistencia volumétrica	> 10 a la 15 ohms – cm
Rigidez dieléctrica	22 kv/mm
Propiedades químicas	Observaciones
Resistencia a hidrocarburos	Buena
Resistencia a ácidos débiles a temperatura ambiente	Buena
Resistencia a álcalis débiles a temperatura ambiente	Buena
Resistencia a productos químicos definidos	Consultar
Efecto de los rayos solares	Algo lo afectan
Aprobado para contactos con alimentos	Si
Comportamiento a la combustión	Arde con mediana dificultad
Propagación de llama	Mantiene la llama
Comportamiento al quemarlo	Gotea
Color de la llama	Amarillo anaranjado tiznado
Olor al quemarlo	Aromático dulce

Fuente: <http://nubr.co/MZCQYt>

3.6 Elaboración de los planos de la botella mediante SOLIDWORKS

En este plano se muestra todo lo relacionado con las medidas, dimensiones, material, tolerancias, etc. de la botella de plástico con las partes minuciosas que esta contiene, con la característica principal de fácil entendimiento para las personas al momento de leer este plano.

CAPÍTULO IV

4. APLICACIÓN DEL SOFTWARE CAD-CAM EN EL MODELADO DEL UTILLAJE DE SOPLADO DE PLÁSTICO

4.1 Descripción del método de soplado

Se escogió el proceso de moldeo por inyección-soplado para la fabricación de la matriz de la botella, nos dice que se funde el plástico en un extrusor y se utiliza el tornillo del extrusor para inyectar el plástico en un molde donde se enfría hasta obtener la preforma. La velocidad y consistencia son elementos claves para que la operación de moldeo por inyección sea exitosa. (COMPANY)

Una vez obtenida la preforma se inyecta sobre una barra central y aún fundido todavía se transfiere a la estación de soplado, donde se expande hasta su forma final y se enfría en el molde de soplado hasta su extracción.

Las etapas del proceso de inyección-soplado comprenden:

- Fusión del material plástico.
- Obtención del precursor o preforma.
- Introducción del precursor hueco en el molde de soplado.
- Insuflado de aire dentro del precursor que se encuentra en el molde.
- Enfriado de la pieza moldeada.
- Desmolde de la pieza.

Las ventajas del moldeo por inyección-soplado respecto al proceso de extrusión-soplado son las siguientes:

- El proceso produce artículos totalmente terminados y no se producen recortes.
- Las preformas permiten un control preciso del peso y del espesor de la pared.
- No hay señal del punto por donde se introduce el soplado en la botella.
- La alta calidad en el cuello de la botella permite que utilice cualquier persona.
- Alta productividad. (MARIANO, 2012)

4.2 Partes constitutivas del utillaje

El molde diseñado es para la elaboración de botellas de 500 ml para el envasado de agua. El molde realizado para el soplado de plástico comienza con la elaboración de la proforma de la botella, que son elaboradas con material PET.

Para este caso no fabricaremos la preforma sino la conseguiremos con las características que se detalla en la Tabla 5 y partiremos desde la preforma elaborada.

Figura 22. Preforma



Fuente: <http://nubr.co/d8KtZD>

Tabla 4. Características de la Preforma

Preforma para botella de 500 ml		
Características	Especificaciones generales	
Peso	17,5 g \pm 0,25 g	
Diámetro de anillo de soporte (z)	33,00 mm \pm 0,20 mm	
Diámetro E2 exterior del terminado	24,5 mm \pm 0,15 mm	
Altura Total	80,9 mm + 0,5 mm / -1,00 mm	
Altura G (A)	21,20 mm \pm 0,15 mm	
Colores	Transparente, Azul, Verde, Personalizado	
Empaque	Caja de Cartón: 15 600 piezas	Caja de Plástico: 16 800 piezas
Finish	PCO 1816	
Aplicación	Botellas de 250 y 500 ml / Bebidas no carbonatadas	

Fuente: <http://nubr.co/Oy2nPw>

El molde este constituido por tres partes principales:

- *Base.* Es la primera parte del molde en el que va ir ubicada la cavidad, donde se asienta la botella, es necesario que tenga buena resistencia mecánica y en el diseño se debe considerar la elaboración de una cúpula para que tenga un mejor asentamiento.
- *Cuerpo.* Es la segunda parte del molde donde se aloja la parte principal de la cavidad de la botella.
- *Cuello.* Es el inicio de la botella por allí es por donde se realiza el soplado con el cual se logra la figura según el molde.

4.3 Selección del material

Para la construcción del prototipo de la matriz de soplado el material a utilizar es Aluminio, se escogió este material para la elaboración del prototipo porque es un material blando, fácil de mecanizar, tiene buena resistencia mecánica, la densidad del aluminio es realmente ligero comparado con el hierro, su costo es relativamente económico o fácil de obtener por medio de la fundición utilizando chatarra de aluminio.

Para la obtención del aluminio para esta matriz se realizó el proceso de fundición detallando las actividades previas a la obtención del lingote de aluminio:

- El proceso de fundición parte de un modelo en madera con las características específicas del lingote, el cual debe contar con ángulos de desmoldeo, con el modelo se procede a la elaboración del molde en las cajas de moldeo.
- Con los modelos ya elaborados el paso a seguir es secar los moldes para evitar rechupes en la pieza causados por presencia de la humedad en la arena, dejar listas las cajas para el colado.
- Previo al proceso de fundición del aluminio, se inicia precalentando el horno después se realiza las cargas de la materia prima hasta llegar a su punto de fusión que es alrededor de 660°C e inmediatamente se realiza el proceso de colado.

- La obtención del lingote de aluminio se lo realiza al desmoldear las cajas.

4.4 Selección de los parámetros de corte

4.4.1 Velocidad de Corte (V_c). Es la velocidad de la herramienta con que se afronta al material, este factor es de mayor importancia porque afecta la eficiencia de mecanización.

Debido a que las características de los materiales varían en su estructura, maquinabilidad y dureza, se utilizan diferentes velocidades de corte considerando algunos factores de mayor importancia que son:

- La rigidez de la máquina y el montaje de la pieza.
- El diámetro de la fresa.
- El acabado superficial que se necesita.
- El material de la fresa.
- La profundidad de corte seleccionada.
- El tipo de material del trabajo. (KRAR, y otros, 2002)

Tabla 5. Velocidades de corte de la máquina fresadora

Material	Fresa de acero de alta velocidad (HSS)		Fresa de carburo	
	pie/min	m/min	pie/min	m/min
Acero Aleado	40-70	12-20	150-250	45-75
Aluminio	500-1000	150-300	1000-2000	300-600
Bronce	65-120	20-35	200-400	60-120
Hierro Fundido	50-80	15-25	125-200	40-60
Acero de Maquinado Libre	100-150	30-45	400-600	120-180
Acero para Maquinaria	70-100	21-30	150-250	45-75
Acero Inoxidable	30-80	10-25	100-300	30-90
Acero para Herramienta	60-70	18-20	125-200	40-60

Fuente: (KRAR, y otros, 2002)

De la tabla 6 podemos obtener la velocidad de corte de la máquina para una herramienta HSS y el material a mecanizar es aluminio, obteniendo el resultado de 150 a 300 m/min.

La fórmula para la velocidad de corte de la fresa es la siguiente:

$$N = \frac{V_c \times 1000}{\pi \cdot \varnothing} \quad (1)$$

N = Velocidad de giro de la fresa [rpm].

V_c = Velocidad de corte [m/min].

∅ = Diámetro de la fresa [mm].

- **Cálculo la Velocidad de corte para una fresa plana HSS de ∅10 mm**

Figura 23. Fresa Plana HSS de ∅10 mm



Fuente: Autores

Datos:

V_c = 225 m/min (por seguridad escogimos el valor medio de la tabla 6)

∅ = 10 mm

$$N = \frac{V_c \times 1000}{\pi \cdot \varnothing}$$

$$N = \frac{225 \times 1000}{\pi \cdot 10}$$

$$N = 7162 \text{ rpm}$$

- **Cálculo la Velocidad de corte para una fresa plana HSS de ∅19 mm**

Figura 24. Fresa Plana HSS de ∅19 mm



Fuente: Autores

Datos:

$V_c = 225 \text{ m/min}$ (por seguridad escogimos el valor medio de la tabla 6)

$\varnothing = 19 \text{ mm}$

$$N = \frac{V_c \times 1000}{\pi \cdot \varnothing}$$

$$N = \frac{225 \times 1000}{\pi \cdot 19}$$

$$N = 3770 \text{ rpm}$$

- **Cálculo la Velocidad de corte para una fresa frontal HSS de $\varnothing 80 \text{ mm}$**

Figura 25. Fresa frontal HSS de $\varnothing 80 \text{ mm}$



Fuente: Autores

Datos:

$V_c = 225 \text{ m/min}$ (por seguridad escogimos el valor medio de la tabla 6)

$\varnothing = 80 \text{ mm}$

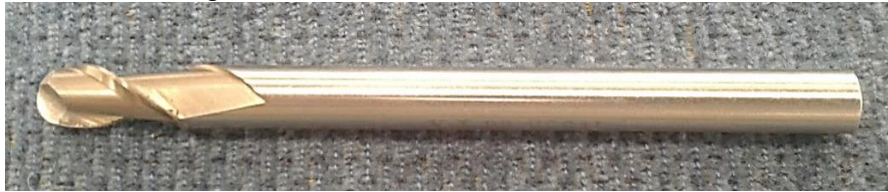
$$N = \frac{V_c \times 1000}{\pi \cdot \varnothing}$$

$$N = \frac{225 \times 1000}{\pi \cdot 80}$$

$$N = 895 \text{ rpm}$$

- **Cálculo la Velocidad de corte para una fresa redonda HSS de Ø6 mm**

Figura 26. Fresa Redonda HSS de Ø6 mm



Fuente: Autores

Datos:

$V_c = 225 \text{ m/min}$ (por seguridad escogimos el valor medio de la tabla 6)

$\varnothing = 6 \text{ mm}$

$$N = \frac{V_c \times 1000}{\pi \cdot \varnothing}$$

$$N = \frac{225 \times 1000}{\pi \cdot 6}$$

$$N = 11\,937 \text{ rpm}$$

- **Cálculo la Velocidad de corte para una fresa redonda HSS de Ø12 mm**

Figura 27. Fresa Redonda HSS de Ø12 mm



Fuente: Autores

Datos:

$V_c = 225 \text{ m/min}$ (por seguridad escogimos el valor medio de la tabla 6)

$\varnothing = 12 \text{ mm}$

$$N = \frac{V_c \times 1000}{\pi \cdot \varnothing}$$

$$N = \frac{225 \times 1000}{\pi \cdot 12}$$

$$N = 5968 \text{ rpm}$$

4.4.2 Avance. Es la velocidad que se mueve la pieza hacia la fresa giratoria y puede definirse como la distancia por minuto, porque es independiente a la velocidad del husillo. La velocidad de avance depende de una variedad de factores que influyen al momento de realizar el proceso de fresado y estos son:

- La potencia y rigidez de la máquina.
- El material de la pieza de trabajo.
- El diseño o tipo de fresa.
- La resistencia de la pieza de trabajo.
- La uniformidad de la pieza de trabajo
- El afilado de la fresa.
- La profundidad y ancho del corte.
- El tipo de acabado y precisión necesarios.

Tabla 6. Avance por diente recomendado (fresas de alta velocidad)

Material	Fresas de careado o refrentar		Fresas helicoidales		Fresas de ranurado y de corte lateral		Fresas frontales		Cortadores de formado de relieve		Sierras circulares	
	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm
Acero Aleado	.006	0,15	.005	0,12	.004	0,10	.003	0,07	.002	0,05	.002	0,05
Aluminio	.022	0,55	.018	0,45	.013	0,33	.011	0,28	.007	0,18	.005	0,13
Latón y Bronce (medio)	.014	0,35	.011	0,28	.008	0,20	.007	0,18	.004	0,10	.003	0,08
Hierro Fundido (medio)	.013	0,33	.010	0,25	.007	0,18	.007	0,18	.004	0,10	.003	0,08
Acero de maquinado libre	.012	0,30	.010	0,25	.007	0,17	.006	0,15	.004	0,10	.003	0,07
Acero para maquinaria	.012	0,30	.010	0,25	.007	0,18	.006	0,15	.004	0,10	.003	0,08
Acero inoxidable	.006	0,15	.005	0,13	.004	0,10	.003	0,08	.002	0,05	.002	0,05
Acero para herramienta (medio)	.010	0,25	.008	0,20	.006	0,15	.005	0,13	.003	0,08	.003	0,08

Fuente: (KRAR, y otros, 2002)

Tabla 7. Avance recomendado por diente (fresas de carburo cementado)

Avance recomendado por diente (fresas de carburo cementado)												
Material	Fresas de refrentar		Fresas helicoidales		Fresas de ranurado y de corte lateral		Fresas frontales		Cortadores de formado de relieves		Sierras circulares	
	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm
Aluminio	.020	0,50	.016	0,40	.012	0,30	.010	0,25	.006	0,15	.005	0,13
Latón y bronce (medio)	.012	0,30	.010	0,25	.007	0,18	.006	0,15	.004	0,10	.003	0,08
Hierro fundido (medio)	.016	0,40	.013	0,33	.010	0,25	.008	0,20	.005	0,13	.004	0,10
Acero para maquinaria	.016	0,40	.013	0,33	.009	0,23	.008	0,20	.005	0,13	.004	0,10
Acero inoxidable	.010	0,25	.008	0,20	.006	0,15	.005	0,13	.003	0,08	.003	0,08
Acero para herramienta (medio)	.014	0,35	.011	0,28	.008	0,20	.007	0,18	.004	0,10	.004	0,10

Fuente: (KRAR, y otros, 2002)

La fórmula para el cálculo de la velocidad de avance es:

$$Avance = f \times a \times N \quad (2)$$

f = Número de dientes de la fresa.

a = Viruta o avance por diente [mm].

N = Velocidad de giro de la fresa [rpm].

- **Cálculo del avance para una fresa plana HSS de Ø10 mm**

Figura 28. Fresa Plana HSS de Ø10 mm y número de dientes 4



Fuente: Autores

Datos:

N = 7162 rpm (valor encontrado anteriormente)

f = 4

a = 0,28 mm (obtenida de la tabla 7)

$$Avance = f \times a \times N = 4 \times 0,28 \times 7162$$

$$Avance = 8021 \text{ mm/min}$$

- **Cálculo del avance para una fresa plana HSS de Ø19 mm**

Figura 29. Fresa Plana HSS de Ø19 mm y número de dientes 2



Fuente: Autores

Datos:

$N = 3770 \text{ rpm}$ (valor encontrado anteriormente)

$f = 2$

$a = 0,28 \text{ mm}$ (obtenida de la tabla 7)

$$Avance = f \times a \times N = 2 \times 0,28 \times 3770$$

$$Avance = 2111 \text{ mm/min}$$

- **Cálculo del avance para una fresa frontal HSS de Ø80 mm**

Figura 30. Fresa Frontal HSS de Ø80 mm y número de dientes 4



Fuente: Autores

Datos:

$N = 895 \text{ rpm}$ (valor encontrado anteriormente)

$f = 4$

$a = 0,55 \text{ mm}$ (obtenida de la tabla 7)

$$Avance = f \times a \times N = 4 \times 0,55 \times 895$$

$$Avance = 1969 \text{ mm/min}$$

- **Cálculo del avance para una fresa redonda HSS de $\text{Ø}6 \text{ mm}$**

Figura 31. Fresa Redonda HSS de $\text{Ø}6 \text{ mm}$ y número de dientes 2



Fuente: Autores

Datos:

$N = 11937 \text{ rpm}$ (valor encontrado anteriormente)

$f = 2$

$a = 0,18 \text{ mm}$ (obtenida de la tabla 7)

$$Avance = f \times a \times N = 2 \times 0,18 \times 11937$$

$$Avance = 4297 \text{ mm/min}$$

- **Cálculo del avance para una fresa redonda HSS de $\text{Ø}12 \text{ mm}$**

Figura 32. Fresa Redonda HSS de $\text{Ø}12 \text{ mm}$ y número de dientes 2



Fuente: Autores

Datos:

$N = 5968$ rpm (valor encontrado anteriormente)

$f = 2$

$a = 0,18$ mm (obtenida de la tabla 7)

$$Avance = f \times a \times N$$

$$Avance = 2 \times 0,18 \times 5968$$

$$Avance = 2149 \text{ mm/min}$$

4.4.3 Profundidad de corte. Se denomina profundidad de corte a la profundidad de la capa arrancada de la superficie de la pieza cuando se realiza un pasadizo con la herramienta, es un factor importante que afecta la eficiencia del mecanizado.

Se puede realizar cortes de desbaste profundos con avances grandes como nos permita la máquina y la pieza, para hacer cortes más profundos se lo realiza con fresas helicoidales con menos dientes ya que nos permite arrancar más viruta por su resistencia y holgura que tiene en comparación con las fresas de más dientes.

Para los cortes de acabado se los realiza ligeramente, con avances más finos de lo utilizado para los cortes de desbaste, la profundidad por lo menos debe ser de 1/64 pulg (0,4mm) ya que para conservar la herramienta y no se desafilé se debe controlar la velocidad de corte que no sea muy elevada.

4.5 Elaboración de los planos de la matriz utilizando el software SOLIDWORKS

En estos planos se encuentra todo lo relacionado con la matriz de la botella, bien detallado hasta su más mínimo fragmento como medidas, acabados, material, tolerancias, etc. Está dividida en tres partes como es la matriz de la cavidad 1, la matriz de la cavidad 2 y la matriz de la base de la botella, se separó así porque se utilizó el método de inyección-soplado, las cuales unidas todas estas obtenemos la matriz esperada que se realizó en el software BobCAD-CAM.

4.6 Elaboración de hojas de procesos

Estas hojas de procesos son de mucha utilidad para poder especificar todas las operaciones realizadas para la obtención de esta matriz de la botella. Tendrá que ser muy clara y legible para cualquier persona que conozca o no del tema, donde se detallara las herramientas utilizadas, las especificaciones técnicas para mecanizar, dimensiones, máquina utilizada, material, etc. de esta manera lograremos optimizar tiempos y materia prima en las próximas fabricaciones de estas matrices. Cada una de las matrices que se realizó tendrá su propia hoja de proceso con sus respectivas especificaciones para el momento de su mecanización hasta lograr obtener lo deseado.

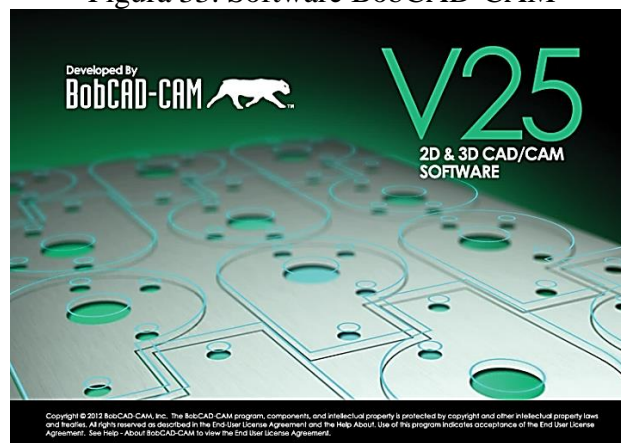
4.7 Aplicación del software de fabricación asistida por computadora

El software que se utilizó es el BobCAD-CAM porque tiene una gran ventaja en los procesos de manufactura que es su gran versatilidad, es práctico y fácil de utilizar que permite diseñar, modelar y simular el proceso de fabricación de ciertos tipos de piezas utilizando la tecnología CNC.

El BobCAD-CAM cuenta con las siguientes herramientas:

- Diseño en 2D y 3D.
- Generación de planos en 2D.
- Modelación de superficies.
- En la parte CAM posee módulo BobART, módulo de torno y simulación de fresa.

Figura 33. Software BobCAD-CAM



Fuente: Autores

El software permite optimizar los procesos de mecanizado mejorando el método de entrada de la herramienta para el desbaste además de la correcta selección de los parámetros de corte y el avance.

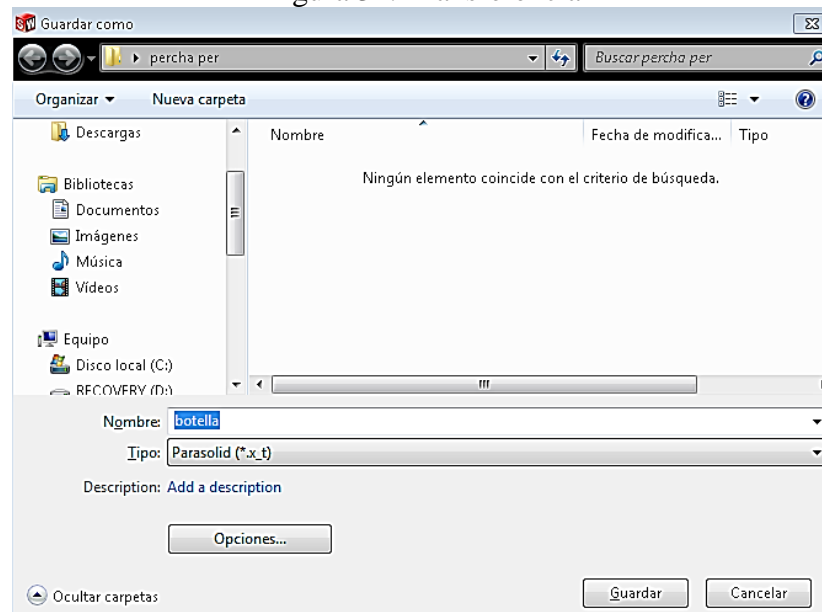
Todo esto se optimiza en el proceso de simulación en el cual se puede observar cómo va a realizarse el proceso de mecanizado y poder mejor en ciertos aspectos.

4.6.1 Molde de la cavidad 1

- **Transferencia del modelo al software BobCAD-CAM**

El modelo de la botella se elaboró previamente, para ello se utilizó el software SOLIDWORKS. Para transferir el molde al software es necesario guardar el archivo en la extensión que sea compatible con los dos programas, el archivo debe tener la extensión Parasolid.

Figura 34. Transferencia

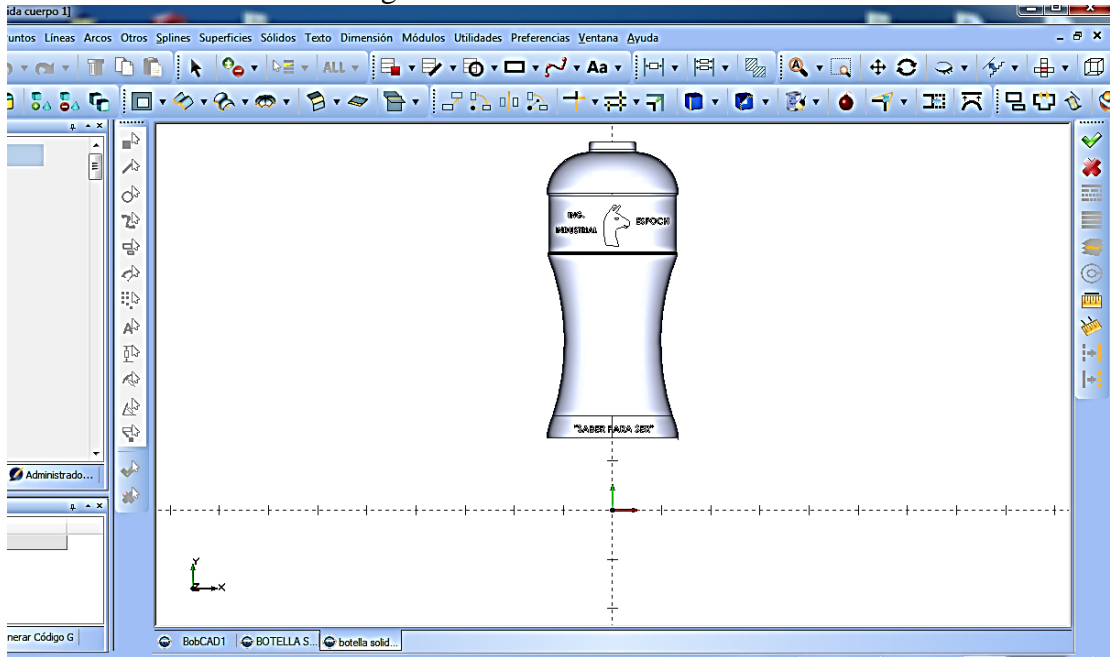


Fuente: Autores

- **Importar el modelo a BobCAD-CAM**

Con el modelo de la botella en el software BobCAD-CAM se procede a construir el cuerpo del molde, se utilizan herramientas predeterminadas por el programa como rectángulo que sirve para definir el perímetro del modelo.

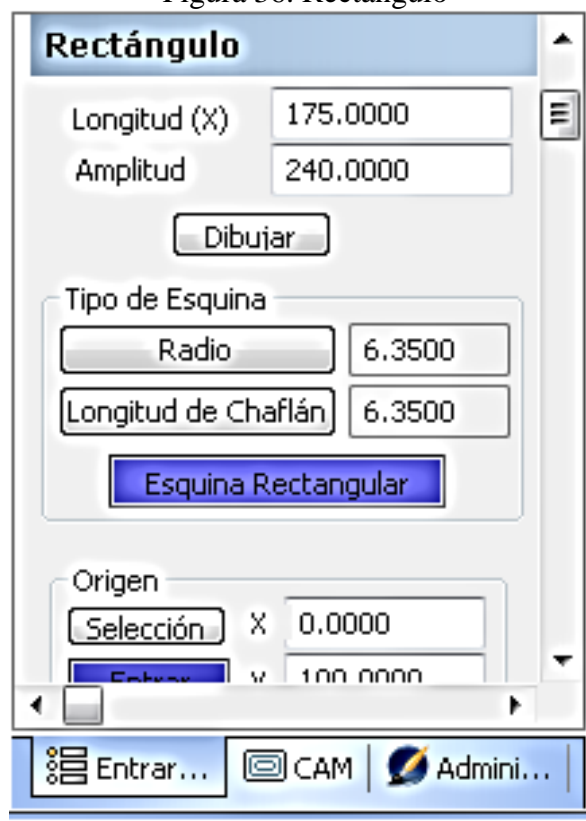
Figura 35. Cavity of the bottle



Fuente: Autores

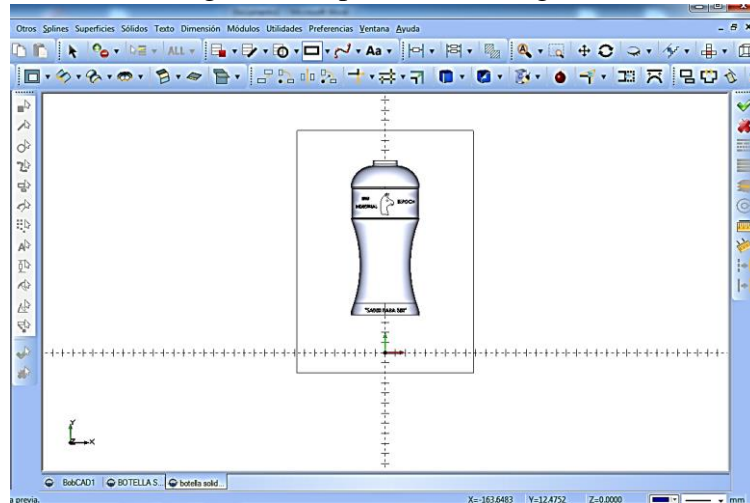
En el cuadro de dialogo se ubican las coordenadas para ubicar el rectángulo y las dimensiones que debe contener el molde.

Figura 36. Rectángulo



Fuente: Autores

Figura 37. Operación rectángulo

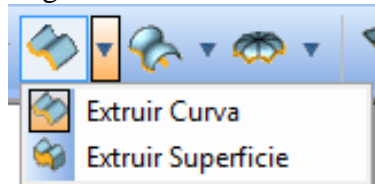


Fuente: Autores

- **Construcción del cuerpo del molde**

Para la construcción del cuerpo se utilizó el comando extruir que se encuentra ubicado el parte superior de la barra de herramientas.

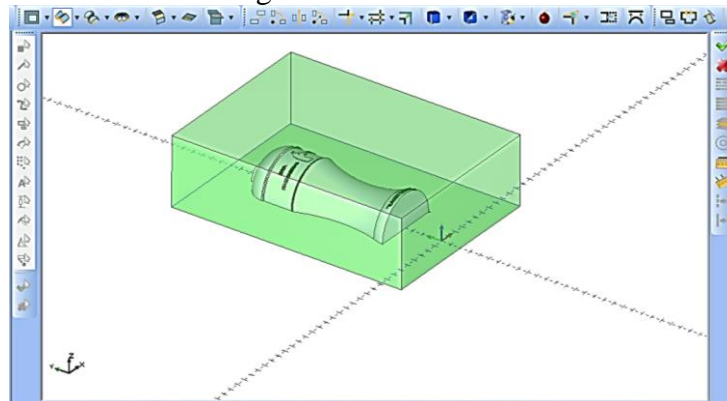
Figura 38. Comando Extruir



Fuente: Autores

Una vez seleccionado el icono se procede a la extrucción del croquis de forma rectangular creando un sólido en el que se formará la primera cavidad del cuerpo.

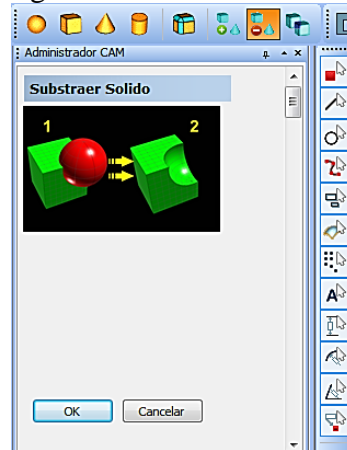
Figura 39. Extrucción



Fuente: Autores

Utilizando el icono Substraer que sirve para separar un sólido de otro dejando la forma del sólido que se sustrae como cuerpo principal.

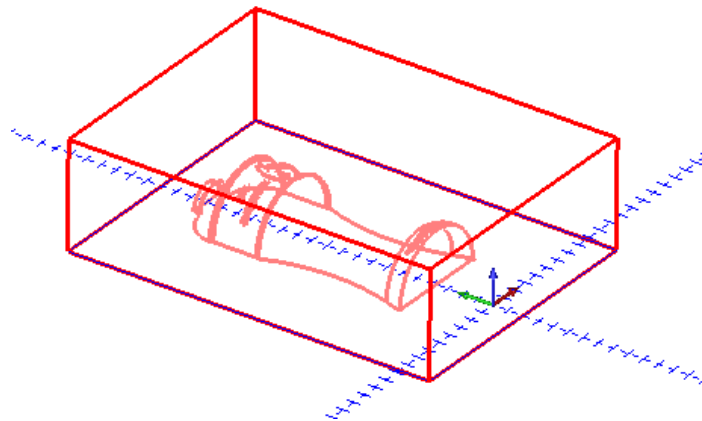
Figura 40. Substraer Sólido



Fuente: Autores

Con la ayuda de este icono se procede a separar el cuerpo de la botella del rectángulo sólido que se creó, formado en dicho rectángulo la cavidad de la botella.

Figura 41. Cavidad de la botella

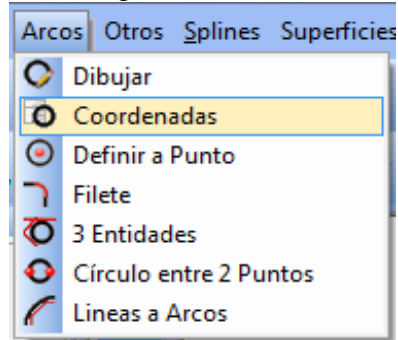


Fuente: Autores

- **Construcción final de la matriz**

Para la sujeción de las dos cavidades del molde es necesario que cuenten con los orificios de las guías para unir las dos partes. Al elaborar los agujeros de las guías se utiliza la herramienta Arcos que se encuentra en la parte superior de la barra de herramientas. Para la construcción del arco es necesario elegir la más adecuada para el trabajo, en este caso se eligió arco por coordenadas.

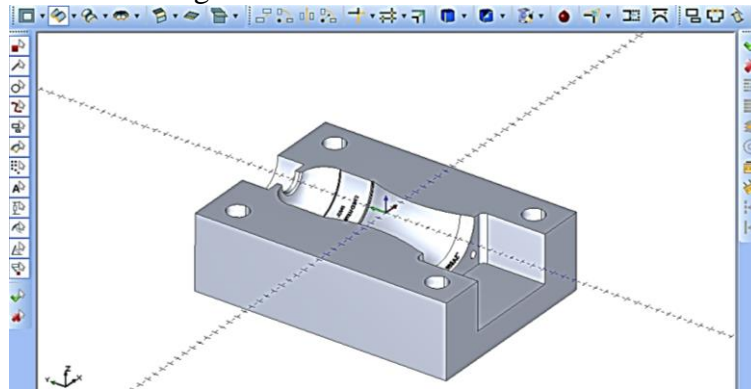
Figura 42. Arcos



Fuente: Autores

Finalizado las operaciones, la matriz esta lista para realizar las operaciones de simulación del mecanizado.

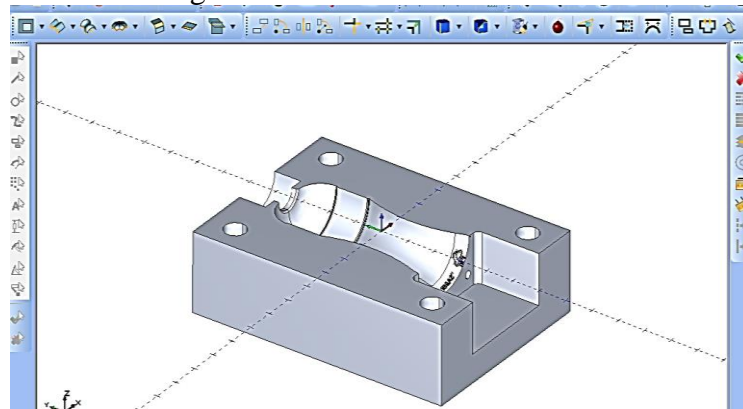
Figura 43. Matriz de la cavidad 1



Fuente: Autores

4.6.2 *Molde de la cavidad 2.* Para la construcción de esta cavidad, el procedimiento es similar al de la construcción de la cavidad 1 antes mencionada, utilizando las herramientas de rectángulo y arco hasta obtener la matriz deseada.

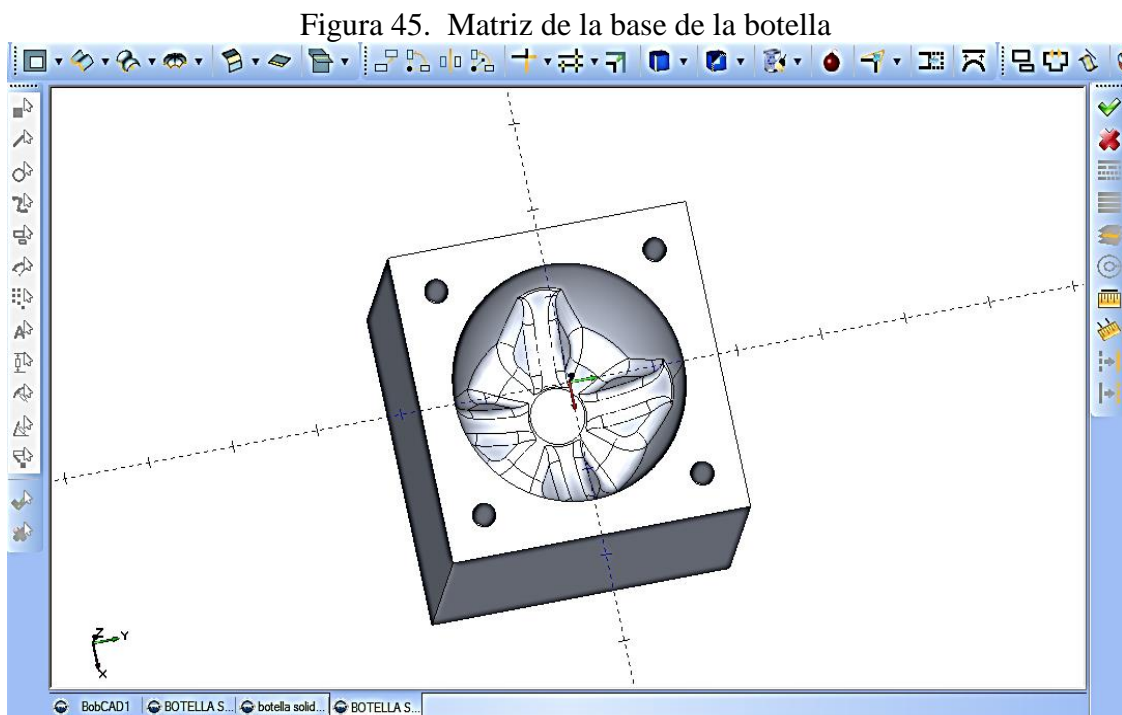
Figura 44. Matriz de la cavidad 2



Fuente: Autores

4.6.3 *Construcción de la base del molde.* La matriz de soplado está constituida por tres partes en la que las dos partes principales se ubican las cavidades de la botella que fue partida a la mitad y en la última se realiza la base de la botella, para ello lo realizamos de otra forma.

La matriz de la base se realizó en SOLIDWORKS y lo que se hizo fue importar al BobCAD-CAM con los pasos antes mencionados y obtenemos la matriz deseada directamente.



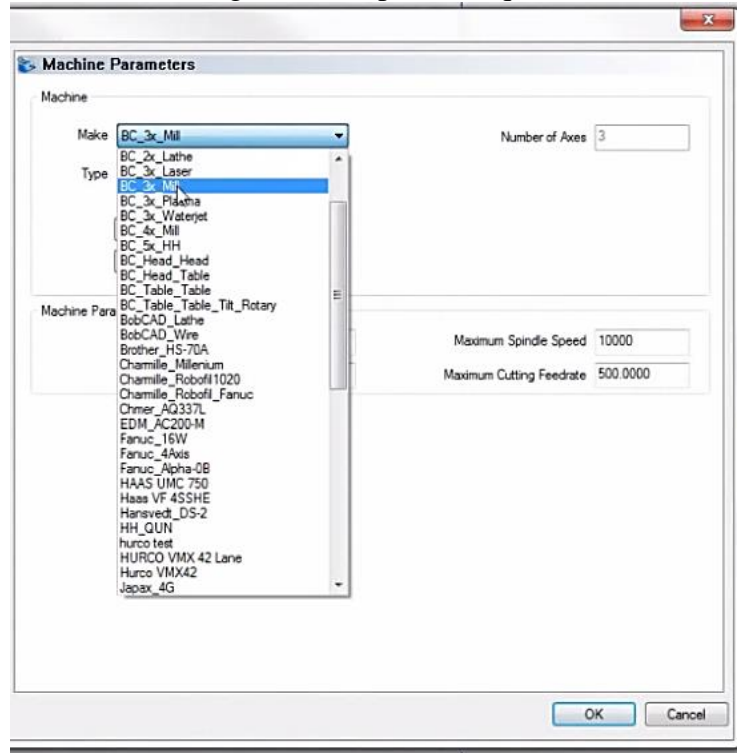
Fuente: Autores

4.8 **Concepción del proceso de mecanizado de cada una de las partes del molde**

Con el modelado de las partes del molde se procede a la configuración del software para la elaboración de los programas, para realizar la configuración del software se procede con los siguientes pasos:

4.8.1 *Selección de la máquina de trabajo.* La correcta selección de la máquina nos permitirá la ejecución de los programas de mecanizado previstos y la obtención de los códigos ISO una vez terminada la simulación de la mejor manera sin errores y serán los que se transmiten a la máquina real para la elaboración de la matriz.

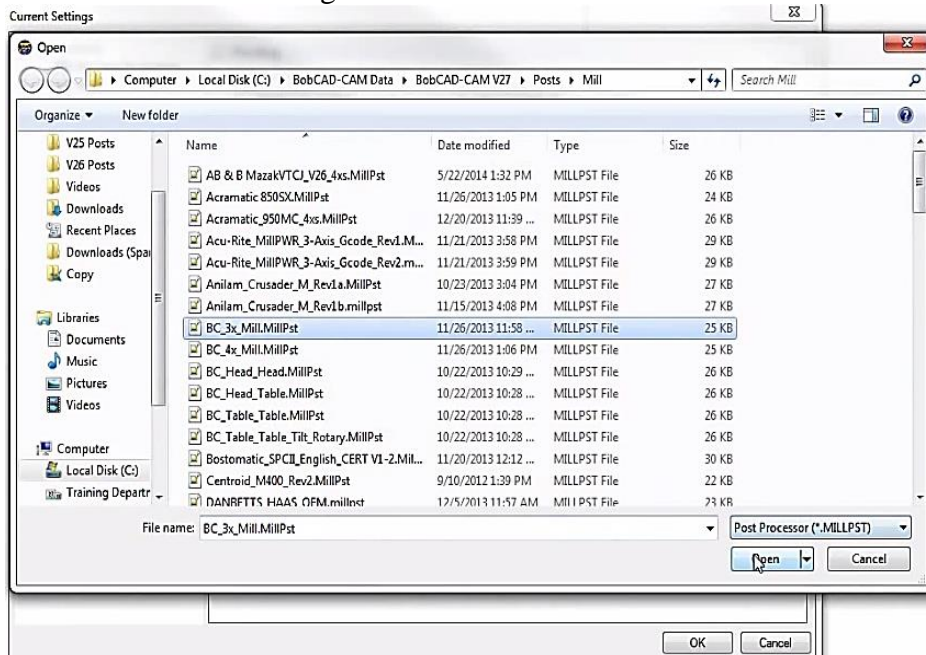
Figura 46. Tipo de máquina



Fuente: Autores

Para la selección del tipo de máquina hay que trasladarse al módulo CAM y en el icono del material de la fresa con un clic derecho se edita el tipo de máquina, en este caso se seleccionó un centro de mecanizado de 3 ejes.

Figura 47. Post-Procesador



Fuente: Autores

El que se escogió de entre la lista de opciones es BC_3XMiLL.MiLL.Pst. Una vez seleccionado el tipo de máquina se procede a seleccionar el post-procesador que permitirá realizar la obtención de los códigos ISO para la mecanizado, para cargar el post-procesador se debe seleccionar de la lista que contiene el programa caso contrario hay que descargar el que sea compatible.

4.8.2 Selección de las herramientas. Para proceder a realizar el mecanizado del molde de soplado de la botella se debe realizar una correcta selección de las herramientas de corte, parte de las ventajas de BobCAD-CAM cuenta con una librería de herramientas de corte.

Las herramientas que se utilizan en el mecanizado de la matriz de soplado son:

- Fresa para planear (Piña).
- Fresa plan de 25 mm de diámetro.
- Fresa plana de 10 mm de diámetro.
- Fresa redonda de 12 mm de diámetro.
- Fresa redonda de 6 mm de diámetro.
- Fresa redonda de 1/8 pulg de diámetro.

Figura 48. Herramientas de corte

Librería de Herramientas de Fresa

Taladradora de Centro

Numero de Herramienta	Material	Diámetro	Angulo	Angulo de Punto	Sm. Dia.	Sm. Dia. Lon.	Longitud Tot
1	HSS	0.4375	60.0000	135.0000	0.1875	0.1875	2.7500
1	HSS	0.1250	60.0000	135.0000	0.0250	0.0300	1.1250
1	HSS	0.1250	60.0000	135.0000	0.0312	0.0380	1.1250
1	HSS	0.1250	60.0000	135.0000	0.0468	0.0468	1.2500
1	HSS	0.1875	60.0000	135.0000	0.0781	0.0781	1.8750
1	HSS	0.2500	60.0000	135.0000	0.1093	0.1093	2.0000
1	HSS	0.3125	60.0000	135.0000	0.1250	0.1250	2.1250
1	HSS	0.5000	60.0000	135.0000	0.2187	0.2187	3.0000
1	HSS	0.6250	60.0000	135.0000	0.2500	0.2500	3.2500
1	HSS	0.7500	60.0000	135.0000	0.3125	0.3125	3.5000
1	HSS	0.8750	60.0000	135.0000	0.3437	0.3437	3.6250
1	HSS	1.0000	60.0000	135.0000	0.3750	0.3750	3.7500
1	CARBIDE	0.1250	90.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.0000
1	CARBIDE	0.1875	90.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.0000
1	CARBIDE	0.2500	90.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.0000
1	CARBIDE	0.3750	90.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.0000
1	CARBIDE	0.5000	90.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.0000
1	CARBIDE	0.7500	90.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.0000
1	CARBIDE	0.1250	145.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.0000
1	CARBIDE	0.1875	145.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.0000
1	CARBIDE	0.2500	145.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.0000
1	CARBIDE	0.3750	145.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.0000
1	CARBIDE	0.5000	145.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.0000

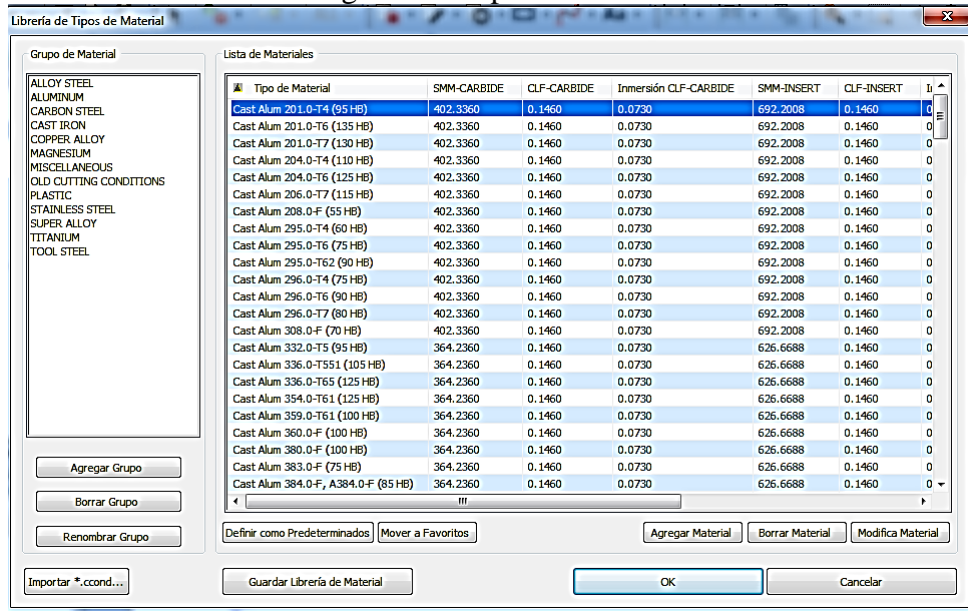
Importar de Archivo... Agregar Borrar Modificar

Aceptar Cancelar

Fuente: Autores

4.8.3 Selección del material de la fresa. Es necesario definir la materia prima para los procesos de mecanizado, el software cuenta con una librería de diferentes tipos de materiales de los cuales el seleccionado es aluminio con una dureza de 95 HB.

Figura 49. Tipo de material



Fuente: Autores

4.8.4 Geometría del material. Este icono es utilizado para definir el perímetro y la forma de la materia prima, entre los más utilizados están:

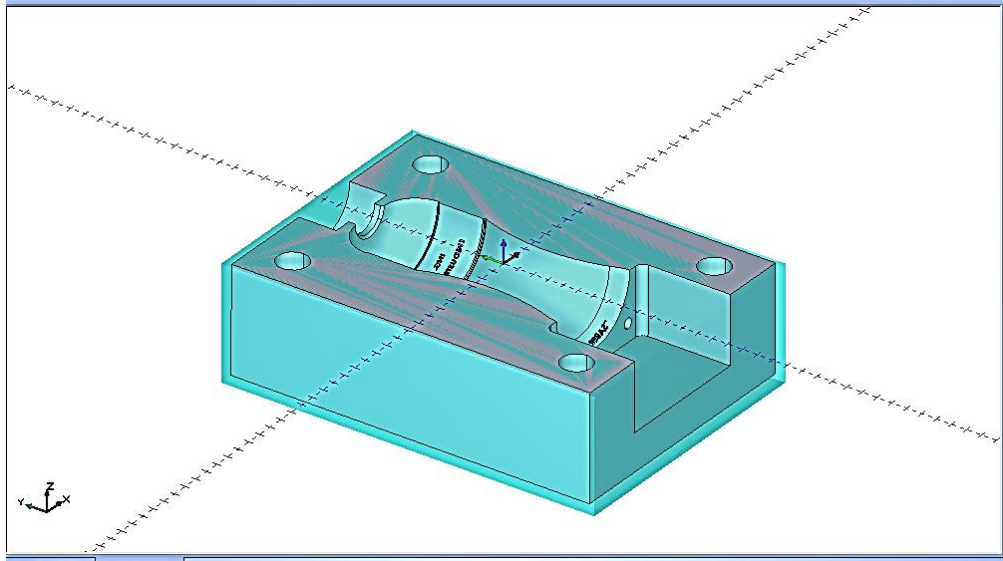
- Rectangular.
- Cilíndrico.

Figura 50. Forma de la materia prima



Fuente: Autores

Figura 51. Matriz Botella

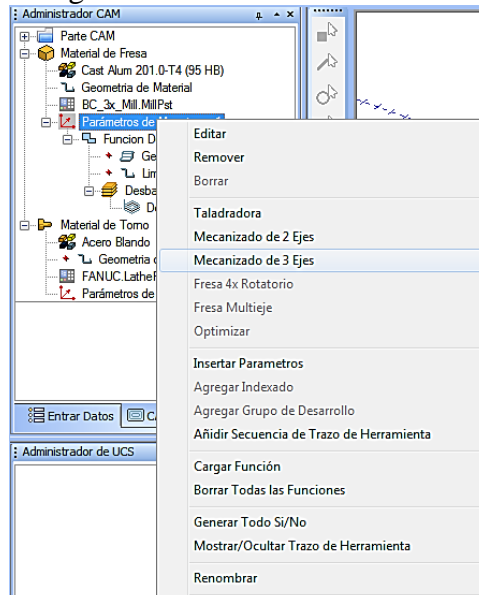


Fuente: Autores

De no ser seleccionado el tipo de material no se puede realizar la programación CAM, es por esto la importancia del tipo de material.

4.8.5 *Función planeado de las partes de la matriz.* El mecanizado de la matriz parte del planeado para esta operación se elige el mecanizado por 2 ejes.

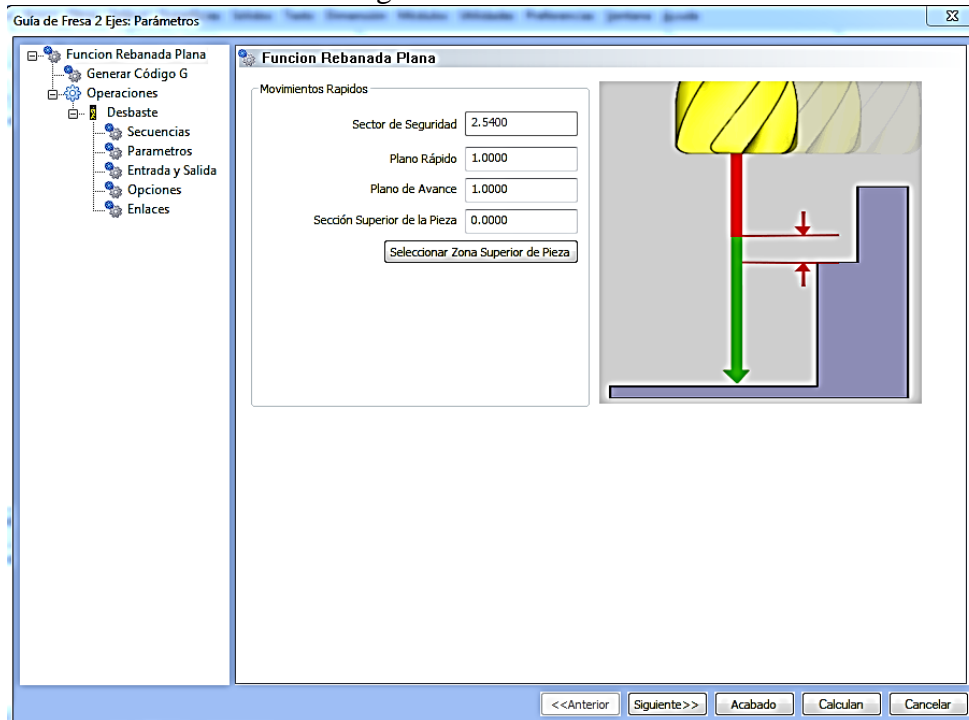
Figura 52. Administrador CAM



Fuente: Autores

Con la selección del tipo de mecanizado se abre una ventana de diálogo indicando el proceso que se requiera realizar.

Figura 53. Parámetros

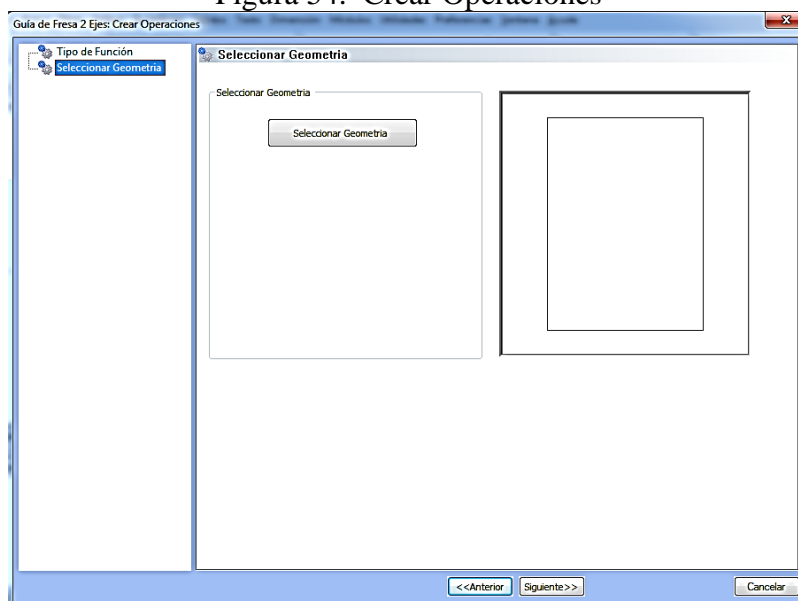


Fuente: Autores

En este cuadro de diálogo se desglosan varios tipos de mecanizado para la operación de planeado y se eligió la operación de refrentar.

Seleccionado el tipo de operación se procede a la selección de la geometría de la pieza los cuales indican el camino por donde debe seguir la herramienta de corte.

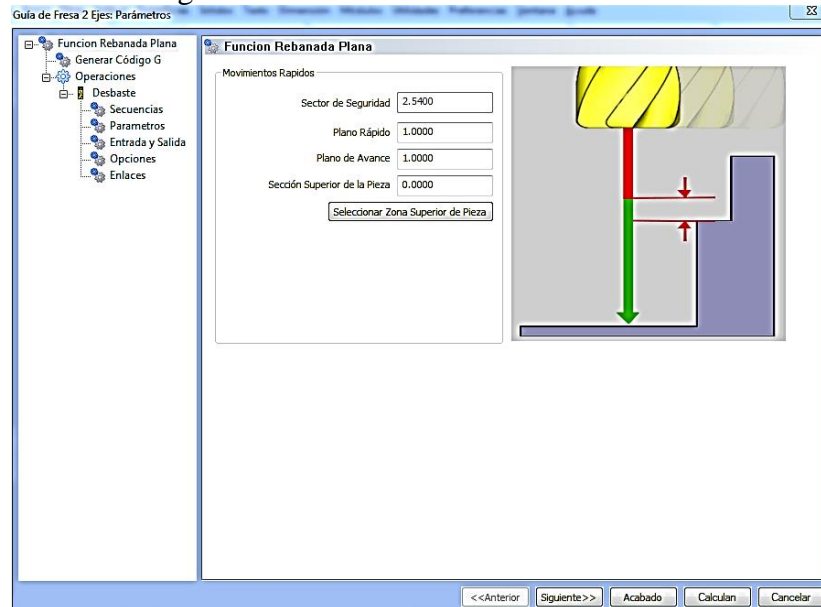
Figura 54. Crear Operaciones



Fuente: Autores

Escogida la geometría se desglosa otra ventana de diálogo indicando las funciones de la cara que va a realizar la herramienta.

Figura 55. Función de la cara a mecanizar



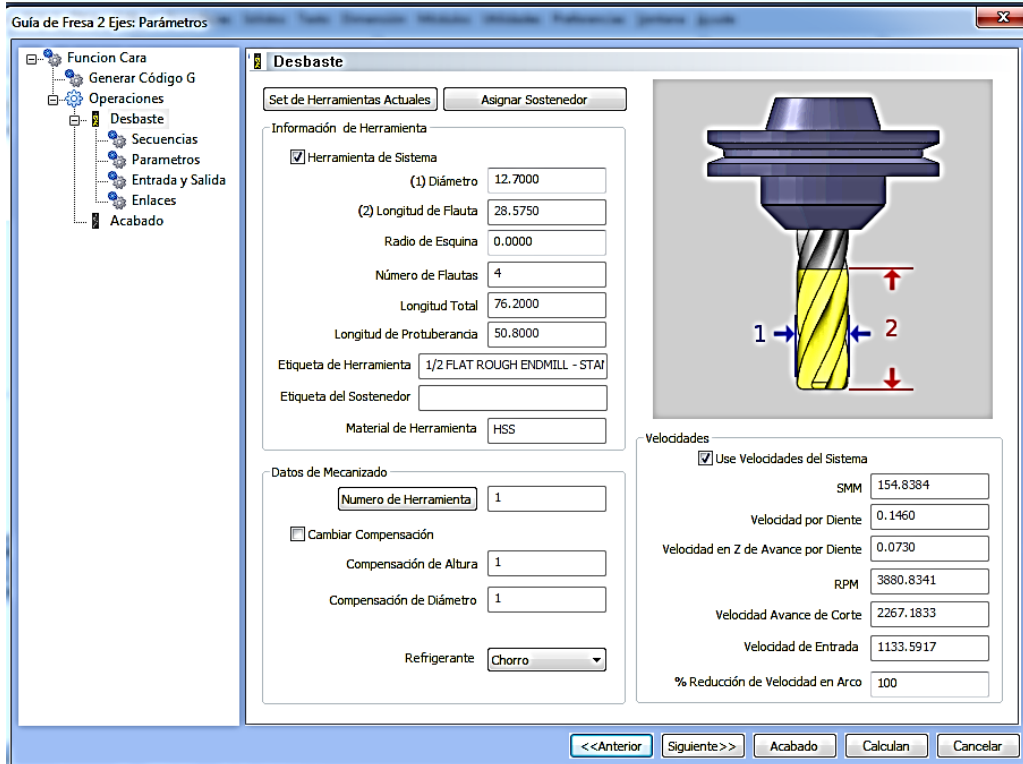
Fuente: Autores

Dentro de estas funciones se obtienen:

- *Sector de seguridad.* Es la altura considerada segura y por la cual la herramienta puede trasladarse libremente.
- *Plano rápido.* Es la altura hasta dónde puede llegar la herramienta en movimiento rápido de una forma segura.
- *Plano de avance.* Es la altura donde la herramienta llega de forma lenta antes de comenzar el desbaste.
- *Sección superior de la pieza.* Es un sobredimensionamiento que se le da a la pieza, sirve para observar los movimientos de la herramienta de corte a una altura superior de la pieza establecida.

En el cuadro de desbaste se elige un sostenedor para la herramienta, la herramienta de desbaste, en esta operación se puede modificar parámetros como diámetro, longitud y número de filetes de la fresa.

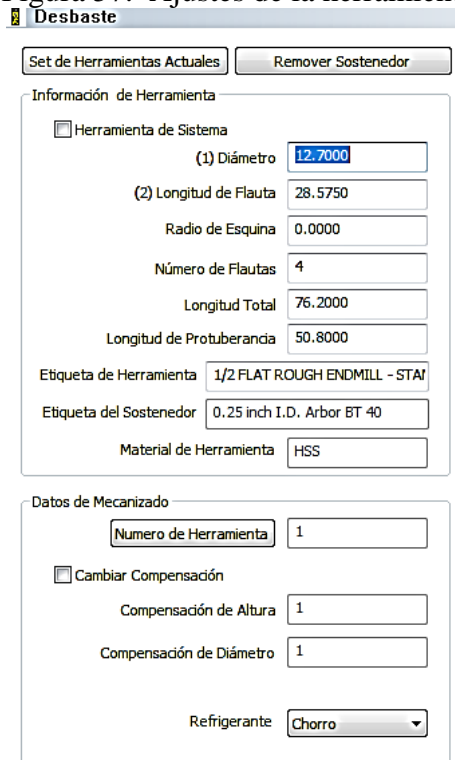
Figura 56. Sostenedor para la herramienta



Fuente: Autores

En lo referente a la herramienta se considera realizar algunos ajustes:

Figura 57. Ajustes de la herramienta



Fuente: Autores

Se modificó el diámetro de la herramienta y el sostenedor colocando las características de las herramientas que existen en el taller de CAD-CAM.

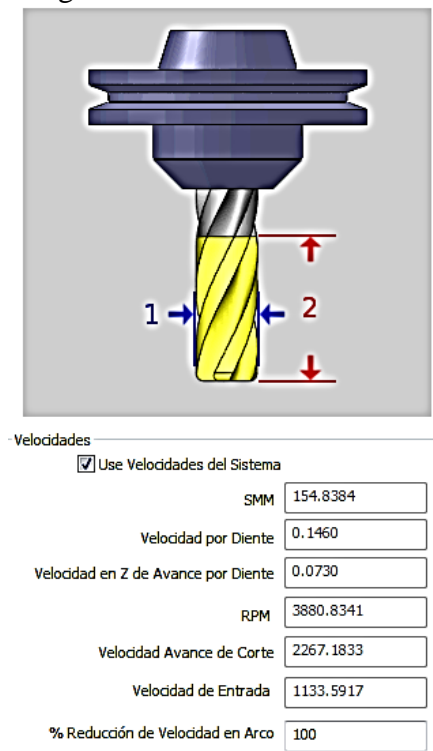
Figura 58. Cono BT40



Fuente: Autores

En la parte de la velocidad de corte se colocan las obtenidas por fórmulas para una correcta utilización.

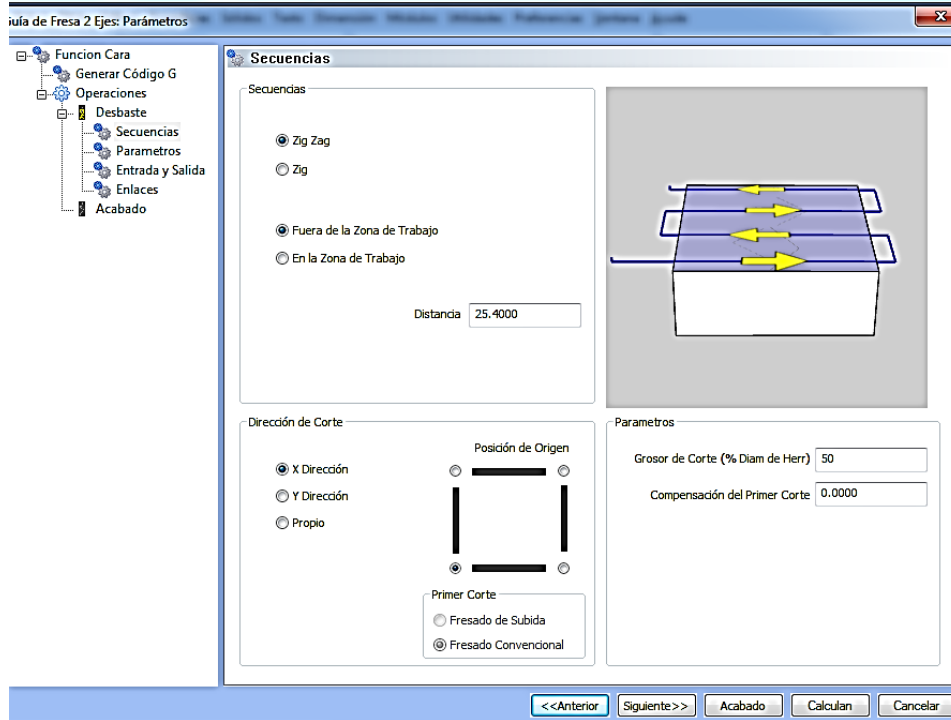
Figura 59. Velocidad de corte



Fuente: Autores

En la secuencia de trabajo se elige la forma que la herramienta va a trasladarse.

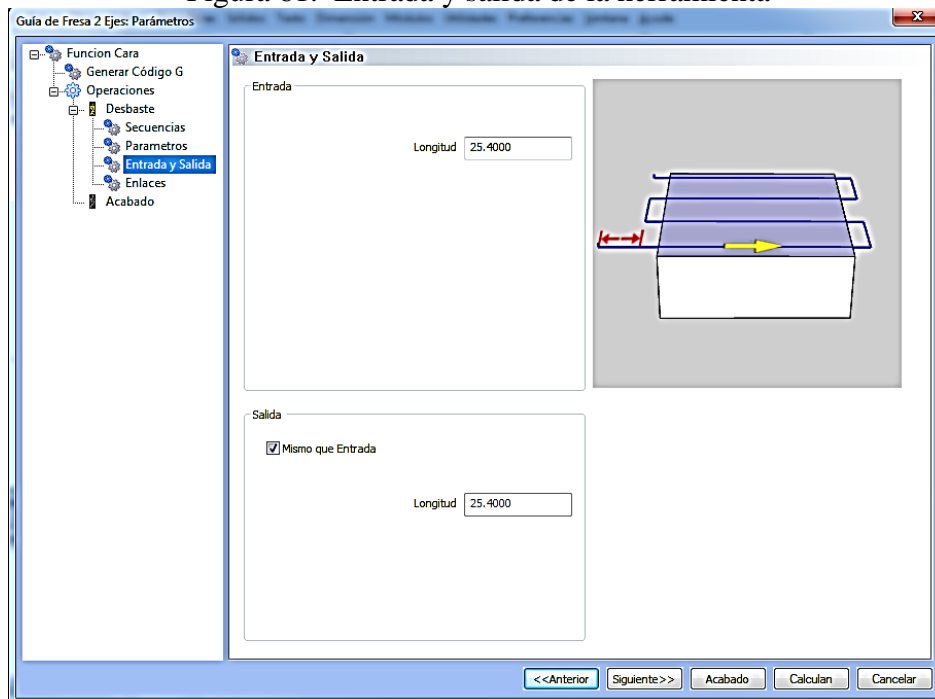
Figura 60. Secuencia de trabajo



Fuente: Autores

La entrada y salida de la herramienta se ubica a que distancia va entra la herramienta, se debe considerar que la herramienta no realice mucho esfuerzo por que podría perder sus filos de corte.

Figura 61. Entrada y salida de la herramienta



Fuente: Autores

Finalizado todas las configuraciones, el programa está listo para ejecutarse y generar los códigos ISO, estos códigos son los que se van a transmitir a la máquina BRIDGEPORT VMC 800/22.

El proceso para el mecanizado de los contornos de la matriz son similares, lo recomendable es seleccionar correctamente las operaciones a realizar.

4.8.6 *Operación de cavidad de la botella.* El proceso de mecanizado de la cavidad de la botella es una operación compleja la cual se debe realizar utilizando el mecanizado de 3 ejes.

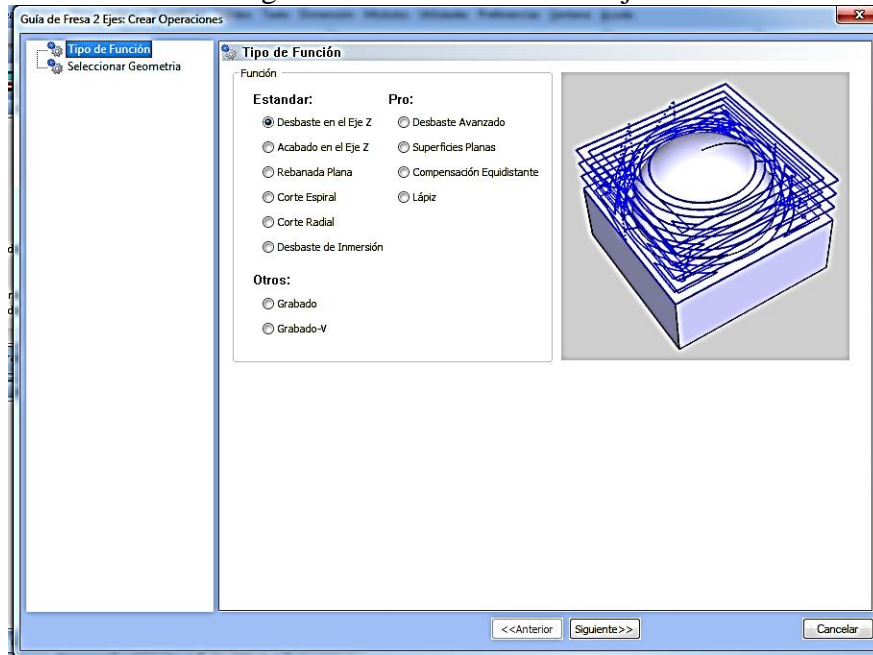
Al instante de seleccionar el mecanizado de 3 ejes se desglosa un cuadro de diálogo el mismo que se subdivide en 3, indicando los diferentes tipos de operación que se puede realizar como se indica a continuación:

- Estándar
 - Desbaste en el eje z.
 - Acabado en el eje z.
 - Rebanada plana.
 - Corte espiral.
 - Corte radial.
 - Desbaste de inmersión.

- Pro
 - Desbaste avanzado.
 - Superficies planas.
 - Compensación equidistante.
 - Lápiz.

- Otros
 - Gravado.
 - Grabado en v.

Figura 62. Mecanizado de 3 ejes

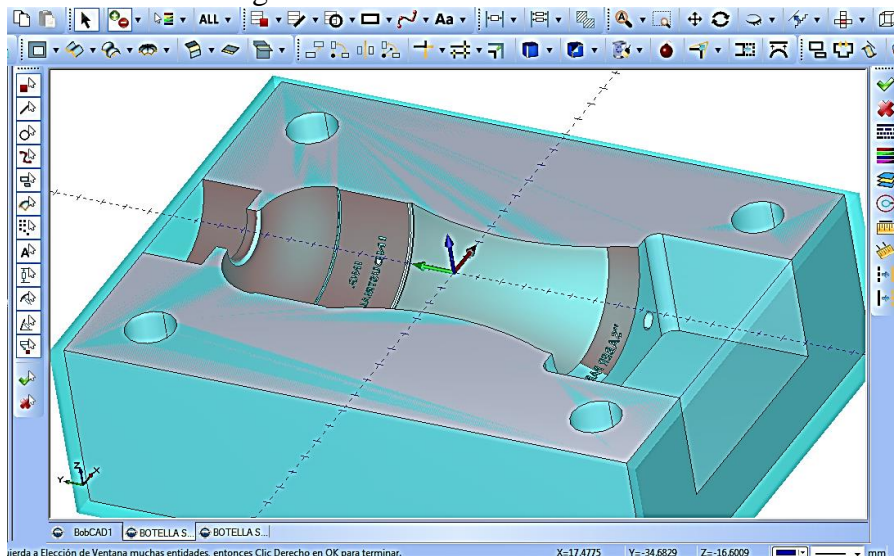


Fuente: Autores

La operación que mejor se ajusta para la operación de vaciado es el desbaste por inmersión se escogió esta operación para garantizar el tiempo de vida útil de la herramienta.

El procedimiento a seguir es la selección de la geometría, debido a que la cavidad de la botella no tiene una geometría uniforme, para determinar el límite, se trabaja por medio de superficies.

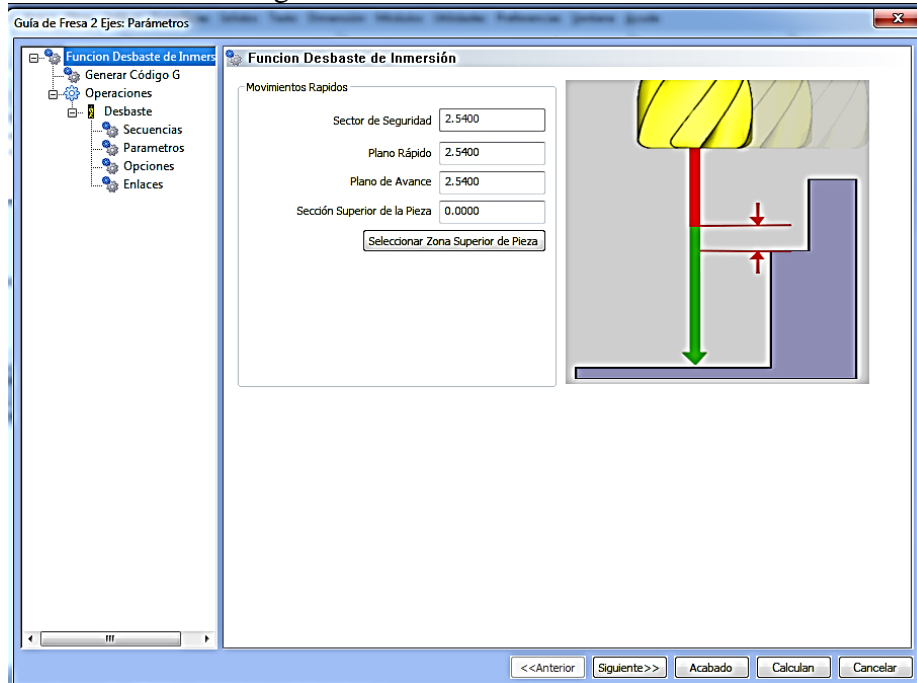
Figura 63. Geometría de la cavidad



Fuente: Autores

Para la función de desbaste los parámetros van a ubicarse de acuerdo a las necesidades del operario con la finalidad de reducir tiempos de producción.

Figura 64. Parámetros de desbaste



Fuente: Autores

Para el proceso de desbaste se debe considerar ciertos parámetros de vital importancia, estos parámetros consiste en:

- Set de herramientas
- Asignar un sostenedor

Para el Set de herramientas se procede a seleccionar una fresa redonda, la misma que debe ser modificada de acuerdo al tipo de herramienta que hay en existencia en el taller de CAD-CAM.

Figura 65. Fresa Redonda



Fuente: Autores

Figura 66. Set de Herramientas

Desbaste

Set de Herramientas Actuales Remover Sostenedor

Información de Herramienta

Herramienta de Sistema

(1) Diámetro 12.0000

(2) Longitud de Flauta 12.7000

Radio de Esquina 0.0000

Número de Flautas 4

Longitud Total 127.0000

Longitud de Protuberancia 50.8000

Etiqueta de Herramienta 12.0000 Dia. 0.0000 CRad. 4 Fl.:

Etiqueta del Sostenedor 0.25 inch I.D. Arbor BT 40

Material de Herramienta HSS

Datos de Mecanizado

Numero de Herramienta 3

Cambiar Compensación

Compensación de Altura 3

Compensación de Diámetro 3

Refrigerante Chorro

Fuente: Autores

Para la sujeción de la herramienta se asignó un sostenedor seleccionando de la librería del software, de toda la lista se eligió el cono BT40 porque ese tenemos en existencia en el taller de CAD-CAM.

Figura 67. Sostenedor de herramienta para fresa

Librería de Sostenedores de Herramienta para Fresa

CAT 40 Holder

CAT 50 Holder

BT 40 Holder

Descripción	Longitud Total
0.25 inch I.D. Arbor BT 40	2.5000
0.375 inch I.D. Arbor BT 40	2.5000
0.5 inch I.D. Arbor BT 40	2.5000
0.625 inch I.D. Arbor BT 40	2.5010
0.75 inch I.D. Arbor BT 40	2.5000
1.0 inch I.D. Arbor BT 40	3.5620
ER16 Arbor BT 40	3.5197
ER32 Arbor BT 40	3.4253

Husillos

Agregar Husillo Editar Husillo

Borrar Husillo

Sostenedores

Agregar un Sostenedor Editar Sostenedor

Borrar Sostenedor

Aceptar Cancelar

Fuente: Autores

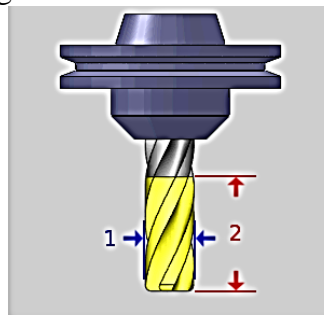
Figura 68. Cono BT40 con el sostenedor



Fuente: Autores

Los parámetros de corte para este tipo de operación están dados por los cálculos realizados con anterioridad.

Figura 69. Parámetros de corte

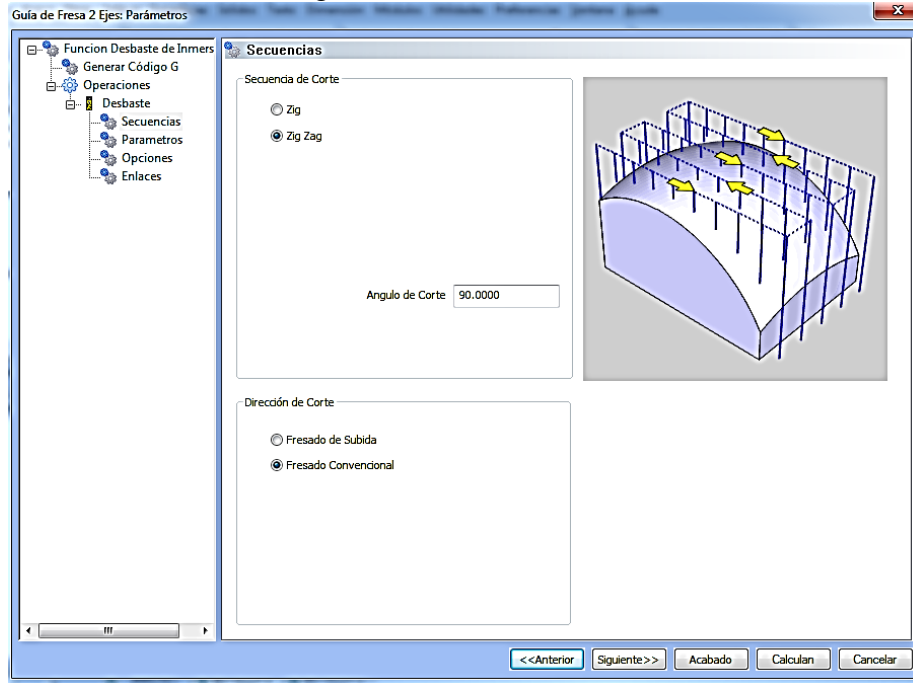


Velocidades	
<input type="checkbox"/> Use Velocidades del Sistema	
SMM	154.8384
Velocidad por Diente	0.1460
Velocidad en Z de Avance por Diente	0.0730
RPM	4107.2161
Velocidad Avance de Corte	2399.4357
Velocidad de Entrada	1199.7178
% Reducción de Velocidad en Arco	100

Fuente: Autores

La secuencia de esta operación lo determinamos en forma de zigzag porque la herramienta es una fresa redonda que avanza de forma circular, de esta manera se protege la herramienta.

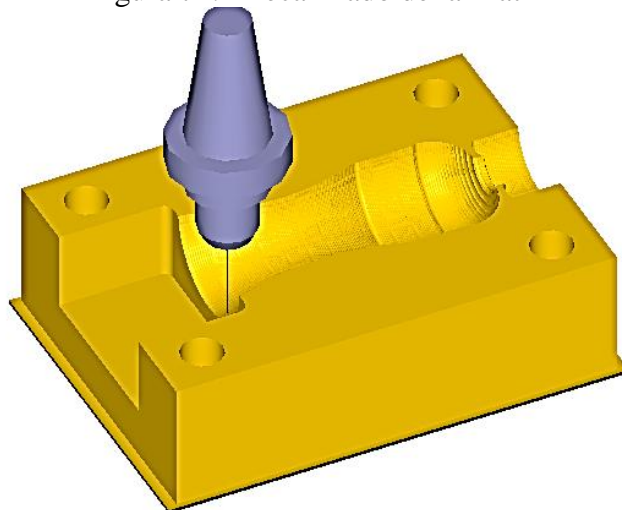
Figura 70. Guía de la Fresa



Fuente: Autores

El proceso de construcción de la matriz continua con la elaboración de las guías del molde, los procesos son similares, este trabajo se lo realizó con el mecanizado en 2 ejes, finalizando con todas las fases de operación el molde queda listo con toda la programación y lista para generar los códigos G.

Figura 71. Mecanizado de la Matriz



Fuente: Autores

Una vez concluido todas las fases de operación se procede a simular el proceso de manufactura para corregir errores en caso que existiera.

4.9 Selección de la máquina

La elaboración de la matriz de la botella por soplado de plástico se realizó en un centro de mecanizado de tres ejes marca Bridgeport VMC 800/22 que se adquirió para donarlo con mucho cariño para la Escuela de Ingeniería Industrial la cual permite un mejor proceso de mecanización en comparación con la maquinaria convencional, obteniendo un alto grado de acabado superficial y garantizando de esta manera un producto de calidad. Para la obtención de un trabajo de calidad es necesario que la maquinaria cuente con ciertos requerimientos técnicos y tecnológicos.

Figura 72. Máquina Bridgeport VMC 800/22



Fuente: Autores

La maquinaria que se utilizara es un centro de mecanizado Bridgeport VMC 800/22 que cuenta con características como:

Tabla 8. Características de la Máquina

Centro de mecanizado vertical Bridgeport VMC 800/22	
Fabricante	Bridgeport
Modelo	VMC 800/22
Año	1998
Categoría	Centro de Mecanizado Vertical

Fuente: Manuales de la Máquina.

Tabla 9. Características de la Máquina Técnicas

Características de la máquina	
Recorrido Longitudinal	800 mm (31,5 in)
Recorrido Transversal Y	510 mm (20,1 in)

Recorrido Vertical Z	500 mm (19,7 in)
CNC	TNC410
Longitud de la Mesa	1000 mm (39,4 in)
Ancho de la Mesa	490 mm (19,3 in)
Avance Automático	2000 mm/min
Número de Herramientas	22
Cono del Husillo	BT40
Velocidad Max. Del Husillo	4011 rpm
Potencia del Motor del Husillo	11 kw (14,8 HP)

Fuente: Manuales de la Máquina.

4.10 Códigos ISO en la programación CNC

Para la programación de los controles la ISO ha estandarizado el lenguaje de programación para maquinaria CNC, porque el fabricante diseña un lenguaje para los controles que se denomina lenguaje conversacional y la programación como todo idioma se compone de palabras, toda palabra significa una orden que el programador da al control.

La programación de las máquinas de Control Numérico Computarizado se genera mediante un lenguaje de bajo nivel llamado G y M. Se trata de un lenguaje de programación vectorial donde se detallan operaciones simples y entidades geométricas sencillas junto con sus parámetros de maquinado.

Los códigos que se detallan a continuación se obtuvieron del manual de la máquina Bridgeport MC 800/22 que adquirimos para donar a la escuela de Ingeniería Industrial.

Tabla 10. Lenguaje de Programación ISO

Función	Dirección	Formato	Significado
Número de programa	:	5	Número de programa
Número de subrutina	#	2	Número de subrutina
Número de etiqueta	L	1	Número de etiqueta
Número de secuencia	N	8	Número de secuencia
Función preparatoria	G	3	Modo del sistema (lineal, arco, etc.)
Coordinar palabra	X,Y,Z	+ 3.4	Comando de movimiento del eje X,Y,Z
	I,J,K	+ 3.4	Coordinar centro del arco.

	U,V,W	+ 3.4	Movimiento incremental en X,Y,Z
	A	+ 3.3	Movimiento angular polar
	B	+ 3.3	Movimiento incremental angular polar
	D	+ 3.4	Diámetro de la herramienta
	E	+ 3.3	Ángulo Co-latitud
	Q	3.2	Tiempo de permanencia
	R	3.4	Radio del arco
Función de avance	F	3.1	Velocidad de avance
Función de la velocidad del husillo	S	4	Velocidad del husillo
Función de la herramienta	T	2	Número de la herramienta
Parámetros	P	+ 3.4	Parámetros de ciclos fijos

Fuente: Manual de la Máquina Bridgeport

Por ejemplo un bloque podría estar compuesto de la siguiente manera:

N100G80X1.Y1.F10.T1M6

N__ Número de secuencia

G__ Función preparatoria

X__ Y__ Coordenadas

F__ Velocidad de avance

T__ Función de la herramienta

M__ Función auxiliar

- *Los formatos mostrados en la tabla indica:*

+ Valores con signo positivo o negativo.

3.X tres dígitos a la izquierda del decimal.

X.3 tres dígitos a la derecha del decimal.

5 cinco dígitos no decimales.

- *La descripción del formato es:* +3.4 para las direcciones, excepto A, B y E cuyo formato están 3.3. Todos los formatos mostrados tienen las entradas en pulgadas y para las entradas en milímetros todos los formatos mostrados cambian de +3.4 a +4.3.

- *Dimensiones máximas programables.* En la tabla 12 se enumera las dimensiones programables máximas de cada dirección del centro de mecanizado Bridgeport VMC 800/22.

Tabla 11. Rango de direcciones

Función	Dirección	Rango en pulgadas	Métrico
Número de programa	:	1 – 65 536	
Número de subrutina	L	1 – 9	
Número de etiqueta	N	1 – 16 000 000	
Número de secuencia	#	1 – 40	
Función preparatoria	G	1 – 199	
Coordinar palabra	X,Y,Z,I,J,K	+ 8388,607	+ 8388,607
	U,V,W,R,P,D		
	A,B,C,E	+ 8388,607	
Función de avance	F	0,1 – 250 ipm	2,0 – 6350 mmpm
Función de la velocidad del husillo	S	1 – 4200	
Función de la herramienta	T	1 – 24	
Función auxiliar	M	0 – 99	
Tiempo de permanencia	Q	0,01 – 327,68	

Fuente: Manual de la Máquina Bridgeport

4.10.1 Códigos Generales o Preparatorios. Son más conocidos como códigos G o lenguaje de programación G creados en principio para describir la geometría de la pieza de trabajo, si la pieza posee líneas rectas, arcos, etc. (CNC).

Tabla 12. Lista de Códigos de Movimiento

Código G	Función
0	Marcha rápida
1	Interpolación lineal
2	Interpolación circular en sentido horario
3	Interpolación circular en sentido anti-horario
4	Permanencia
8	Anular desaceleración modal desactivado
9	Anular desaceleración modal activado
12	Interpolación helicoidal CW
13	Interpolación helicoidal CCW
17	Selección del plano XY
18	Selección del plano XZ
19	Selección del plano YZ
22	Interpolación circular, entrada de redondeo CW

23	Interpolación circular, entrada de redondeo CCW
30	Imagen de espejo desactivado
31	Imagen de espejo en X activado
32	Imagen de espejo en Y activado
40	Compensación diámetro de la fresa desactivado
41	Compensación a izquierda de la fresa
42	Compensación a derecha de la fresa
44	Compensación de la fresa, velocidad de alimentación normal
45	Compensación de la fresa, velocidad de alimentación modificado
48	Redondeo en la esquinas en compensación de la fresa desactivado
49	Redondeo en la esquinas en compensación de la fresa activado
54	Compensación de la altura de la pieza
70	Entrada en pulgadas
71	Entrada en milímetros
72	Transformación desactivado
73	Transformación/rotación, escala
74	Entrada de círculo multi-cuadrante desactivado
75	Entrada de círculo multi-cuadrante activado
77	Ciclo de la fresa en zigzag
78	Ciclo de la fresa en pocket
79	Ciclo de la fresa en perforado
80	Ciclo de taladrado desactivado
81	Ciclo Z, taladrado (alimentar, salida rápida)
82	Ciclo Z, punto de cara (alimentar, salida rápida)
83	Ciclo Z, agujero profundo (salida rápida)
84	Ciclo Z, golpear (alimentar, alimentar a cabo)
85	Ciclo Z, agujero (alimentar, alimentar a cabo)
86	Ciclo Z, agujero (alimentar, parada-espera, alimentar a cabo)

Fuente: Manual de la Máquina Bridgeport

Tabla 13. Lista de Códigos de Preparatorias

Código G	Función
87	Ciclo Z, ruptura de la viruta (salida rápida)
89	Ciclo Z, agujero (alimentar, taladrar, alimentar a cabo)
90	Programación en coordenadas absolutas
91	Programación en coordenadas incrementales
92	Control de la programación del punto cero
94	Modo velocidad de avance por minuto
95	Modo velocidad por vueltas del husillo
96	Restaurar la base del programa del sistema de coordenada
97	Trabajo en conjunto del sistema de coordenadas
99	Anulación de desaceleración

170	Fresar marco exterior
171	Fresar marco interior
172	Fresar marco de bolsillo
173	Fresar cara exterior
174	Fresar cara interior
175	Fresar círculo exterior
176	Fresar círculo interior
177	Fresar círculo de bolsillo
179	Fresar ranura
180-189	Ciclo Z (similar a G81-G89) multi agujeros
191-199	Ciclo Z (similar a G81-G89) marco de agujeros

Fuente: Manual de la Máquina Bridgeport

Tabla 14. Encendido y Reinicio del Estado de los Códigos G

Código G	Función
0	Marcha rápida
8	Anular desaceleración modal desactivado
17	Selección del plano XY
30	Imagen de espejo desactivado
40	Compensación diámetro de la fresa desactivado
45	Compensación de la fresa, velocidad de alimentación modificado
49	Redondeo en la esquinas en compensación de la fresa activado
70/71	Entrada en pulgadas o en milímetros
72	Transformación desactivado
75	Entrada de círculo multi-cuadrante activado
90	Programación en coordenadas absolutas
94	Modo velocidad de avance por minuto
96	Restaurar la base del programa del sistema de coordenada

Fuente: Manual de la Máquina Bridgeport

4.10.2 Códigos Misceláneos. Es una función auxiliar que se creó en principio para automatizar las funciones operativas, funciones que realizaría el operario como: prender el husillo, prender el refrigerante, prender el lubricante, realizar un cambio de herramientas, etc. donde las descripciones varían, muchos códigos requieren funciones "M" se refiere a "máquina".

Tabla 15. Códigos M

Código M	Función
M00	Parada opcional
M01	Parada opcional
M02	Reset del programa
M03	Hacer girar el husillo en sentido horario

M04	Hacer girar el husillo en sentido antihorario
M05	Frenar el husillo
M06	Cambiar de herramienta
M07	Abrir el paso del refrigerante B
M08	Abrir el paso del refrigerante A
M09	Cerrar el paso de los refrigerantes
M10	Abrir mordazas
M11	Cerrar mordazas
M13	Hacer girar el husillo en sentido horario y abrir el paso de refrigerante
M14	Hacer girar el husillo en sentido antihorario y abrir el paso de refrigerante
M30	Finalizar programa y poner el puntero de ejecución en su inicio
M31	Incrementar el contador de partes
M37	Frenar el husillo y abrir la guarda
M38	Abrir la guarda
M39	Cerrar la guarda
M40	Extender el alimentador de piezas
M41	Retraer el alimentador de piezas
M43	Avisar a la cinta transportadora que avance
M44	Avisar a la cinta transportadora que retroceda
M45	Avisar a la cinta transportadora que frene
M48	Inhabilitar Spindle y Feed override
M49	Cancelar M48
M62	Activar salida auxiliar 1
M63	Activar salida auxiliar 2
M64	Desactivar salida auxiliar 1
M65	Desactivar salida auxiliar 2
M66	Esperar hasta que la entrada 1 esté en ON
M67	Esperar hasta que la entrada 2 esté en ON
M70	Activar espejo en X
M76	Esperar hasta que la entrada 1 esté en OFF
M77	Esperar hasta que la entrada 2 esté en OFF
M80	Desactivar el espejo en X
M98	Llamada a subprograma
M99	Retorno de subprograma

Fuente: <http://nubr.co/OYdBfW>

4.10.3 *Código S.* Speed = velocidad de giro del husillo en r.p.m, si programamos S1200 el husillo girará a 1200 r.p.m.

4.10.4 *Código T.* Tool = Herramienta de trabajo, la programación del número de herramienta se hace de acuerdo con el orden operacional del mecanizado específico de una pieza , es decir, si vamos a roscar una pieza, la primera herramienta T0101 será la broca centro , la segunda herramienta T0202 será la broca, la tercera herramienta T0303 el macho de roscado, y así sucesivamente.

Los dos primeros dígitos del código T se refieren al número de posición de la herramienta en la torreta, y los dos siguientes al corrector de la compensación de la herramienta.

4.10.5 *Código F.* Feed = Alimentación o avance de mecanizado, es la velocidad con que se mueve la máquina en la operación de mecanizado mm/rev.

4.11 Elaboración del programa de manufactura para cada parte del molde

Es la obtención de los códigos G de cada una de las matrices modeladas anteriormente que a la vez conformaran una sola matriz para la obtención de la botella de 500 ml, estos códigos hay que corregirlos y ponerle el encabezado correcto para que la máquina CNC lo reconozca y proceder a mecanizar.

Operación de contorno.	G0 Z25.
G90G71G17G40G75G54	Y-19.
T6 M6	Z10.
G0 X-135. Y-19. S2000 M3	G1 Z0. F1000.
G0 Z25.	X-116. F1200.
Z10.	G3 X-97. Y0. I-116. J0.
G1 Z1. F1000.	G1 Y120.
X-116. F1200.	G2 X-87.5 Y129.5 I-87.5 J120.
G3 X-97. Y0. I-116. J0.	G1 X87.5
G1 Y120.	G2 X97. Y120. I87.5 J120.
G2 X-87.5 Y129.5 I-87.5 J120.	G1 Y-120.
G1 X87.5	G2 X87.5 Y-129.5 I87.5
G2 X97. Y120. I87.5 J120.	J-120.
G1 Y-120.	G1 X-87.5
G2 X87.5 Y-129.5 I87.5 J-120.	G2 X-97. Y-120. I-87.5 J-120.
G1 X-87.5	G1 Y0.
G2 X-97. Y-120. I-87.5 J-120.	G3 X-116. Y19. I-116. J0.
G1 Y0.	G1 X-135.
G3 X-116. Y19. I-116. J0.	G0 Z25.
G1 X-135.	Y-19.

Z10.
G1 Z-1. F1000.
X-116. F1200.
G3 X-97. Y0. I-116. J0.
G1 Y120.
G2 X-87.5 Y129.5 I-87.5 J120.
G1 X87.5
G2 X97. Y120. I87.5 J120.
G1 Y-120.
G2 X87.5 Y-129.5 I87.5 J-120.
G1 X-87.5
G2 X-97. Y-120. I-87.5 J-120.
G1 Y0.
G3 X-116. Y19. I-116. J0.
G1 X-135.
G0 Z25.
Y-19.
Z10.
G1 Z-2. F1000.
X-116. F1200.
G3 X-97. Y0. I-116. J0.
G1 Y120.
G2 X-87.5 Y129.5 I-87.5 J120.
G1 X87.5
G2 X97. Y120. I87.5 J120.
G1 Y-120.
G2 X87.5 Y-129.5 I87.5 J-120.
G1 X-87.5
G2 X-97. Y-120. I-87.5 J-120.
G1 Y0.
G3 X-116. Y19. I-116. J0.
G1 X-135.
G0 Z25.
Y-19.

Z10.
G1 Z-3. F1000.
X-116. F1200.
G1 Z-6. F1000.
X-116. F1200.
G2 X87.5 Y-129.5 I87.5 J-120.
G1 X-87.5
G2 X-97. Y-120. I-87.5 J-120.
G1 Y0.
G3 X-116. Y19. I-116. J0.
G1 X-135.
G0 Z25.
Y-19.
Z10.
G1 Z-8. F1000.
X-116. F1200.
G3 X-97. Y0. I-116. J0.
G1 Y120.
G2 X-87.5 Y129.5 I-87.5 J120.
G1 X87.5
G2 X97. Y120. I87.5 J120.
G1 Y-120.
G2 X87.5 Y-129.5 I87.5 J-120.
G1 X-87.5
G2 X-97. Y-120. I-87.5 J-120.
G1 Y0.
G3 X-116. Y19. I-116. J0.
G1 X-135.
G0 Z25.
Y-19.
Z10.
G1 Z-9. F1000.
X-116. F1200.
G3 X-97. Y0. I-116. J0.

G1 Y120.
G2 X-87.5 Y129.5 I-87.5 J120.
G1 X87.5
G2 X97. Y120. I87.5 J120.
G1 Y-120.
G2 X87.5 Y-129.5 I87.5 J-120.
G1 X-87.5
G2 X-97. Y-120. I-87.5 J-120.
G1 Y0.
G3 X-116. Y19. I-116. J0.
G1 X-135.
G0 Z25.
Y-19.
Z10.
G1 Z-10. F1000.
X-116. F1200.
G3 X-97. Y0. I-116. J0.
G1 Y120.
G2 X-87.5 Y129.5 I-87.5 J120.
G1 X87.5
G2 X97. Y120. I87.5 J120.
G1 Y-120.
G2 X87.5 Y-129.5 I87.5 J-120.
G1 X-87.5
G2 X-97. Y-120. I-87.5 J-120.
G1 Y0.
G3 X-116. Y19. I-116. J0.
G1 X-135.
G0 Z25.
Y-19.
G1 Z-3. F1000.
X-116. F1200.
G1 Z-6. F1000.
X-116. F1200.
G2 X-87.5 Y129.5 I-87.5 J120.
G1 Y120.
G2 X-87.5 Y129.5 I-87.5 J120.
G1 X87.5
G2 X97. Y120. I87.5 J120.

G1 Y-120.
G2 X87.5 Y-129.5 I87.5 J-120.
G1 X-87.5
G2 X-97. Y-120. I-87.5 J-120.
G1 Y0.
G2 X87.5 Y-129.5 I87.5 J-120.
G1 X-87.5
G2 X-97. Y-120. I-87.5 J-120.
G1 Y0.
G3 X-116. Y19. I-116. J0.
G1 X-135.
G3 X-97. Y0. I-116. J0.
G1 Y120.
G2 X-87.5 Y129.5 I-87.5 J120.
G1 X87.5
G2 X97. Y120. I87.5 J120.
G1 Y-120.
G2 X87.5 Y-129.5 I87.5 J-120.
G1 X-87.5
G2 X-97. Y-120. I-87.5 J-120.
G1 Y0.
G3 X-116. Y19. I-116. J0.
G1 X-135.
G0 Z25.
Y-19.
G1 Z-3. F1000.
X-116. F1200.
G1 Z-6. F1000.
X-116. F1200.
G2 X-87.5 Y129.5 I-87.5 J120.
G1 Y120.
M5
M30

4.12 Corrección de códigos

A partir del modelado de la matriz de soplado se realizó los programas para el mecanizado de las piezas donde se obtuvo los códigos G, al realizar la transferencia de los códigos a la máquina Bridgeport es necesario conocer los códigos de trabajo de dicha máquina, estos códigos se los puede encontrar en los manuales de operaciones. La generación de códigos por defecto arroja con un encabezado diferente al de la máquina.

Figura 73. Encabezado por Defecto

```
%
O0000(BOTELLA SOLIDA CUERPO 1)
N100 (DATE=DD-MM-YY - 25-01-16 TIME=HH:MM - 10:16)
N102 (MCX FILE - F:\BOTELLA MECANIZAR\BOTELLA SOLIDA CUERPO 1.MCX-5)
N104 (NC FILE - C:\USERS\CLAUDIO\DOCUMENTS\MY MCMX5\MILL\NC\BOTELLA SOLIDA CUERPO 1.NC)
N106 (MATERIAL - ALUMINUM MM - 2024)
N108 ( T6 | | H6 )
N110 G21
N112 G0 G17 G40 G49 G80 G90
N114 T6 M6
N116 G0 G90 G54 X37.5 Y-122.5 A0. S2000 M3
N118 G43 H6 Z25.
N120 Z10.
N122 G1 Z-12. F1000.
N124 X-37.5 F1200.
N126 Y-117.5
```

Fuente: Autores

Es necesario cambiar el encabezado a G90G71G17G40G75G54 que es el de la máquina para la correcta lectura de los códigos, los códigos son arrojados con un cuarto eje A0, en el caso de la máquina no lee esta orden porque no cuenta con ese eje se lo elimina.

Es recomendable eliminar el código G54 compensación de la pieza, el G43 compensación de la herramienta y el H6 número de herramienta, la razón de la eliminación de estos códigos es porque todas las compensaciones realiza el software.

Figura 74. Encabezado de la Máquina

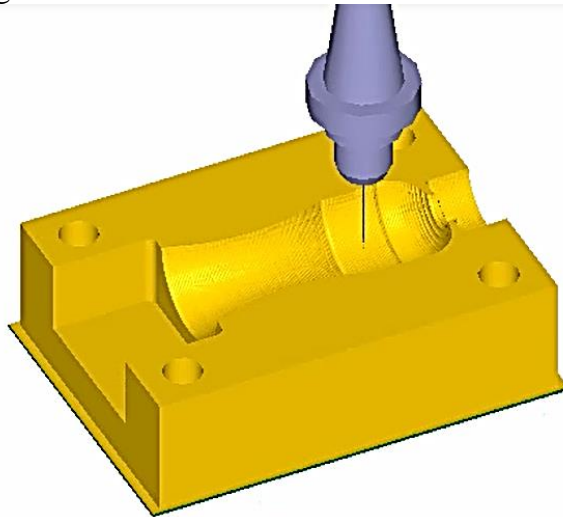
```
G90G71G17G40G75G54
N114 T6 M6
N116 G0 X37.5 Y-122.5 S2000 M3
N118 G0 Z25.
N120 Z10.
N122 G1 Z-12. F1000.
N124 X-37.5 F1200.
N126 Y-117.5
N128 X37.5
N130 Y-112.5
```

Fuente: Autores

4.13 Simulación

Para llegar a la simulación se debe compactar todo lo realizado anteriormente para cada uno de las matrices y verificar que todos los parámetros sean los correctos obteniendo de esta manera satisfactorios resultados, porque en la simulación es donde se puede observar que va a suceder al momento de mecanizar, una vez realizado este procedimiento sin haber encontrado errores se realiza la transferencia de los códigos G con su respectivo encabezado al centro de mecanizado CNC para proceder a realizar el prototipo de la matriz desea.

Figura 75. Simulación de la cavidad de la botella



Fuente: Autores

Figura 76. Simulación de la base de la botella



Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. COSTOS

5.1 Costos Directos

Tabla 16. Costos Directos

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor U. [Usd]	Valor T. [Usd]
Maquinaria	U	1	1157,89	1157,89
Software	U	1	68,42	68,42
Herramientas	U	6	91,23	273,69
Material	U	3	180,00	540,00
Logística	Semanas	2	60,00	120,00
Total Costos Directos				2160,00

Fuente: Autores

5.2 Costos Indirectos

Tabla 17. Costos Indirectos

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor U. [Usd]	Valor T. [Usd]
Equipo de Computación				105
Impresora	U	1	105,00	105,00
Gastos Administrativos				55,00
Papel	Resma	2	2,50	5,00
Tinta impresora	Cartucho	2	20,00	40,00
Empastado de Trabajo de Titulación.	U	1	10,00	10,00
Total Costos Indirectos				155,00

Fuente: Autores

5.3 Costo Total (CT)

CT = Costo Directo + Costo Indirecto

CT = (2160,00+155,00) USD

CT = 2315,00 USD

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se investigó sobre tres tipos de soplado los cuales se los puede realizar en cualquier software CAM, pero el escogido específicamente para este tema es el método de inyección-soplado y se aplicó en el software BobCAD-CAM.

Se elaboró hojas de procesos en las que se detallan los pasos adecuados para obtener cada una de las matrices logrando optimizar tiempos y operaciones inadecuadas.

Se calculó parámetros de corte de acuerdo al tipo de material y de herramienta logrando obtener resultados precisos para optimizar tiempos y cuidar las herramientas al utilizar la máquina en las operaciones de mecanizado.

Se realizó el modelado de las partes que conforman el molde para lo cual se utilizó el software SOLIDWORKS.

Se desarrolló en el software BobCAD-CAM el algoritmo de los códigos ISO de acuerdo a la máquina Bridgeport que se tiene para el mecanizado de la matriz de soplado.

El programa de manufactura se elaboró en el software BobCAD-CAM luego del modelado previo obteniendo la modelación, simulación y los códigos G para la construcción de la matriz.

6.2 Recomendaciones

Seleccionar el post-procesador para el correcto funcionamiento del software BobCAD-CAM en la simulación de las operaciones y generación de los códigos G.

La matriz de soplado de plástico debe contar con un buen acabado superficial la cual se logra aumentando las revoluciones del husillo y reduciendo el avance.

Para prolongar la vida útil del centro de mecanizado se recomienda un mantenimiento preventivo verificando que los niveles de lubricación y refrigerante sean los óptimos para su funcionamiento.

El centro de mecanizado Bridgeport VMC 800/22 necesita de vital importancia un supervisor de fases para que proteja la máquina en caso de que se produzca caídas de fase antes y durante su funcionamiento, logrando con esto evitar la des configuración del sistema eléctrico y electrónico o el daño de alguna parte de la máquina.

Es necesario y de vital importancia que las personas utilicen los EPP de seguridad al momento de manipular la máquina.

BIBLIOGRAFÍA

AIMPLAS. Aimplas. *Ensayos sobre botellas de plástico para uso alimentario.* [En línea] 10 de abril de 2014. <http://www.aimplas.es/blog/ensayos-sobre-botellas-de-plastico-para-uso-alimentario>.

BLAINE, Vess. Buenas Tareas. *Moldeo por Soplado.* [En línea] <http://www.buenastareas.com/ensayos/Moldeo-Por-Soplado/24104007.html>.

CÁNDIDO. Alma de Herrero. *Las primeras máquinas herramienta de control numérico.* [En línea] 18 de julio de 2013. <http://almadeherrero.blogspot.com/2013/07/las-primeras-maquinas-herramienta-de.html>.

COMPANY, The Dow Chemical. Dow. *Polietileno.* [En línea] <http://www.dow.com/polyethylene/la/es/fab/molding/improcess.htm>.

CULTURAL. *Manual de Mecánica Industrial.* Madrid - España : s.n., 2005.

DANITA. Control Numerico Computarizado. *Ventajas y Desventajas.* [En línea] 04 de julio de 2009. <http://cnc-ipm.blogspot.com/2009/07/ventajas-y-desventajas.html>.

EDUCATIVA, Tecnología. Tecnoedu.com. *Programación de máquinas de CNC con códigos G & M.* [En línea] <https://tecnoedu.com/Denford/GM.php>.

GUANIPAS. Maquinas cnc. [En línea] 14 de junio de 2009. <http://maquinascontrolnumerico.blogspot.com/>.

HERRAMIENTAS, De Máquinas. De Maquinas y Herramientas. *Centro de Mecanizado.* [En línea] <http://www.demaquinasyherramientas.com/maquinas/centro-mecanizado>.

INDUSTRIALES, Escuela Técnica Superior de Ingenieros. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales - Dpto. Química Orgánica. *Propiedades y características.* [En línea] http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/pet/propiedades_y_caracteristicas.htm.

KANDT, Dipi.-Ing Andreas. Historia del soplado. *Historia del soplado.* [En línea] Reproducido con la autorización expresa del editor. http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/45896/Informador62/8/historia.html.

KRAR, Steve F. y Check, Albert F. *Tecnología de las Máquinas Herramienta.* México : MARCOMBO S.A., 2002.

MARIANO. Tecnología de los Plásticos. *Blog dedicado a los materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y reciclado.* [En línea] [blogspot](http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/03/inyeccion-soplado.html), 26 de marzo de 2012. <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/03/inyeccion-soplado.html>.

MONTALVO, Luis. Monografias.com. *Plásticos industriales y su procesamiento.* [En línea] <http://www.monografias.com/trabajos32/procesamiento-plasticos/procesamiento-plasticos.shtml>.

ONLINE, Cosmos. Cosmos Online. *Botellas de plástico.* [En línea] <http://www.cosmos.com.mx/producto/4r03/botellas-de-plastico>.

QUIMINET. QuimiNet.com. *Usos y aplicaciones del Polietileno Tereftalato (PET).* [En línea] 14 de mayo de 2010. <http://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-del-polietileno-tereftalato-pet-42703.htm>.

WALES, Jimmy Donal. Wikipedia. *Moldeo por soplado.* [En línea] https://es.wikipedia.org/wiki/Moldeo_por_soplado.

