

# DISEÑO DE MOLDE DE UN BEBEDERO PARA PERROS DE RAZAS GRANDES

RAFAEL HUMBERTO MOJICA PICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C.  
2.018

# DISEÑO DE MOLDE DE UN BEBEDERO PARA PERROS DE RAZAS GRANDES

RAFAEL HUMBERTO MOJICA PICO

Proyecto Integral de grado para optar al título de  
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C.  
2.018

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del jurado  
Ing. Gabriel Rivera Rodríguez

---

Jurado 1  
Ing. Edwin Rivera

---

Jurado 2  
Ing. Oscar Chamarraví

Bogotá, 11 de diciembre de 2.017

## DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de La Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García – Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García – Peña

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. Julio César Fuentes Arismendi

Director Programa de Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

Los conceptos emitidos en este documento son responsabilidad exclusiva del autor

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por cada una de las personas que puso en mi camino para formarme como persona y profesional en especial a mis padres Rafael Humberto Mojica Porras y Edively Edilsen Pico Cuevas por la oportunidad de estudiar en tan buena universidad para formarme como profesional y persona.

De igual forma agradezco a la Universidad de América por el apoyo de los orientadores, especialmente al Ingeniero Gabriel Rivera, que fue fundamental para la culminación de mi proyecto de grado, como a los profesores Oscar Ochoa, Edwin Rivera y Oscar González por sus asesorías durante el transcurso de este proyecto.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	17
1. GENERALIDADES	19
1.1.1 MISIÓN	19
1.1.2 VISIÓN	19
1.1.3 Productos de calidad para los clientes	19
1.1.3.1 Bebedero	20
1.2 MÁQUINA DE INYECCIÓN	21
1.2.1 Componentes de una máquina de inyección	22
1.2.1.1 Unidad de cierre	22
1.2.1.2 Unidad de potencia	22
1.2.1.3 Unidad de inyección	24
1.2.1.4 Unidad de control	24
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE INYECCIÓN	24
1.3.1 Molde cerrado o vacío	24
1.3.2 Inyección de material	26
1.3.2.1 Tiempo de inyección (ti)	26
1.3.3 Cambio a presión de mantenimiento	26
1.3.3.1 Tiempo de presión de mantenimiento ( <i>TP</i> )	26
1.3.4 Enfriamiento	26
1.3.4.1 Tiempo de plastificación	26
1.3.5 Apertura del molde	26
1.3.5.1 Tiempo de solidificación	26
1.4 MOLDE	27
1.4.1 Clasificación de moldes de inyección	28
1.4.1.1 Molde estándar (de dos placas)	28
1.4.1.2 Molde con canales de colada caliente:	28
1.4.1.3 Molde de tres placas	28
1.4.1.4 Molde de pisos (Molde sándwich)	29
1.4.1.5 Molde de canal caliente	29
1.4.2 Parte del sistema de alimentación del molde	29
1.4.2.1 Bebedero	30
1.4.2.2 Mazarota	31
1.4.2.3 Canal de alimentación	31
1.4.2.4 Cavidades	32
1.5 POLIMEROS	33
1.5.1 Clasificación de los polímeros	33
1.5.1.1 Polímeros termoplásticos	33
1.5.1.2 Polímeros termoestables	34
1.5.1.3 Polímeros elastómeros	34

2. PÁRAMETROS DE DISEÑO	35
2.1 REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE	35
2.1.1 Perros de razas grandes	35
2.1.2 Forma de medición del hocico del perro	35
2.1.3 Consumo de agua para los perros	36
2.2 MEDIDAS DE LOS BEBEDEROS PARA PERROS DE RAZAS GRANDES	36
2.2.1 Capacidad del bebedero para perros de razas grandes	37
2.2.2 Diseño de bebedero	37
2.2.2.1 Geometrías de bebederos	37
2.2.2.2 Bebederos Autoabastecibles	37
2.3 FORMA DE LAS BOTELLAS PLÁSTICAS	38
2.3.1 Botellas plásticas	38
2.3.2 Capacidad	38
2.3.3. Cuello de las botellas	38
2.4 PARÀMETROS GEOMÈTRICOS DE LA PIEZA A MOLDEAR	39
2.4.1 VOLUMEN TOTAL DE LA PIEZA	41
3. DISEÑO DE MOLDE	42
3.1 SELECCIÓN DE MATERIALES PARA LA PIEZA	42
3.1.1 Alternativa 1	42
3.1.2 Alternativa 2	43
3.1.3 Alternativa 3	44
3.1.4 Evaluación de alternativas	44
3.1.5 Selección de alternativa	47
3.1.6 Masa de la pieza	47
3.1.7 Deformación de la pieza	48
3.2 MAQUINA INYECTORA DE PLASTICO	49
3.2.1 Numero de cavidades	49
3.2.2 Fuerza de cierre de inyección	50
3.2.3 Capacidad de plastificación	51
3.2.4 Contracción en el proceso de inyección	51
3.3 TIPO DE MOLDE	52
3.3.1 Sistema de colada fría	53
3.3.2 Punto de inyección	54
3.3.3 Bebedero	54
3.3.4 Canales de alimentación	56
3.4 SISTEMA DE EXPULSIÓN	57
3.5 SELECCIÓN DE MATERIALES PARA EL MOLDE	58
3.5.1 Placas del molde	60
3.5.2 Cavidades	60
3.5.3 Bebedero	61
3.5.4 Sistema guía	61
3.6 SELECCIÓN DE ELEMENTOS	62
3.6.1 Tornillería:	63



3.6.2 Anillo centrador	64
3.6.3 Bujes	64
3.6.4 Racores	64
3.6.5 Mangueras	65
3.6.6 Topes	65
3.6.6 Pasadores	65
3.7 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACION	65
3.7.1 Alternativa 1	67
3.7.2 Alternativa 2	67
3.7.3 Alternativa 3	68
3.7.4 Diámetro de los canales de enfriamiento	70
3.7.4.1 Numero de Reynolds	75
3.7.5 Cálculo de la longitud de los canales de refrigeración	76
3.7.6 Distribución de los canales de enfriamiento	77
3.7.6.1 (a)	77
3.7.6.2 (b)	77
3.8 SALIDAS DE GASES	78
3.9 TIEMPO DEL CICLO	78
3.9.1 Tiempo de solidificación o de enfriamiento de la pieza	79
3.9.2 Tiempo de inyección	80
3.9.3 Tiempo de plastificación	81
3.9.4 Tiempo total del ciclo	81
4. SIMULACIONES	82
4.1 LLENADO DE LA PIEZA	82
4.1.1 Simulación de llenado	83
4.1.3 Calidad de llenado: La calidad de llenado nos ayuda a saber los lugares donde se puede tener un alto	84
4.1.4 Orientación del flujo	85
4.1.5 Tiempo del ciclo	85
4.1.6 Atrapamiento de aire	86
4.2 SIMULACION DEL SISTEMA REFRIGERACIÓN	86
4.2.1 Calidad del sistema de refrigeración	87
4.3 RESISTENCIA DE ESFUERZOS EN LA PIEZA	88
4.3.1 Deformación de la pieza	89
4.3.2 Esfuerzo – elemento nodal	89
5. MANUALES	90
5.1 FICHA TECNICA DEL MOLDE	90
5.1.1 Refrigerante	90
5.2 MANUAL DE ENSAMBLE	90
5.2.1 Ensamble parte fija	91
5.2.2 Ensamble sistema de expulsión:	91
5.2.3 Ensamble parte móvil	92

5.3 MANUAL DE OPERACIÓN	92
5.4 MANUAL DE MANTENIMIENTO	98
5.4.1 Mantenimiento diario	99
5.4.2 Mantenimiento semanal	99
5.4.3 Mantenimiento Mensual	100
5.3.4 Mantenimiento fuera de operación	100
6. EVALUACIÓN FINANCIERA	101
6.1 INVERSIÓN INICIAL	101
6.2 INVERSIÓN DE LA PRODUCCIÓN	102
6.3 VENTAS DE LA EMPRESA	102
6.2.1 Ventas de la empresa sin el proyecto	102
6.2.2 Ventas de la empresa con el proyecto	103
6.3 FLUJO EFECTIVO	103
6.3.1 Flujo efectivo sin el proyecto	103
6.3.2 Flujo efectivo con proyecto	104
7. CONCLUSIONES	108
8. RECOMENDACIONES	109
BIBLIOGRAFÍA	110
ANEXOS	112

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Propiedades físicas y mecánicas de polimetilmetacrilato (PMMA)	43
Tabla 2 Propiedades químicas de polimetilmetacrilato (PMMA)	43
Tabla 3 Propiedades físicas y mecánicas de Polietileno de alta densidad	43
Tabla 4 Propiedades químicas de Polietileno de alta densidad	43
Tabla 5 Propiedades físicas y mecánicas de Polipropileno (PP)	44
Tabla 6 Propiedades químicas de Polipropileno (PP)	44
Tabla 7 Criterios a evaluar de los materiales	45
Tabla 8 Método de calificación	46
Tabla 9 Selección de alternativas de los materiales plásticos	46
Tabla 10. Partes del molde y materiales y partes	62
Tabla 11 Criterios a evaluar el sistema de refrigeración	68
Tabla 12. Método de calificación	69
Tabla 13 Selección de alternativas de los materiales plásticos	70
Tabla 14. Datos para calcular el tiempo de refrigeración	79
Tabla 15 Inversión inicial para la producción anual	101
Tabla 16 Inversión para la producción	102
Tabla 17 Ventas aproximadas de bebederos en los últimos 3 años	102
Tabla 18 Utilidades en la empresa sin el proyecto.	103
Tabla 19. Ventas de la empresa con el proyecto	103
Tabla 20 Flujo efectivo sin proyecto a 5 años	104
Tabla 21 Flujo efectivo con el proyecto a 5 años.	104
Tabla 22 Flujo incremental para un almacén	105

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Bebedero convencional	20
Figura 2. Bebederos automáticos	21
Figura 3. Partes de la máquina inyectora	21
Figura 4. Unidad de cierre	22
Figura 5. Unidades de cierre de molde	22
Figura 6. Diseño de sistema de potencia eléctrico	23
Figura 7. Diseño de un sistema de potencia hidráulico	23
Figura 8. Unidad de inyección de plástico	24
Figura 9. Molde cerrado	25
Figura 10. Apertura y cierre de un molde	25
Figura 11. Desmoldeo de la pieza	27
Figura 12. Molde de 3 placas abierto y cerrado	29
Figura 13. Molde de canales calientes	29
Figura 14. Corte transversal de un molde y sus partes	30
Figura 15. Bebederos de unión plana y conocida	30
Figura 16. Bebedero de unión esférica	31
Figura 17. Formas de canales de alimentación	31
Figura 18. Canales de alimentación de flujo compensado	32
Figura 19. Partes y distribución del material de un molde	33
Figura 20. Clasificación por tamaño	35
Figura 21. Medidas y diseño de un bebedero para perros de razas grandes	36
Figura 22. Bebedero autoabastecible	38
Figura 23. Botella plástica	39
Figura 24. Dimensiones del bebedero	39
Figura 25. Selección transversal de la pieza	48
Figura 26. Cavidad de la pieza	50
Figura 27. Presión de inyección del material	50
Figura 28. Contracción en los materiales termoplásticos	52
Figura 29. Molde de dos placas	53
Figura 30. Sistema de alimentación	53
Figura 31. Selección del diámetro del bebedero	54
Figura 32. Dimensiones del sistema de alimentación	56
Figura 33. Perfiles de los canales de alimentación	56
Figura 34. Sistema de expulsión con cavidad en placa móvil	57
Figura 35. Placa de expulsión y los expulsores	58
Figura 36. Guía para la selección de materiales metálicos para molde	59
Figura 37. Propiedades de los materiales metálicas	60
Figura 38. Sistema guía	62
Figura 39. Esfuerzos admisible para tornillos en el acero A449	64
Figura 40. Racores HASCO	64
Figura 41. Manguera HASCO	65

Figura 42. Tope	65
Figura 43. Componentes del sistema de refrigeración	66
Figura 44. Deformidades por mala refrigeración	66
Figura 45. Sistema de refrigeración en serie	67
Figura 46. Sistema de refrigeración en paralelo	67
Figura 47. Sistema de refrigeración dactilar	68
Figura 48. Calor a retirar	72
Figura 49. Densidad del agua	74
Figura 50. Viscosidad del agua	75
Figura 51. Distancia que deben tener los canales de refrigeración y con cavidad	77
Figura 52. Dimensiones de la salida de los gases	78
Figura 53. Temperaturas de elaboración y del molde para algunos polímeros	78
Figura 54. Bebedero de perros de razas grandes	82
Figura 55. Datos iniciales para el proceso de inyección	82
Figura 56. Inicio de la simulación del llenado	83
Figura 57. Finalización de la simulación de llenado.	83
Figura 58. Confianza de llenado en la pieza	84
Figura 59. Simulación de la calidad de llenado en la pieza	84
Figura 60. Orientación del flujo inyectado	85
Figura 61. Simulación del tiempo del ciclo de inyección	85
Figura 62. Simulación de atrapamiento de aire en la pieza.	86
Figura 63. Sistema de refrigeración de la pieza	87
Figura 64. Calidad del sistema de refrigeración	87
Figura 65. Enmallado de la pieza	88
Figura 66. Ubicación de la fuerza en el bebedero	88
Figura 67. Deformación del bebedero	89
Figura 68. Esfuerzo nodal de la pieza	89
Figura 69. Conjunto del molde de inyección	90
Figura 70. Verificando que la inyectora se encuentre apagada	93
Figura 71. Verificación de capacidad de la máquina inyectora	93
Figura 72. Montaje del molde en la máquina inyectora	93
Figura 73. Ajuste del molde a la máquina inyectora	94
Figura 74. Encender la máquina de inyección	94
Figura 75. Verificar el sistema de refrigeración del molde	94
Figura 76. Centrar y ajustar el anillo centrador	95
Figura 77. Encender la máquina inyectora	95
Figura 78. Apertura máxima de la máquina de inyección	96
Figura 79. Inicio del proceso de inyección	96
Figura 80. Limpieza de cavidades	97
Figura 81. Desajustar la parte fija del molde de inyección	97
Figura 82. Retirar el molde de la inyectora	98
Figura 83. Mantenimiento de revisión y limpieza del molde de inyección	98

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Diámetro de los canales de alimentación	32
Cuadro 2. Consumo de agua de acuerdo a su peso	36
Cuadro 3. Criterios a tener en cuenta	42
Cuadro 4. Propiedades que debe tener los materiales metálicos para las piezas del molde	58

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Material polietileno de alta densidad GF4950	113
Anexo B. Ficha técnica de la máquina inyectora Meteor 205H designación 2050/1510	114
Anexo C. Materiales utilizados en cada pieza del molde	115
Anexo D. Catálogo de los expulsores	117
Anexo E. Elementos normalizados de HASCO	119
Anexo F. Tipos y dimensiones sugeridas para la construcción del molde	122

## RESUMEN

Para el desarrollo del proyecto, se analizó el estado actual de bebederos luego se parametrizaron las variables de la pieza; se realizó un estudio de alternativas de material, que cumpliera con los requisitos a que el producto estará sometido.

Luego se inició el diseño de fabricación del molde realizando un estudio de alternativas para la selección del sistema de refrigeración y la selección de materiales para cada elemento del molde.

Se diseñó cada uno del elemento que conforma el molde de inyección por medio del software Solid Edge.

Se simuló la pieza en Moldflow para ver la calidad y confiabilidad de inyección, y de esa forma saber si el diseño de la pieza es la correcta para la fabricación, por medio Nx se simuló la pieza para observar los esfuerzos sometidos sobre la pieza.

Se elaboraron detalladamente los manuales de ensamblaje, operación y de mantenimiento para el molde de inyección.

Se realizó una evaluación financiera para ver la rentabilidad del proyecto para la empresa, comparando las utilidades con y sin el proyecto.

**PALABRAS CLAVES:** Proyecto, bebederos, diseño, molde de inyección, cavidades, fabricación, manuales, simulación.



## INTRODUCCION

La empresa SILVERAGRO S.A esta *innovando* con la fabricación de sus propios productos, para aumentar el reconocimiento de la empresa en el mercado satisfaciendo a sus clientes con productos de alta calidad y diseños novedosos a un precio que pueda competir en el mercado.

Actualmente en el mercado los bebederos de perros es un producto que tiene una gran demanda en el mercado, los cuales se encuentran en dos tipos de materiales, que son metálicos y de plástico, la empresa para satisfacer la demanda de sus clientes, quiere enfocarse en la producción de bebederos de perros en plástico ya que el costo de fabricación es menor y es más solicitado que los metálicos.

El proyecto tiene un *alcance* con unos parámetros de diseño tanto para la pieza a inyectar como para el molde de inyección, tiene como requisito diseñar un bebedero para perros de razas grandes, teniendo en cuenta las dimensiones y características de los perros de razas grandes, también se busca tener mayor disponibilidad de agua durante el día.

Para que el proyecto tenga mayor confiabilidad se utilizaran diferentes softwares, en los esfuerzos de la pieza se utilizara Nx y en el proceso de inyección se utilizara Autodesk Moldflow. Para comparar con los cálculos obtenidos teóricamente con los cálculos de simulación.

Se establece como *objetivo* general “Diseñar un molde de un bebedero para perros de razas grandes” y a continuación se describen los *objetivos* específicos.

- Evaluar el estado actual de los tipos bebederos para perros de razas grandes
- Seleccionar el material, para el bebedero
- Evaluación de alternativas del sistema de refrigeración del molde
- Seleccionar el material para la fabricación del molde
- Elaborar el diseño detallado del molde
- Elaborar una simulación del fluido dentro del molde (Sim fluid)
- Elaborar los planos de fabricación, ensamble y montaje del molde
- Elaborar los manuales de operación y mantenimiento
- Elaborar evaluación de costo del proyecto

Al realizar estos objetivos y siguiendo la metodología del diseño de molde del libro Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos, de Gianni Bodini y Franco Cacchi Pessani, se obtendrá el diseño del molde de inyección finalizado.

El alcance del proyecto consiste en el diseño de la pieza de un bebedero de perros de razas grandes y el diseño del molde de inyección con simulación y elaboración de planos. No se realizara la fabricación del molde de inyección, la cual depende de la decisión de la empresa.

## 1. GENERALIDADES

1.1 LA EMPRESA: Silveragro S.A.S es una empresa de origen familiar fundada por Silverio Porras quien en compañía de sus hijos continúa de manera independiente hace 34 años la labor que había desarrollado como empleado durante más de 20 años.

Con su experiencia y el apoyo de sus hijos inicia la comercialización de medicamentos en la sabana de Bogotá, Tolima y Boyacá que más tarde se ampliaría a los llanos orientales, atendiendo los almacenes agropecuarios de esta zona. 7 años después de estar haciendo venta externa abre el primer punto de venta en la calle 145 para atender al gremio de ganaderos directamente en la sabana de Bogotá y hace 15 años abre su primera tienda de Mascotas que hoy completan 4, ubicadas en la calle 105, la calle 145, Centro Chía y la reciente tienda especializada SilverGATOS.

1.1.1 Misión: Silveragro trabaja para ser reconocido en los próximos 5 años como el comercializador de consumos agropecuarios y medicamentos veterinarios más competitivo en el centro del país, fundamentando el cumplimiento del objeto social en una logística efectiva y eficiente que marque una diferencia evidente y apreciable para nuestros clientes de manera que seamos su proveedor de preferencia por la rapidez de respuesta y la diversidad de portafolio. Así mismo, Orienta su estrategia exclusivamente para las mascotas y sus amos que encuentran en nuestras tiendas especializadas satisfacción para las necesidades de sus animales de compañía tanto en lo estético Como en sus necesidades de atención y cuidado de la salud de estos.

1.1.2 Visión: Silveragro realizará su operación comercial en completo apego al marco jurídico y regulatorio para las empresas colombianas, en cuidadoso cumplimiento de su obligaciones fiscales y tributarias con compromiso real y constante de consolidar su capital a través del cumplimiento juicioso de todas las normas establecidas para la práctica comercial de una empresa colombiana. Enmarca su actuar en una política de valores relacionados con la ética como premisa de todos sus compromisos y negocios y en conciencia de su responsabilidad social adquirido con sus trabajadores, con sus proveedores Como aliados estratégicos, con el estado y sus organismos de control velando por la protección del medio ambiente en todos sus procesos y operaciones con esfuerzos sumados para ayudar a nuestros clientes al cumplimiento de sus objetivos corporativos.

1.1.3 Productos de calidad para los clientes: Silveragro es una empresa que está comprometida con productos de calidad como con las comidas para mascotas, medicamentos y accesorios para mascotas, Silveragro está desarrollando nuevos

proyectos como la fabricación de sus propios productos como juguetes para mascotas, bebederos y comederos de mascotas y etc.

En esta oportunidad Silveragro S.A quiere innovar con la fabricación de su propio bebedero para perros de razas grandes, este bebedero debe tener un diseño agradable para sus clientes, un bajo precio y que sea seguro para las para las mascotas que lo utilizarán.

Para la fabricación del bebedero para perros de razas grandes es necesario, diseñar y fabricar un molde donde se inyectara el material para obtener la pieza en este caso el bebedero para perros de razas grandes.

1.1.3.1 Bebedero: Un bebedero es un recipiente que contiene líquidos para hidratar a nuestros animales domésticos y que debe estar siempre lleno de agua potable para evitar deshidratación en nuestras mascotas.

Existen diferentes tipos de bebederos para perros en función de su volumen, tamaño, material de fabricación o tamaño del perro, dependiendo de estas características, se encuentran en el mercado los bebederos convencionales que son parecidos a un tazón, estos necesitan de alguna persona esté pendiente para volverlos a llenar de agua, el precio de bebederos convencionales es bajo ya que estos son simples.

Figura 1. Bebedero convencional



Fuente: Artículos para mascotas, Disponible < [www.artpubli.cl/mas\\_04.htm](http://www.artpubli.cl/mas_04.htm) >  
Consultado: 20/04/2017

También se encuentran los bebederos autoabastecibles o automáticos, su nombre se debe a que no necesita de ninguna persona para llenarse de nuevo, son adecuados para personas que pasan poco tiempo en su casa y no pueden estar pendientes de sus mascotas, la desventaja de estos bebederos es que tienen un precio elevado.

Figura. 2 Bebederos automáticos



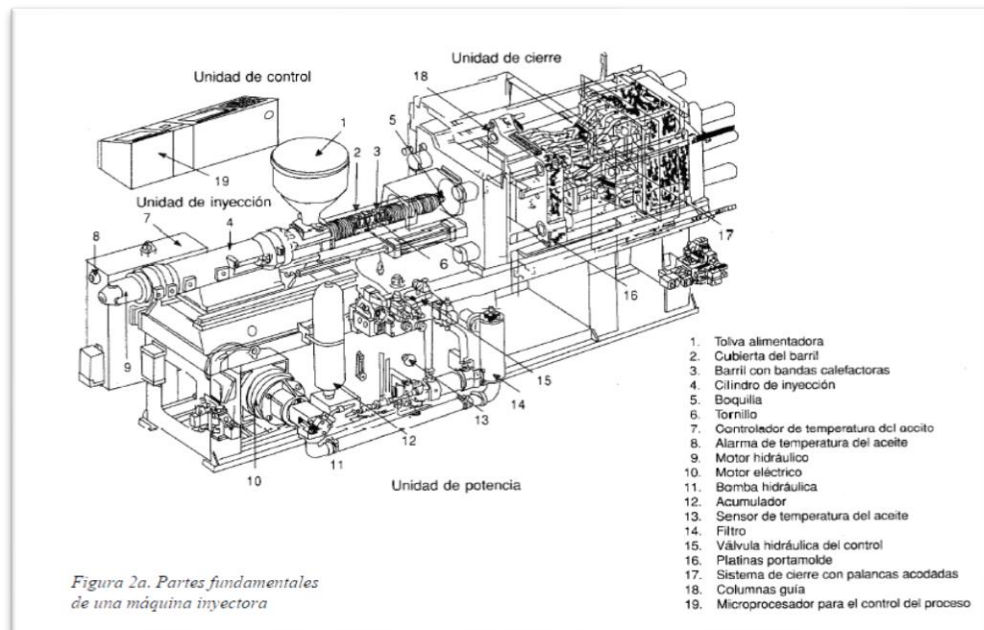
Fuente: Gitano, Disponible: <[www.gitano27.com/index.php/producto/bebedero-automatgico-tipo-1/](http://www.gitano27.com/index.php/producto/bebedero-automatgico-tipo-1/)>, Consultado: 20/04/2017

## 1.2 MÁQUINA DE INYECCIÓN

Este equipo es el encargado de calentar el material polimérico y transportarlos hasta el molde, donde se debe llenar una cavidad y de esta forma se obtiene la forma deseado del producto<sup>1</sup>.

Las máquinas de inyección de plástico se identifican por sus principales partes, como:

Figura 3 Partes de la máquina inyectora



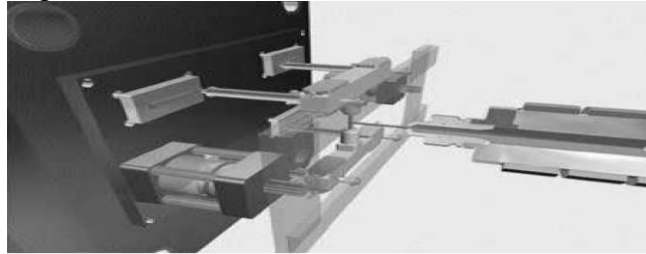
Fuente: MARTINEZ- CHAVANZ, Moldeo por inyección – 2006, Consultado: 30/04/2017

<sup>1</sup> SÁNCHEZ, Saúl. YAÑEZ, Isaura. y RODRÍGUEZ, Olivero. Moldeo por inyección de termoplásticos. México.: Limusa, 2005.

1.2.1 Componentes de una máquina de inyección: Las maquinas inyectoras tienen 4 unidades que cumplen una función determinada, a continuación se describirán cada una de ellas.

1.2.1.1 Unidad de cierre: Es el encargado del sellado y de la abertura del molde, trabaja como una prensa que contrarresta la fuerza que es producida por el material que va a ser inyectado, normalmente la unidad de medida es en toneladas (Ton)

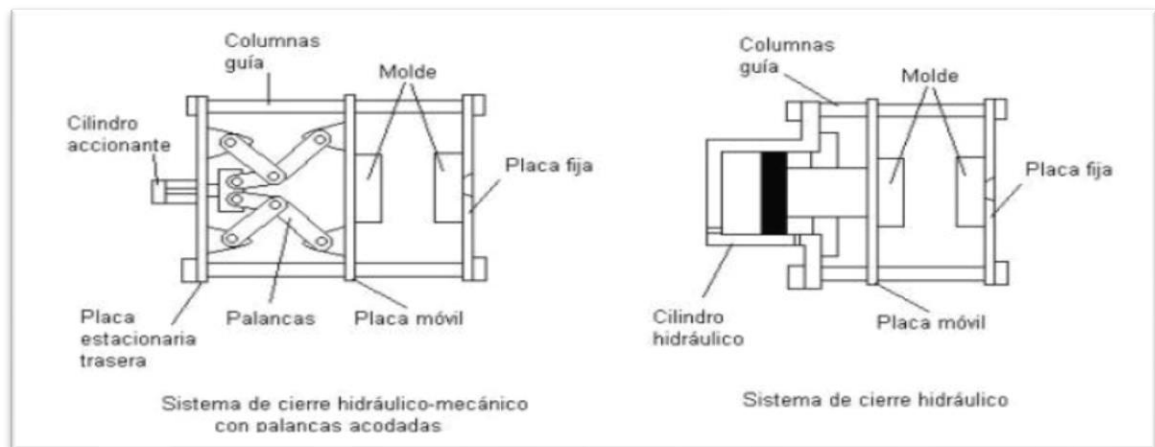
Figura 4. Unidad de cierre



Fuente: [www.plastunivers.com/Tecnica/Hemeroteca/ArticuloCompleto.asp?ID=13308](http://www.plastunivers.com/Tecnica/Hemeroteca/ArticuloCompleto.asp?ID=13308), Consultado: 30/04/2017

En la industria hay dos tipos de unidades de cierre: está el cierre hidráulico-mecánico con palancas acodadas y el cierre hidráulico.

Figura 5. Unidades de cierre de molde

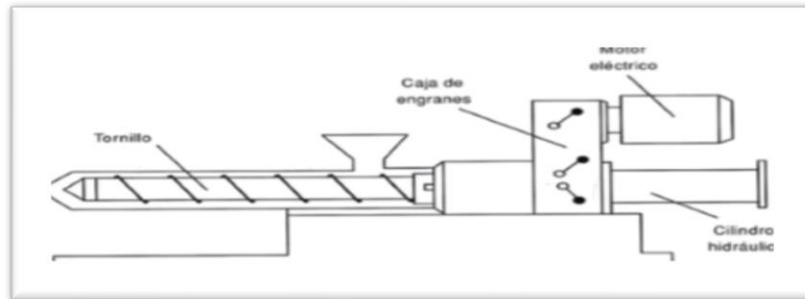


Fuente: Disponible <[www.descom.jmc.utfsm.cl/sgeywitz/sub-paginas/Moldes/INYECTORA.htm](http://www.descom.jmc.utfsm.cl/sgeywitz/sub-paginas/Moldes/INYECTORA.htm)> Consultado: 02/05/2017

1.2.1.2 Unidad de potencia: Es la unidad encargada de suministrar la fuerza motriz de la máquina ya que está el motor y bomba hidráulica del control, hay dos tipos de unidad de potencia, son la unidad de potencia eléctrica y sistema de potencia hidráulica.

- Potencia eléctrica: Estos motores se utilizan normalmente en máquinas de pequeña capacidad, su función es hacer girar el tornillo, y parte de cierre y apertura del molde; cada una de ellas tiene una transmisión de potencia por medio de un sistema de engranajes y de palancas, que está energizado por un motor eléctrico independiente, usualmente los motores eléctricos tienen inicios de arranques muy altos por lo cual hay que evitar que los diámetros de los tornillos sean muy pequeños ya que se pueden deformarse o fracturar.

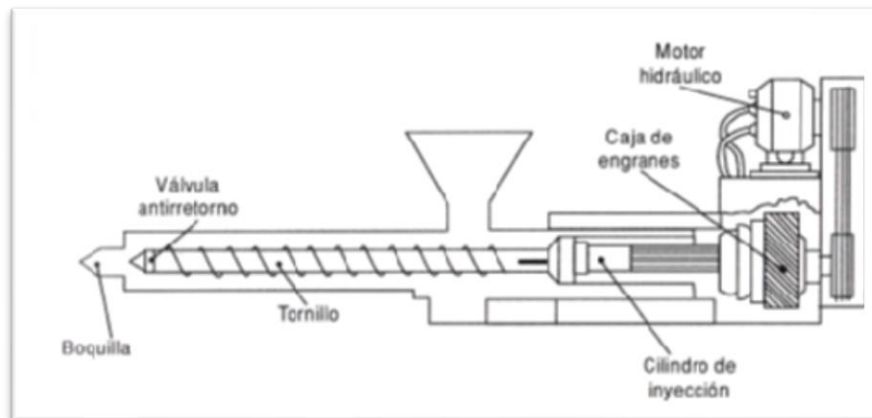
Figura 6 Diseño de sistema de potencia eléctrico



Fuente: SÁNCHEZ Saúl, YÁÑEZ Isaura y RODRÍGUEZ Olivero. Moldeo por Inyección de termoplásticos, Colsutado: 02/05/2017

- Potencia hidráulica: Los motores hidráulicos son los más utilizados, son aquellos que utilizan la potencia de un líquido por medio de una presión a una potencia mecánica, a diferencia de los de potencia eléctrica su sistema de transmisión de potencia es por medio de conductos de tuberías, encargados de llevar el fluido para realizar la inyección y la parte de apertura y cierre del molde. Un estándar de la presión que se utiliza en estilo de potencia esta entre  $70$  a  $140\text{Kg/Cm}^2$ .

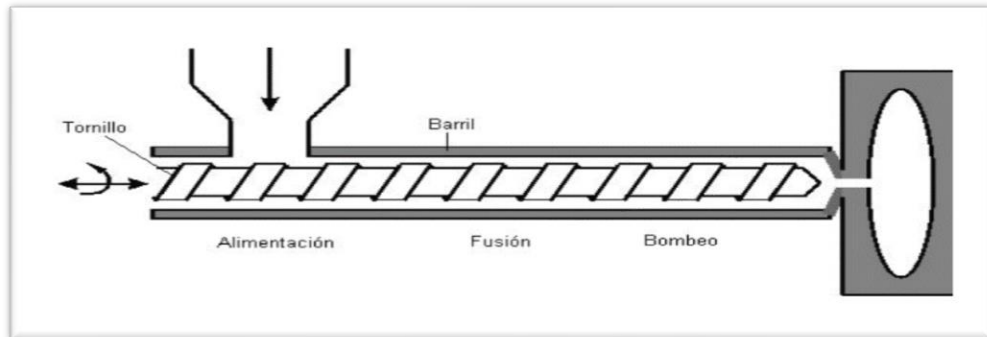
Figura 7 Diseño de un sistema de potencia hidráulico



Fuente: SÁNCHEZ Saúl, YÁÑEZ Isaura y RODRÍGUEZ Olivero. Moldeo por inyección de termoplásticos. Consultado: 03/05/2017

1.2.1.3 Unidad de inyección: Es donde se eleva la temperatura para fundir, mezclar e inyectar el material y así puede ser transportado al molde por medio del tornillo de la máquina inyectora de plástico

Figura 8 Unidad de inyección de plástico



Fuente: [www.descom.jmc.utfsm.cl/sgeywitz/sub-paginas/Moldes/INYECTORA.htm](http://www.descom.jmc.utfsm.cl/sgeywitz/sub-paginas/Moldes/INYECTORA.htm)  
Consultado: 10/05/2017

Como la conductividad térmica de los polímeros es mucho menos a los de los metales deben diseñarse capas muy delgadas, de esa forma se busca que la transferencia de calor sea más rápida y económica<sup>2</sup>.

1.2.1.4 Unidad de control: Es el encargado de evitar errores en el cada ciclo de inyección, esta unidad está dirigida por un controlador lógico programable (PLC) que permite programar la secuencia del ciclo de inyección. Además tiene controladores PID que son encargados de controlar la temperatura adecuada.

Como se puede observar la única unidad que está en contacto con el material es la unidad de inyección, ya que es la encargada de transportar el material al molde de forma adecuada.

### 1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE INYECCIÓN

El proceso de inyección tiene varias etapas que son la parte de la inyección del material, el tiempo y plastificación del material en el molde y por último es la etapa de desmolde que es cuando se retira la pieza del molde, este proceso se repite varias veces para una producción en serie.

1.3.1 Molde cerrado o vacío: El molde es cerrado completamente a una baja velocidad y presión hasta que las paredes hagan contacto, luego se eleva la presión

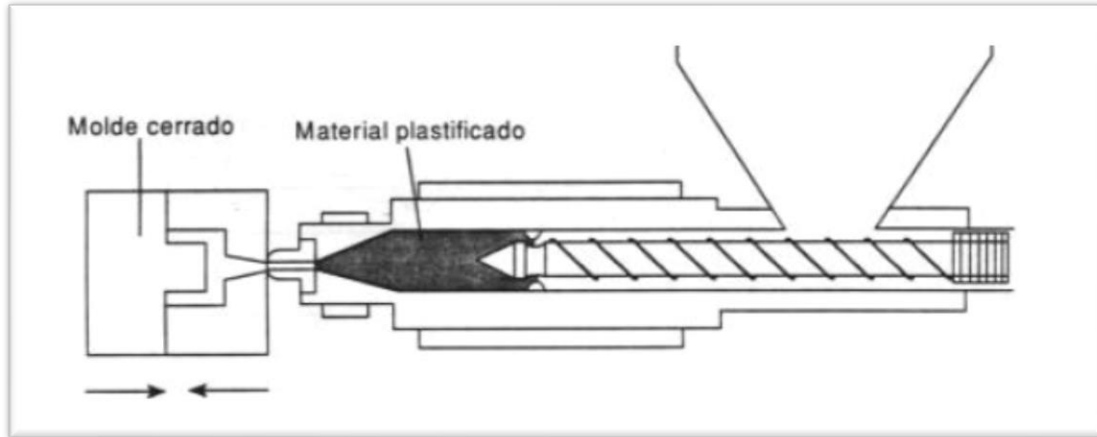
---

<sup>2</sup> Fuente: Universidad de San Carlos Guatemala, OPTIMIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA EN EL PROCESO DE MOLDEO POR INYECCIÓN DE POLIPROPILENO EN LA FABRICACIÓN DE TAPAS PARA MEJORAR LOS ÍNDICES DE CALIDAD, Letty Alejandra Castillo Reyna, mayo de 2007



hasta que se pueda llegar a la fuerza de cierre que va impedir la abertura cuando se inyecte el material.

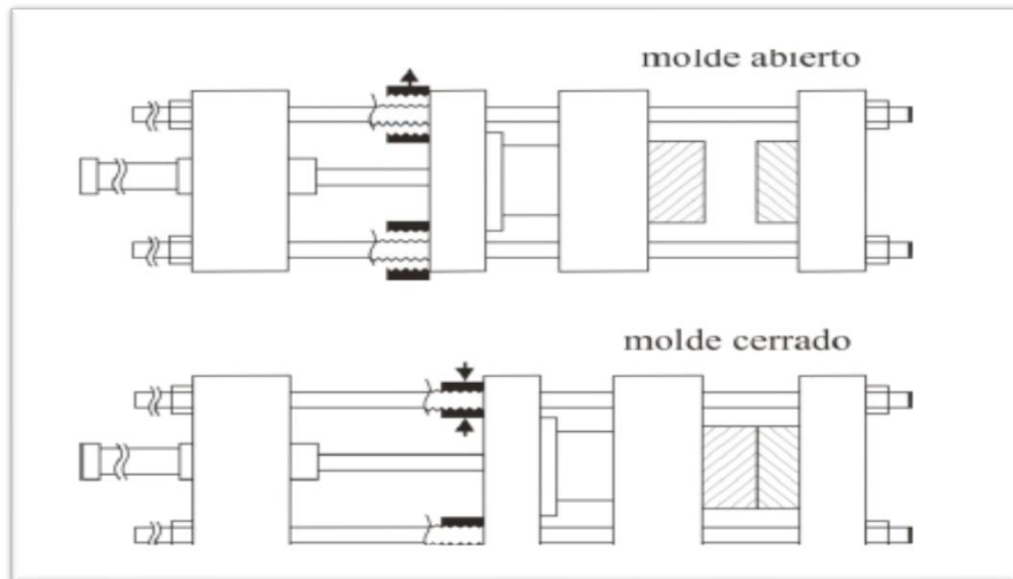
Figura 9 Molde cerrado



Fuente: SÁNCHEZ Saúl, YÁÑEZ Isaura y RODRÍGUEZ Olivero. Moldeo por inyección de termoplásticos.  
Consultado: 10/05/2017

Como se puede apreciar en la Figura se observa cómo es la apertura y el cierre de un molde

Figura 10 Apertura y cierre de un molde



Fuente: BELTRÁN M. and MARCILLA A- Tecnología de polímeros  
Consultado: 11/05/2017

1.3.2 Inyección de material: Se inyecta el material, es transportado y forzado a pasar a través de la boquilla de la máquina hasta la cavidad del molde a una velocidad y presión determinada por el tornillo que usado como pistón.

1.3.2.1 Tiempo de inyección ( $t_i$ ): El tiempo utilizado para llenar una cavidad del molde del material polimérico, suele representar entre 5% y 25% del ciclo total

El tiempo inyección se representa el peso (gr) sobre la capacidad de inyección (gr/s)

$$T_i = \frac{\text{Peso (gr)}}{\text{Capacidad}(\frac{\text{gr}}{\text{s}})} = s$$

1.3.3 Cambio a presión de mantenimiento: O también llamada presión de compactación, la presión después de la inyección del material se mantiene para evitar la contracción que es causada durante el enfriamiento, luego inicia el proceso de plastificación y la contrapresión.

1.3.3.1 Tiempo de presión de mantenimiento ( $T_p$ ): Este tiempo se aplica hasta la solidificación del material, depende de variables del diseño como puede ser el diámetro y la longitud de los canales de alimentación del molde, el material que se va a usar y la geometría de la pieza

Este tiempo de mantenimiento se realiza con comparaciones con piezas similares o por el tiempo de solidificación.

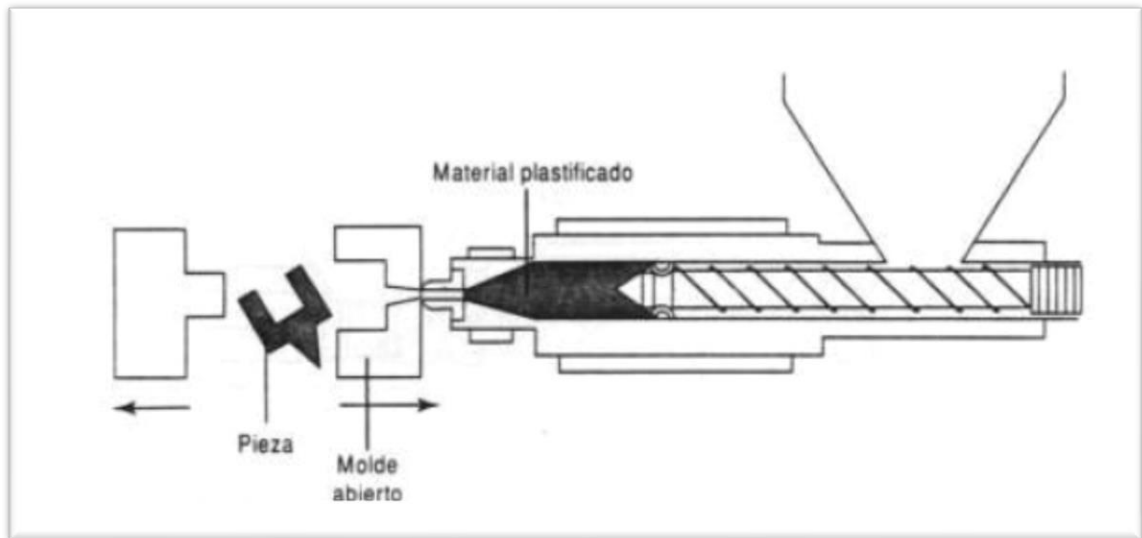
1.3.4 Enfriamiento: Se mantiene la pieza en el molde disminuyendo la temperatura, hasta la apertura

1.3.4.1 Tiempo de plastificación: Es el tiempo necesario para que el material se plastifique. Puede calcularse entre el peso (gr) sobre la capacidad de plastificación (gr/h)

1.3.5 Apertura del molde: Se extrae la pieza, se vuelve a cerrar el molde y se repite el ciclo mencionado

1.3.5.1 Tiempo de solidificación: Este es el tiempo más extenso ya que puede tardar entre el 50% al 85% de todo el ciclo de inyección.

Figura 11 Desmoldeo de la pieza



Fuente: SÁNCHEZ Saúl, YÁÑEZ Isaura y RODRÍGUEZ Olivero. Moldeo por inyección de termoplásticos.  
Consultado: 15/05/2017

En una empresa de moldes la producción y rentabilidad depende del tiempo utilizado en el ciclo de inyección, ya que es el tiempo que se tarda en el proceso de inyección que va desde el cierre del molde hasta la abertura del molde, entre más rápido se haga este proceso más piezas se pueden moldear mejor va hacer la rentabilidad y producción de la empresa

#### 1.4 MOLDE

Es un elemento que consta de dos piezas o placas que la componen, que hace la función de una prensa donde se le inyecta un material polimérico y así dándole una forma deseada, un molde tiene dos piezas una debe ir fija y la otra es movable para de esa forma poder sacar la pieza moldeada, las partes de los moldes son la misma para todos.

La mayoría de los moldes están hechos en materiales metálicos ya que soportan altas temperaturas, la mayoría son de acero, aluminio y aleaciones de cobre. En la fabricación de moldes hay parámetros que pueden ayudar a mejorar sus propiedades y calidad en las piezas moldeadas.

- Las piezas que están moldeadas por inyección necesitan un ángulo que ayuden a facilitar la extracción de la pieza.
- Ajuste en el espesor de las paredes

- Mecanismos de expulsión de bebedero
- Interpretar correctamente la geometría de la pieza
- Conocer las propiedades mecánicas del material a inyectar

1.4.1 Clasificación de moldes de inyección: Según la norma DIN E 16750 que habla de moldes de inyección para materiales plásticos se clasifican en varios tipos de moldes<sup>3</sup>, que son:

1.4.1.1 Molde estándar (de dos placas): Molde de dos placas, como su nombre lo dice este molde contiene dos placas que está compuesta por un macho que es el encargado de darle forma a la pieza y la otra parte es llamado hembra, este molde es indicado para moldes de una sola cavidad también es el más utilizado en la industria de moldes por su costo bajo con respecto a los demás tipos de moldes, es fácil de fabricar y su tiempo de ciclo es más corto.<sup>4</sup>

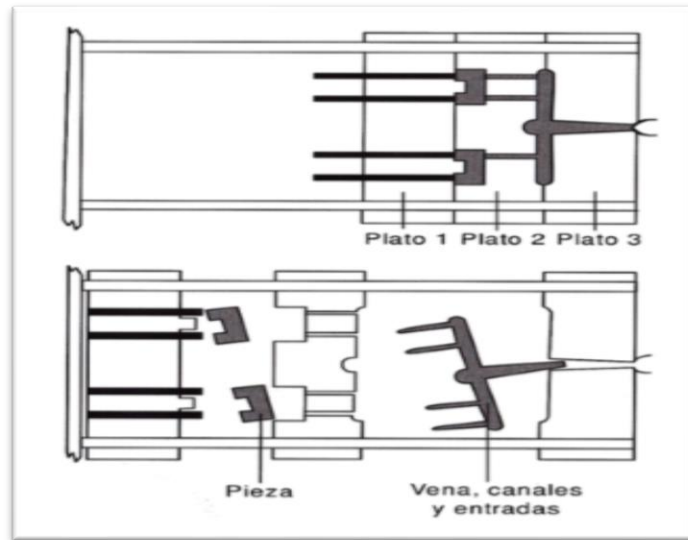
1.4.1.2 Molde con canales de colada caliente: Este tipo de molde los bebederos y los canales de la colada hacen parte del molde, pero no de la pieza a moldear, los moldes con canales de colada caliente son económicos, durante cada ciclo se extrae la pieza, pero el material fundido que no fue inyectado queda en los canales de colada y en el próximo ciclo se inyecta el material en la cavidad, una de las desventajas más grandes de los moldes con canales de colada caliente es que en muchas zonas donde el material puede quedar atrapado, y esto produce problemas durante en los cambios de color o en el material debido a la gran dificultad de eliminar todo el material anterior.

1.4.1.3 Molde de tres placas: Estos moldes son muy utilizados cuando se quiere tener un sistema de canales de alimentación en un plano diferente que el de unión del molde, normalmente siempre se ve esta clase molde cuando se tienen muchas cavidades.

---

<sup>3</sup> Moldes de inyección para plásticos- Hans Gastrow - 100 casos prácticos 4a edición alemana completa corregida y ampliada editada por el Dipl.-Ing. Edmund Linder y el Dr.-Ing. Peter Unger 2a edición española

Figura 12 Molde de 3 placas abierto y cerrado

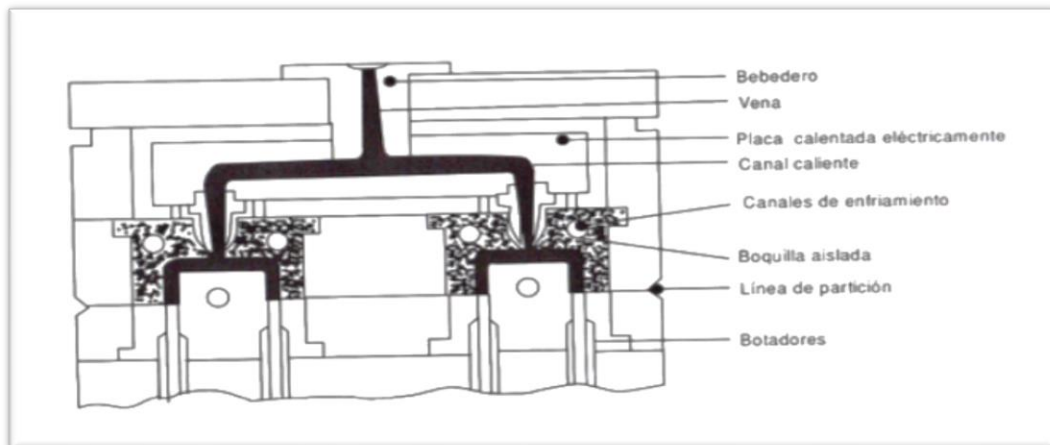


Fuente. SÁNCHEZ Saúl, YÁÑEZ Isaura y RODRÍGUEZ Olivero.  
Moldeo por inyección de termoplásticos.  
Consultado: 20/05/2017

1.4.1.4 Molde de pisos (Molde sándwich): Se montan 2 moldes en serie, en el sentido de cierre. La condición para estos moldes es que se hagan una gran cantidad de piezas fáciles de forma plana. Una de sus ventajas mayores es su bajo costo de producción

1.4.1.5 Molde de canal caliente: Este molde no es viablemente ya que es muy costoso fabricar por su diseño complicado ya que los bebederos y los canales de alimentación hace parte del molde, y el material puede quedar atrapado y causa cambio de colores en la pieza.

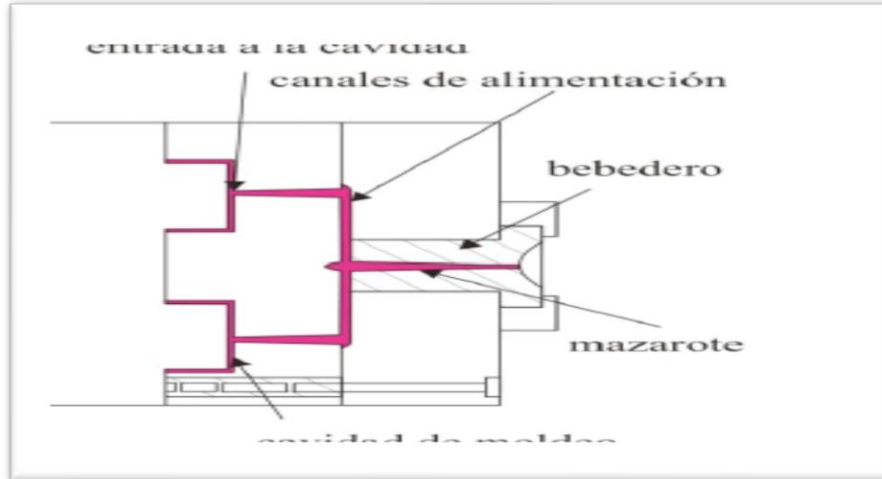
Figura 13 Molde de canales calientes



Fuente: SÁNCHEZ Saúl, YÁÑEZ Isaura y RODRÍGUEZ Olivero. Moldeo por inyección de termoplásticos  
Consultado: 25/05/2017

1.4.2 Parte del sistema de alimentación del molde: Un molde está compuesto por varios elementos que son el bebedero, canales de alimentación y cavidades.

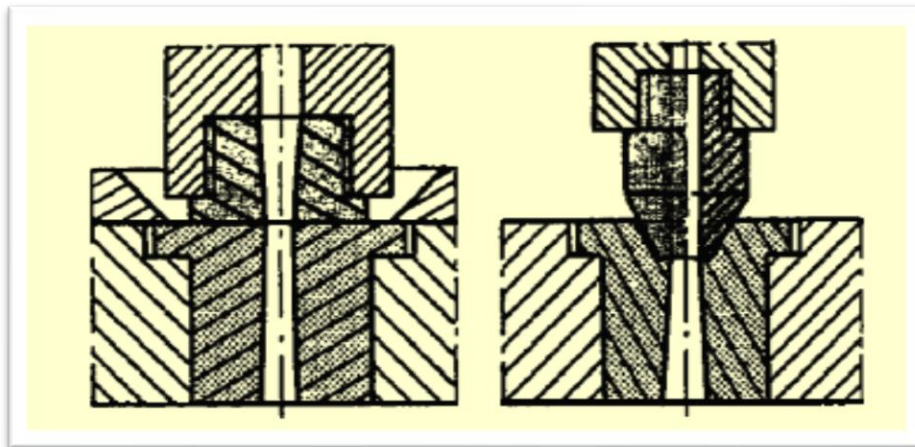
Figura 14 Corte transversal de un molde y sus partes



Fuente: BELTRÁN M. and MARCILLA A -Tecnología de polímeros.  
Consultado: 26/05/2017

1.4.2.1 Bebedero: Es la pieza de conexión entre el molde y la boquilla de inyección de la máquina, que transporta al interior del molde el material polimérico hasta donde esta los canales de alimentación, hay dos formas de unión entre el bebedero y la boquilla, que son:

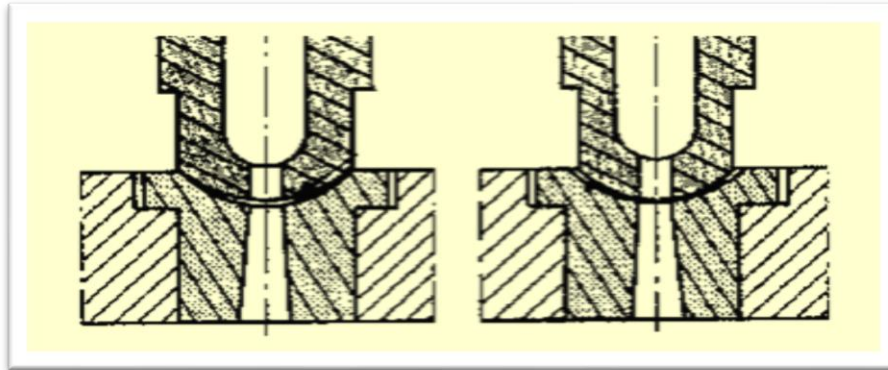
Figura 15 Bebederos de unión plana y conocida



Fuente: MARQUEZ SEVILLANO Juan de juanes, Sistemas de alimentación de moldes  
[wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/f/f6/04Alimentacion08.pdf](http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/f/f6/04Alimentacion08.pdf)  
Consultado: 27/05/2017

También se encuentran en los sistemas de alimentación los bebederos de unión esférica.

Figura 16 Bebedero de unión esférica



Fuente: MARQUEZ SEVILLANO Juan de juanes , Sistemas de alimentación de moldes  
www.wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/f/f6/04Alimentacion08.pdf  
Consultado: 26/05/2017

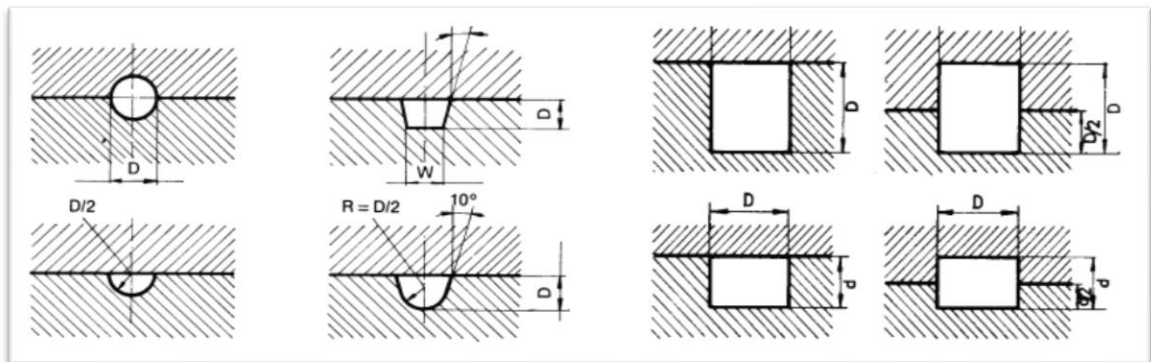
1.4.2.2 Mazarota: Es el material fundido que se ubica estratégicamente en sitios críticos del molde

1.4.2.3 Canal de alimentación: Su función es transportar el material polimérico fundido de los bebederos a las cavidades correctamente, disminuyendo el ciclo de inyección, pero con mínimos desperdicio y uno buen impacto visual superficial, si la longitud es corta ayuda a disminuir la temperatura en menor tiempo. Hay 2 tipos de canales de alimentación que son:

- Canales fríos
- Canales calientes

Los canales de alimentación pueden tener muchas formas diferentes, eso depende del diseñar y la necesidad.

Figura 17 Formas de canales de alimentación

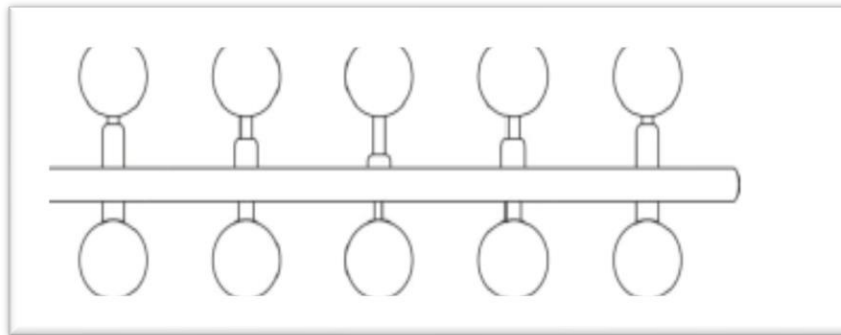


Fuente: www.wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/f/f6/04Alimentacion08.pdf  
Consultado: 28/05/2017

- Circular: Ayuda en la disminución el enfriamiento, pero su mecanizado es muy difícil y costosos
- Parabólico: Es lo más cercano a la forma de canales de alimentación circular, pero este tiene pérdidas de calor, pero su maquinado es más económico
- Trapezoidal: Este puede sustituir al parabólico ya que son muy similares, pero este puede ocasionar almacenamiento de material que no es aconsejable.

Lo más aconsejable es poner las cavidades entre sí lo más cerca posibles y los canales más cortos, para disminuir el tiempo de enfriamiento, en la siguiente figura se puede observar un ejemplo.

Figura. 18 Canales de alimentación de flujo compensado



Fuente: BELTRÁN M and MARCILLA A -Tecnología de polímeros.  
Consultado: 30/05/2017

Para cada diámetro se recomienda una longitud, a continuación en el cuadro 1 se presenta la relación entre la longitud y el diámetro.

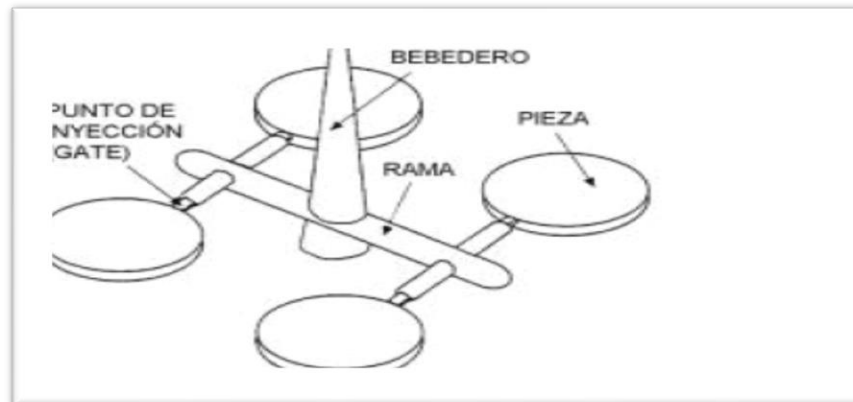
Cuadro 1 Diámetro de los canales de alimentación

Canal principal	
Longitud	Diámetro
Menos de 75	6
75 – 250	8
Más de 250	10
Canal secundario	
Menos de 75	6

1.4.2.4 Cavidades: Es un espacio hueco donde se inyecta el material fundido para darle forma.



Figura. 19 Partes y distribución del material de un molde



Fuente: Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y Caucho  
ICIPC. Diseño de moldes  
Consultado: 02/06/2017

## 1.5 POLIMEROS

“Son materiales orgánicos (contienen carbono), constituidos por macromoléculas producidos por transformación de sustancias naturales o por síntesis de productos extraídos del petróleo, del gas natural u otras materias minerales, el petróleo es la materia prima para la obtención del plástico ya que en este se encuentran los diferentes monómeros que original los polímeros que existen en este momento.”<sup>5</sup>

Los polímeros tienen una estructura muy resistente, estos permiten tener diferentes procesos como moldearse, estirado, prensado, cilindrado, etc. Por medio de presión y temperaturas altas.

Según La American Society for Testing Materials (ASTM) define como plástico a cualquier material de un extenso y variado grupo que contiene como elemento esencial una sustancia orgánica de gran peso molecular, siendo sólida en su estado final.

1.5.1 Clasificación de los polímeros: La clasificación de los polímeros dependiendo de su estructura molecular, estos se dividen en tres.

1.5.1.1 Polímeros termoplásticos: Estos polímeros al calentarse a una temperatura alta se ablandan y dejan manipularse para darles forma, y al enfriarse vuelven a tomar la dureza inicial pero con la forma dada, este proceso se puede repetir hasta que se acabe la vida útil del polímero perdiendo las propiedades, alguno de los polímeros termoestables son:

---

<sup>5</sup>[www.educa.madrid.org/web/ies.josesaramago.arganda/Departamento/web\\_tecnologia/ficheros/tec\\_industrial/t11\\_plasticos.pdf](http://www.educa.madrid.org/web/ies.josesaramago.arganda/Departamento/web_tecnologia/ficheros/tec_industrial/t11_plasticos.pdf)

Polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC), poliestireno (PS) y polietileno tereftalato (PET).

1.5.1.2 Polímeros termoestables: Estos polímeros solo se pueden moldear y endurecer una vez, debido a que tienen una reacción química irreversible, por lo tanto las moléculas quedan endurecidas permanentemente hasta la destrucción del producto, si se vuelve a calentar el material sufre un proceso de degradación y no se podrá reutilizar, algunos de los polímeros termoestables son:

Fenoles (PF), Aminas (MF), Resinas de poliéster (UP) y Resinas epoxi (EP)

1.5.1.3 Polímeros elastómeros: Estos polímeros forman una red de pocos enlaces de meros, que les hace deformarse y ser elásticos, estos no soportan temperaturas medias ya que se degradan, algunos de estos polímeros son:

Caucho, neopreno, poliuretano y silicona

## 2. PÁRAMETROS DE DISEÑO

Este proyecto busca orientarse en el diseño del dispositivo para los perros de razas grandes, debido a la cantidad de razas y tamaños de perros que se pueden encontrar en el mundo, teniendo en cuenta la necesidad de hidratarse y de esa forma suministrarle la cantidad apropiada de agua diariamente.

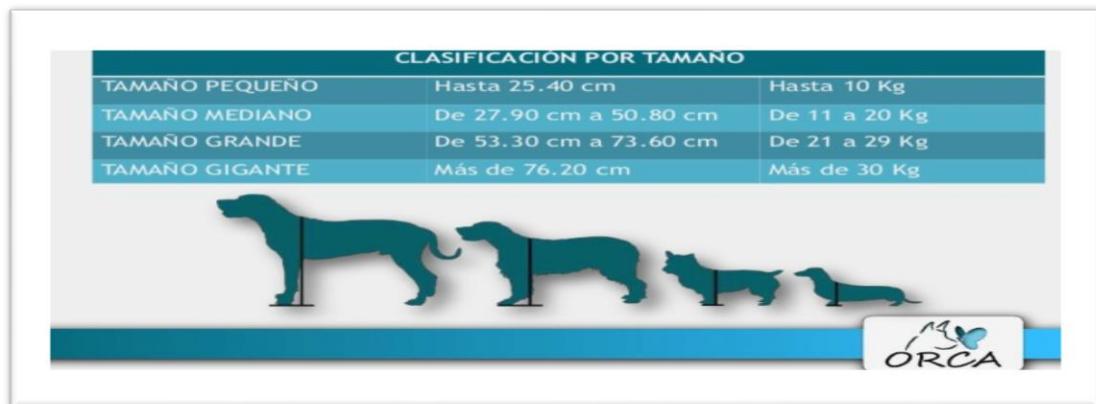
### 2.1 REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE

2.1.1 Perros de razas grandes: La identificación de un perro de tamaño grande está directamente proporcional al tamaño del perro y a su peso, dependiendo de la raza del canino. Algunos de los perros de razas grandes más reconocidos son:

- Golden Retriever 56 - 61 cm
- Labrador 56 - 61 cm
- Pastor Alemán 61 - 66 cm
- American pitbull terrier 38 - 48 cm
- Rottweiler 61 - 69 cm

Los anteriores, son los perros de razas de mayor preferencia para la población Colombiana amante de mascotas. Con las características de estas razas se elaborara el diseño del bebedero para perros de razas grandes.

Figura 20 Clasificación por tamaño



Fuente: SUÁREZ PEREZ Isabel, Disponible <[www.es.slideshare.net/isuarezperez1/perros-53080531](http://www.es.slideshare.net/isuarezperez1/perros-53080531) > 22 de sept. de 2011, consultado: 20/06/2017

2.1.2 Forma de medición del hocico del perro: “Medir la mitad de la circunferencia entre la punta de la nariz y los ojos, debajo de la barbilla y encima del hocico de su

perro. Toma ese número y añadir 2 pulgadas para perros grandes. Este número se convierte en el tamaño del hocico.

2.1.3 Consumo de agua para los perros: En el consumo de agua para los perros es estándar sin importar la raza o tamaño del animal. Según la página Eroski Consumer que se tiene como referencia que cada perro necesita consumir entre 50-70 miligramos de agua por cada kilogramo de su peso. Un perro que tenga un peso aproximado de 50 kg, debería beber un litro de agua aproximado, es decir 5 vasos diarios.

Cuadro 2 Consumo de agua de acuerdo a su peso

Peso en kilogramo	Vasos diarios
10	1,0
20	2,1
30	3,1
40	4,2
50	5,2
60	6,2
70	7,3
80	8,3
90	9,4
100	10,4

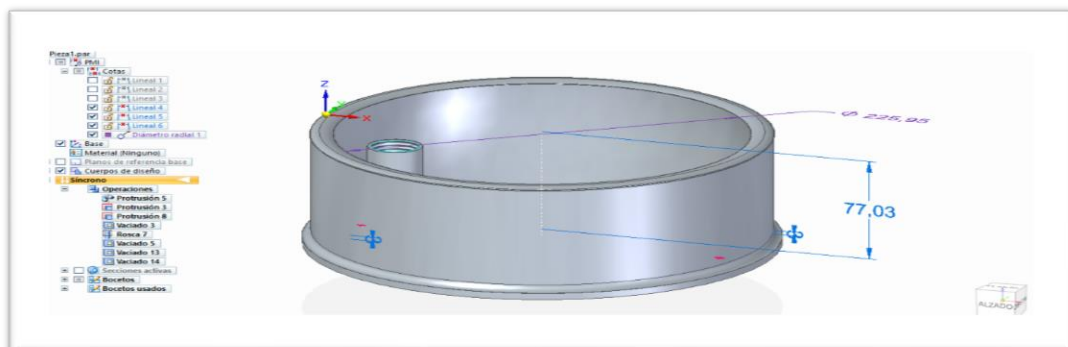
Fuente: Mundo perros, Publicado por Lurdes Sarmiento el 9 de Marzo de 2017 [www.mundoperros.es/cuanta-agua-necesita-tomar-perro-diariamente-segun-tamano/](http://www.mundoperros.es/cuanta-agua-necesita-tomar-perro-diariamente-segun-tamano/)

Estos datos también fueron comprobados y suministrados por los veterinarios de la empresa de Silveragro S.A.

## 2.2 MEDIDAS DE LOS BEBEDEROS PARA PERROS DE RAZAS GRANDES:

Estas medidas pueden cambiar de acuerdo a la forma de diseño, pero los más comunes que son de forma circular tienen unas medidas muy similares para perros de razas grandes que van de 18-23 cm de diámetro y 7-9 cm de altura, todo depende el diseñador y los accesorios que pueda tener el bebedero.

Figura. 21 Medidas y diseño de un bebedero para perros de razas grandes



2.2.1 Capacidad del bebedero para perros de razas grandes: La capacidad o volumen del bebedero, es un término que es dependiente del diámetro y de la altura.

$$A = \frac{\pi}{4} * D^2$$

$$V = A * h$$

2.2.2 Diseño de bebedero: En la actualidad en el mercado hay muchos diseños de bebederos, con geometrías y cada vez más accesorios como los últimos que son autoabastecibles.

2.2.2.1 Geometrías de bebederos: La geometría debe tener un aspecto o presentación agradable, ya es fundamental para el cliente a la hora de comprar el producto, además el diseño ayuda que el bebedero tenga más estabilidad cuando la mascota este bebiendo agua, a continuación se menciona los más conocidos:

- Bebedero de forma circular
- Bebedero ovalado
- Bebedero trapezoidal

2.2.2.2 Bebedores Autoabastecibles: Son suministradores de agua continuos que abastecen agua limpia y fresca a la mascota, son apropiados para personas que no permanecen en la casa y de esa forma estar pendiente de sus perros, A continuación se nombraran algunas de las ventajas de los bebedores autoabastecibles de agua:

- Disponibilidad de agua en el transcurso del día
- Anti salpicaduras
- Caída del líquido regulable.

Figura 22 Bebedero autoabastecibles



Fuente: Mascotaland tiendas de mascotas  
Disponible <[www.mascotaland.es/tolvas/311-tolva-bebedero-le-bistro.html](http://www.mascotaland.es/tolvas/311-tolva-bebedero-le-bistro.html)>  
Consulta: 20/06/2017

### 2.3 FORMA DE LAS BOTELLAS PLÁSTICAS

Para este proyecto la geométrica y capacidad de la botella es muy importantes, ya que el cuello de las botellas serán los encargados de darle estabilidad en la parte de alimentación de agua en el bebedero y una capacidad que no vaya a deformar la pieza.

2.3.1 Botellas plásticas: Son recipientes para almacenar líquidos de diferentes geometrías, tamaños y de diferentes materiales, los factores a tener en cuenta para el proyecto son la capacidad y la forma del cuello de la botella.

Al usar este diseño de bebedero se estaría ayudando al medio ambiente con la contaminación, reutilizando las botellas plásticas en un diferente uso para lo que fue fabricada y disminuyendo el costo ya que no se invertirá material para la fabricación de la botella.

2.3.2 Capacidad: La pieza deberá soportar el peso de la botella contenida de agua, es importante aclarar que se utilizaran botellas con capacidad entre 400 mililitros a 1 litro. Un litro de agua tiene un peso aproximado a 1 kg.

2.3.3. Cuello de las botellas: El cuello de la botella tiene un factor importante ya que la botella entrara a presión y entre más largo sea el cuello, mayor estabilidad le dará.

Figura 23 Botella plástica



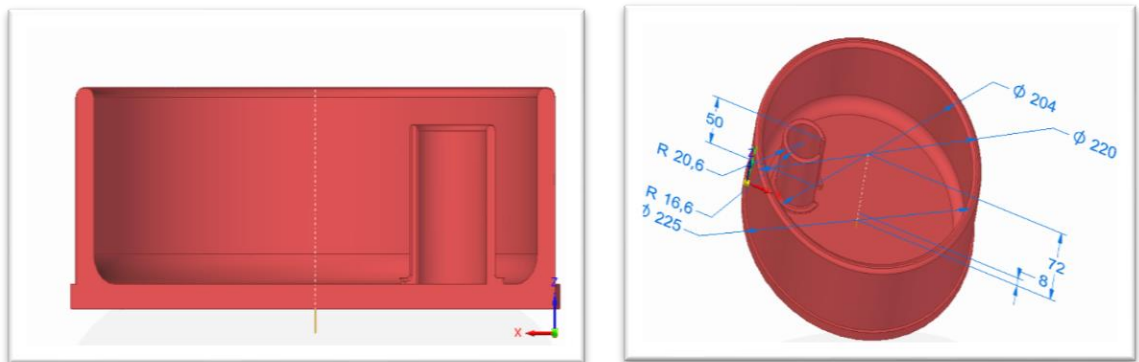
Fuente: Agua brisa <http://www.aguabrisa.com>  
Consultado: 28/06/2017

#### 2.4 PARÀMETROS GEOMÈTRICOS DE LA PIEZA A MOLDEAR:

El diseño del bebedero, partió de mirar las dimensiones de los bebederos para perros de razas grandes que más se comercializan, se innovo con el diseño para que sea autoabastecibles y la estética del bebedero, a continuación se presentara la forma y dimensiones del bebedero.

Como se puede observar la pieza es totalmente solidad para brindar mayor estabilidad y una mayor resistencia a los golpes.

Figura 24 Dimensiones del bebedero



Para determinar el volumen total de la pieza hay que determinar tres volúmenes que son; el volumen de las paredes exteriores, el volumen de tubo de alimentación y la superficie interior del bebedero.

Volumen del bebedero paredes exteriores

$$A = \pi * r^2$$

Donde:

A = Área de la pieza

r = Radio de la pieza

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} (\theta_{Ext}^2 - \theta_{Int}^2)$$

Ø Ext = Diámetro exterior de la pieza

Ø Int = Diámetro interior de la pieza

$$A_1 = \frac{\pi}{4} (22^2 cm - 20.4^2 cm) = 53.2814_{cm^2}$$

$$V = A * h$$

Donde:

h= Altura de la pieza

V= Volumen de la pieza

$$V_1 = 53.2814_{cm^2} * 7.2_{cm} = 383.6261_{cm^3}$$

Volumen del tubo de alimentación

$$A_2 = \frac{\pi}{4} (4,12^2 cm - 3,32^2 cm) = 4.6747_{cm^2}$$

$$V_2 = 4.6747_{cm^2} * 5.2_{cm} = 24.3084_{cm^3}$$

Volumen de la superficie inferior

$$A = \pi * r^2$$

$$A_3 = \pi * 11.25^2 cm = 397.6078_{cm^2}$$

$$V_3 = 397.6078_{cm^2} * 0.8_{cm} = 318.08624_{cm^3}$$

$$Area_{Total} = 53.2814_{cm^2} + 4.6747_{cm^2} + 397.6078_{cm^2}$$



$$Area_{Total} = 455.5639_{cm^2}$$

2.4.1 Volumen total de la pieza: Es el espacio que ocupa el material de polietileno de alta densidad en la pieza, este dato es importante para la selección de la maquina inyectora de plástico y saber cuántas cavidades se pueden inyectar.

$$Volumen_{Total\ de\ la\ pieza} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$Volumen_{Total\ de\ la\ pieza} = 383.6261_{cm^3} + 24.3084_{cm^3} + 318.08624_{cm^3}$$

$$Volumen_{Total\ de\ la\ pieza} = 726.0207_{cm^3}$$

### 3. DISEÑO DE MOLDE

Para facilitar la selección del diseño, se ha considerado, desagregar los diferentes elementos o subsistemas que integran o intervienen en el proceso de inyección de plástico.

En el diseño de moldes de inyección y la selección de alternativas para las herramientas de fabricación de estos es necesario seguir una metodología establecida por el libro de Moldes y Maquinas de inyección para la transformación de plásticos de Gianni Bodini y Franco Cacchi Pessani<sup>6</sup>.

Para el desarrollo de los cálculos en el molde de inyección se utilizara el libro Moldes para inyección de plásticos de José Moreno<sup>7</sup>.

#### 3.1 SELECCIÓN DE MATERIALES PARA LA PIEZA

La selección de materiales para piezas es una parte fundamental en el desarrollo de este proyecto, ya que, al conocer perfectamente sus propiedades mecánicas como químicas, ayudará en la selección adecuada. A continuación, se presentarán unas alternativas de materiales, para la fabricación de la pieza.

En la selección del material se tendrán en cuenta ciertas propiedades y características, que a continuación mencionaremos.

Cuadro 3 Criterios a tener en cuenta

Criterios a tener en cuenta en el material
Costos
Disponibilidad comercial
Índice de fluidez (g/10min)
Densidad (g/Cm <sup>3</sup> )
Toxicidad
Resistencia a la tensión (MPa)
Módulo de Young (MPa)

3.1.1 Alternativa 1: La primera alternativa es el PMMA o también conocido como polimetilmetacrilato, ya que es un material muy utilizado para recipientes y en la industria de medicinas sus propiedades lo hacen ser duradero y muy resistente al impacto.

<sup>6</sup> BODINI, Gianni. CACCHI PESANI, Franco. Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos. Tomo II. México. Negri Bossi. 1992

<sup>7</sup> MORENO, José. Proceso de moldeo por inyección de plástico. Colombia:. Universidad nacional, 1997.

Tabla 1 Propiedades físicas y mecánicas de polimetilmetacrilato (PMMA)

Propiedades	Unidades	Valor
Densidad	$g/cm^3$	1.2
Punto de Función	°C	90
Modulo elástico	MPa	2900

Fuentes: Electrocome, plasticos y metales tecnicos . Ficha tecnica (PMMA)

Tabla 2 Propiedades químicas de polimetilmetacrilato (PMMA)

Propiedades químicas	Observaciones
Rayos solares	Muy poco lo afecta
Aprobado para contactos para alimento	Si
Comportamiento a la combustión	Arde con dificultad
Costo (kg)	6.640 COP
Facilidad de moldear	Bien

Fuente: EMAC, el troque final Ficha tecnica PMMA

El PMMA es de los plasticos mas utilizados para recipientes, que pueden se para alimentos o medicinas, este polímero no es toxico, tiene una apariencia transparente.

La disponibilidad de este materias es buena ya que en varios sitios en bogota se puede conseguir el material, uno de los distribuidores más grandes es Quimicosplasticos, el costo del PMMA en pellets es de \$166,000 COP el bulto de 25kg, 1 kilogramo costira aproximadamente a \$6.640 COP.

3.1.2 Alternativa 2: La segunda alternativa es HDPE que es el polietileno de alta densidad, es un plástico es que utiliza para envases de alimentos desechables, tuberías y todo tipo de objetos domésticos.

Tabla 3 Propiedades físicas y mecánicas de Polietileno de alta densidad

Propiedades	Unidades	Valor
Densidad	$g/cm^3$	0.958
Punto de Función	°C	130
Modulo elástico	MPa	2000
Dureza	Shore-D	65

Fuente: Guineplast,ST. Disponible <[www.guineplast.com/productos/caracteristicas.htm](http://www.guineplast.com/productos/caracteristicas.htm)>

Tabla 4 Propiedades químicas de Polietileno de alta densidad

Propiedades químicas	Observaciones
Rayos solares	Muy poco lo afecta
Aprobado para contactos para alimento	SI
Comportamiento a la combustión	Arde con dificultad
Costo (kg)	5,600 COP
Facilidad de moldear	Bien

Fuente: Guineplast,ST. Disponible <[www.guineplast.com/productos/caracteristicas.htm](http://www.guineplast.com/productos/caracteristicas.htm)>

La alternativa 2 es viable para utilizarse en este proyecto, por su facilidad de moldear y con el tiempo al desprenderse partículas de la pieza no serán tóxicas si tienen algún contacto de alimentos.

El Polietileno de alta densidad es un material que se encuentra mucho en el mercado en Bogotá D.C y uno de los proveedores más conocidos en la industria es Quimicoplastico, el valor del polietileno de alta densidad en el mercado se consigue a \$140,000 COP el bulto en pellets de 25kg, 1kg costaría aproximadamente 5,600COP

3.1.3 Alternativa 3: En la tercera alternativa está el Polipropileno (PP) que es uno de los polímeros más utilizados en la industria alimentaria, los Polipropilenos tienen una gran resistencia a los ácidos y soportan fuertes golpes a diferencia de otros.

Tabla 5 Propiedades físicas y mecánicas de Polipropileno (PP)

Propiedades	Unidades	Valor
Densidad	$g/cm^3$	0.90
Punto de Fusión	°C	160
Modulo elástico	MPa	1127.76
Dureza	Shore-D	73

Fuente: Industrias JQ, plásticos de ingeniería. Ficha técnica

Tabla 6 Propiedades químicas de Polipropileno (PP)

Propiedades químicas	Observaciones
Rayos solares	Lo afectan
Aprobado para contactos para alimento	SI
Comportamiento a la combustión	Arde con facilidad
Costo (kg)	5,600 COP
Facilidad de moldear	Bien

Fuente: Industrias JQ Disponible < <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/Polipropileno/polipropileno.htm>>

La alternativa 3 que es Polipropileno es un polímero que no es tóxico, tiene una buena facilidad de moldear, pero al estar en contacto con el sol es afectado y disminuye su vida útil, además es un polímero que al contacto con el fuego arde con facilidad.

El Polipropileno es un material que se encuentra mucho en el mercado en Bogotá D.C y uno de los proveedores más conocidos en la industria es Quimicoplastico, el valor del Polipropileno en el mercado se consigue a \$140,000 COP el bulto en pellets de 25kg, 1kg costaría aproximadamente \$5,600COP

3.1.4 Evaluación de alternativas: Se realizará la selección del material de acuerdo al método de multicriterio, para el beneficio del proyecto evaluando los materiales

mencionados, con el fin de seleccionar el más eficiente y viable para la pieza, a continuación en el siguiente cuadro se presentaran los criterios a evaluar.

Tabla 7 Criterios a evaluar de los materiales

Criterios a evaluar	Definición	Importancia
Costo	A menor precio sea el del material, mayor será las utilidades y va ser más apetecido por el público.	5
Disponibilidad	Facilidad de encontrar el material en el mercado, no depender de un solo proveedor	4
Índice de fluidez	Se determina la cantidad de material en gramos, que fluye a través de un capilar o boquilla en 10 min, manteniendo la temperatura y presión constante, entre mayor tenga el índice de fluidez será mejor para el proceso de inyección.	4
Densidad	En la pieza es necesario un material denso, para obtener una mayor peso y eso le dé estabilidad	5
Toxicidad	La pieza va estar en contacto con el perro, por el beneficio del animal el material a utilizar no debe ser toxico	5
Resistencia a la tensión	El material seleccionado estará sometida a grandes esfuerzos, a mayor resistencia mayor será la carga que podrá soportar.	3
Módulo de Young	La pieza en la parte de alimentación estará sometida a cargas de compresión, las cuales el material deberá soportar, sin formarse. Entre mayor sea módulo de Young en el material más eficiente será la pieza.	3

Al evaluar se tomara rangos de valores en cada uno de los criterios mencionados y se le dará una calificación, el material con mayor puntaje se seleccionara para ser el material correcto de la pieza.

Tabla 8 Método de calificación

Características	Calificación		Método de calificación		
	5	4	3	2	1
Precio	< 4500	4500-5700	5700-6300	6300-7000	>7000
Disponibilidad	Muy buena	Buena	Media	Escasa	No se encuentra
Índice de fluidez (g/10min)	>30	30-24	24-18	18-12	< 12
Densidad (g/Cm <sup>3</sup> )	>1.21	1.2 -0.99	0.98-0.95	0.94-0.91	< 0.9
Toxicidad	No Toxico	Poco toxico	Medianamente Toxico	Toxico	Muy toxico
Resistencia a la tensión (MPa)	>50	50-40	40-30	30-20	< 20
Módulo de Young (MPa)	>4000	4000-3000	3000-2000	2000-1000	< 1000

La selección por el método de multicriterio, determinara la mejor opción del material para la pieza.

Tabla 9 Selección de alternativas de los materiales plásticos

No alternativa	Características	Valor	Importancia	Calificación	Imp*Cal	Total
1. PMMA	Precio	\$6.640	5	1	5	98
	Disponibilidad	buena	4	5	20	
	Índice de fluidez	18	4	2	8	
	Densidad	1.2	4	5	20	
	Toxicidad	No	5	1	5	
	Resistencia a la tensión	75	3	5	15	
	Módulo de Young	2900	3	1	3	
2. HDPE	Precio	\$5.600	5	3	15	
	Disponibilidad	Muy buena	4	5	20	
	Índice de fluidez	28	4	4	16	

Tabla 9. (Continuación)

No Alternativa	Características	Valor	Importancia	Calificación	Imp*Cal	Total
	Densidad	0.958	5	3	15	103
	Toxicidad	No	5	5	25	
	Resistencia a la tensión	30	3	2	6	
	Módulo de Young	1350	3	1	3	
3 PP	Precio	\$5.600	5	3	15	89
	Disponibilidad	Muy buena	4	5	20	
	Índice de fluidez	20	4	3	12	
	Densidad	0.90	5	2	10	
	Toxicidad	No	5	4	20	
	Resistencia a la tensión	21	3	2	6	
	Módulo de Young	1128	3	2	6	

3.1.5 Selección de alternativa: La selección del material a moldear es una de las partes más importantes para la fabricación de un molde, por eso se debe estudiar y analizar las propiedades mecánicas, costos y disponibilidad en el mercado de Bogotá, las propiedades químicas son importantes para obtener un resultado óptimo, ya que hay polímeros que son tóxicos, otros que se deterioran con el tiempo, el sol y ayudan a prolongar la llama, al observar detalladamente todas las alternativas, se seleccionó la alternativa 2 (Polietileno de alta densidad) como el polímero más apropiada para fabricación de la pieza ya que es un material que tiene una buena densidad, no es tóxico y que con el paso del tiempo al desprenderse partículas de la pieza no va ocasionar enfermedades y ni la muerte al animal, su costo de venta es económico y tiene una buena disponibilidad de materia prima en el mercado y el polietileno de alta densidad es uno de los polímeros con mejores propiedades mecánicas para soportar golpes, en el Anexo A se agrega las propiedades mecánicas del polietileno de alta densidad (HDPE).

3.1.6 Masa de la pieza: Es la cantidad de material de polietileno de alta densidad en la pieza.

$$M = V * \rho$$

Donde:

M =Masa de la pieza

V= Volumen de la pieza

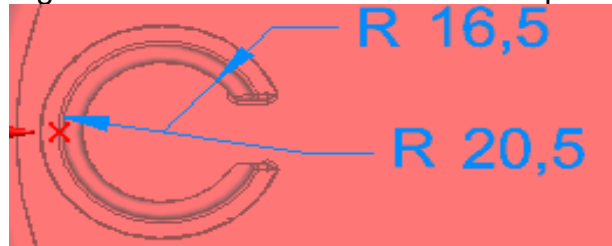
$\rho$  = Densidad del material (HDPE)

$$M = 726.0207_{cm^3} * 0.958_{g/cm^3}$$

$$M = 695.5278_g$$

3.1.7 Deformación de la pieza: La pieza estará sometida a una fuerza de 1 kgf, la pieza deberá soportar y no deformarse para poder realizar el molde de inyección.

Figura 25 Selección transversal de la pieza



Se hallara el esfuerzo a compresión para saber la deformación de la pieza

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Donde:

$\sigma$  = Deformación de la pieza

F= Fuerza

A= Área superficial

Se halla el área superficial con los diámetros, en el tubo de la parte de alimentación, y se le quita la cuarta parte que es por donde saldrá el agua cada vez que el agua este en la altura mínima.

$$A = \frac{\pi}{4} (41^2mm - 33^2mm)$$

$$A = 464.96 mm^2 * \frac{7}{8}$$

$$A = 406.84mm^2$$



$$\sigma_{com} = \frac{1 \text{ kgf}}{406.84 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{com} = 0.00246 \frac{\text{Kkgf}}{\text{mm}^2} = \text{MPa}$$

Se calculó una deformación aproximada de 0.00246mm en la parte de alimentación de agua, como se observa es demasiado bajo la deformación, entonces no afecta en la realización de este proyecto.

### 3.2 MAQUINA INYECTORA DE PLASTICO

En la selección de la máquina inyectora, se debe mirar que el volumen máximo de inyección de la máquina sea mayor que el volumen de la pieza a inyectar y así poder tener por mínimo una cavidad.

Se seleccionó la maquina Meteor 205H con la designación 2050/1510H por su disponibilidad en la ciudad de Bogotá D.C y por qué cumple con los requerimientos para inyectar la pieza obtenidas por cálculos, a continuación en la imagen. Se presentaran los requerimientos necesario, en el anexo B se encuentra la ficha técnica de la maquina inyectora.

3.2.1 Numero de cavidades: Las dimensiones del molde depende del número de cavidades que depende de la capacidad de la maquina inyectora, material y la geometría de la pieza, según el libro diseño de moldes para inyección de plasticos se puede determinar la cantidad de cavidades en un molde.

$$N_1 = \frac{Sv}{Av}$$

Donde

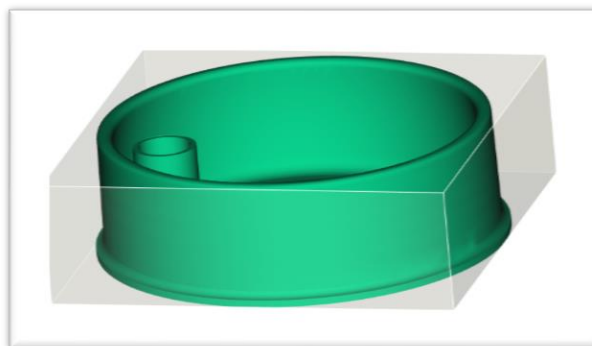
$N_1$ = Número máximo de cavidades

$Sv$ = Volumen máximo de inyección de la maquina inyectora

$Av$ = Volumen de la pieza

$$N_1 = \frac{848 \text{ cm}^3}{726.0207 \text{ cm}^3} = 1.168 \text{ cavidad}$$

Figura 26 Cuidad de la pieza



3.2.2 Fuerza de cierre de inyección: Es la fuerza necesaria que necesita ejercer la máquina inyectora de plástico, para poder moldear la pieza, esta fuerza se calcula a partir del área proyectada.

$$F_{Ci} = P_i * A_p$$

Donde:

$F_{Ci}$  = Fuerza de cierre de la inyección [N]

$P_i$  = Presión de inyección del material

$A_p$  = Área proyectada [  $cm^2$  ]

El valor de la fuerza de cierre de la inyección se obtiene de tablas dependiendo el material del polímero en este caso es polietileno de alta densidad (HDPE), a continuación se mostrara los valores de la fuerza de cierre de inyección

Figura 27 Presión de inyección del material

Resina	ton/in <sup>2</sup>	ton/cm <sup>2</sup>
PS (GPPS)	1.0 - 2.0	0.155 - 1.31
PS (GPPS) (paredes delgadas)	3.0 - 4.0	0.465 - 0.62
HIPS	1.0 - 2.0	0.155 - 0.31
HIPS (paredes delgadas)	2.5 - 3.0	0.388 - 0.543
ABS	2.5 - 4.0	0.388 - 0.62
ABS (SAN)	2.5 - 3.0	0.388 - 0.465
ABS (SAN) (flujos largos)	3.0 - 4.0	0.465 - 0.62
LDPE	1.0 - 2.0	0.155 - 0.31
<b>HDPE</b>	<b>1.5 - 2.5</b>	<b>0.233 - 0.388</b>
HDPE (flujos largos)	2.5 - 3.5	0.388 - 0.543
PP (Homo / Copolímero)	1.5 - 2.5	0.233 - 0.388
PP (H/Co) (flujos largos)	2.5 - 3.5	0.388 - 0.543
PPVC (blando)	1.5 - 2.5	0.233 - 0.388

Fuente: TECNOZA, Disponible [www.tecnovasa.com/hoja\\_calculo.html](http://www.tecnovasa.com/hoja_calculo.html)  
Consultado: 02/07/2017

El área de proyección de la pieza y presión de cierre de la cavidad, es considerada como la fuerza de cierre de la cavidad.

La pieza tiene en su mayoría paredes con espesores entre 1.5 cm a 4 cm, ya que estará sometida a golpes y fluidos en movimiento.

En la figura 27. Se obtiene una presión de inyección para el polietileno de alta densidad (HDPE), esta entre  $0.233 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$  a  $0.388 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$  y el área de la pieza a inyectar aproximada es de  $A = 604.68 \text{ cm}^2$

$$F_{ci} = 0.233 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2} * 455.5639 \text{ cm}^2$$

$$F_{ci} = 106.1464 \text{ Ton}$$

3.2.3 Capacidad de plastificación: Es la cantidad máxima de que la maquina puede plastificar por el tiempo del ciclo de inyección para la fabricación de la pieza.

$$C_p = \frac{\text{Peso de la cavidad en HDPE}}{\text{tiempo de ciclo}}$$

Donde:

Cp= Capacidad de plastificación

Pc= Peso de cavidad en HDPE

Ti= Tiempo de ciclo “el tiempo del ciclo se encuentra en los cálculos de tiempo de inyección”

$$C_p = \frac{695.528 \text{ g}}{196.481 \text{ s}}$$

$$C_p = 3.54 \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

3.2.4 Contracción en el proceso de inyección: Es la reducción del área de la pieza a moldear con respecto a la cavidad del molde, la contracción es la diferencia entre las dimensiones de la pieza y las dimensiones de la cavidad, también afecta el tiempo de material a inyectar.

A continuación se muestra en la siguiente tabla la contracción para cada material, para este proyecto se usara el polietileno de alta densidad (HDPE).

Figura 28 Contracción en los materiales termoplásticos

Termoplásticos con estructura amorfa	Símbolo ISO	Intervalo de fusión °C	Contracción en moldeo %
ABS copolimero	ABS	170-200	0.4-0.7
Poliestireno	PS	130-160	0.3-0.6
Poliestireno resistente al impacto	SB	130-160	0.3-0.6
Acrilonitrilo-estireno	SAN	140-160	0.4-0.6
Acetato de celulosa	CA	130-170	0.3-0.7
Acetato butirato de celulosa	CAB	130-170	0.3-0.7
Propionato de celulosa	CP	130-170	0.3-0.7
Policarbonato	PC	220-260	0.5-0.8
Polimetil metacrilato	PMMA	150-180	0.4-0.8
Oxido de polifenileno (modificado)	PPO	240-270	0.5-0.8
Cloruro de polivinilo (rígido)	PVC	130-160	0.4-0.8
Termoplásticos semicristalinos	Símbolo ISO	Temperatura de fusión °C	Contracción en moldeo %
Poliétileno (baja densidad)	PE	-110	1.3
Poliétileno (alta densidad)	PE	-130	1.5-4
Polipropileno	PP	-165	1.2-2.5
Poliamida 66	PA 66	-255	1.2-2.5
Poliamida 6	PA 6	-220	0.8-2
Poliamida 610	PA 610	-220	0.8-2
Poliacetal (homopolimero)	POM	-175	1.5-3.5
Poliacetal (copolimero)	POM	-165	1.5-3.5
Polibutileno-tereftalato	PBTP	-225	1.2-2.8
Poliétileno-tereftalato	PETP	-255	1.2-2
Fluorotileno-polipropileno copolimero	FEP	-270	3.5-5
Etileno-tetrafluoruro etileno copolimero	ETFE	-270	3.5-5

Fuente: Moreno, José. Proceso de moldeo por inyección de plástico.  
Consultado: 05/07/2017

Según el libro Proceso de moldeo por inyección de plástico de José Moreno, nos dice que el polietileno de alta densidad (HDPE) tiene una contracción en moldeo esta entre 1.5% al 4%, se trabajara con el 4% ya que es la más crítica.

### 3.3 TIPO DE MOLDE

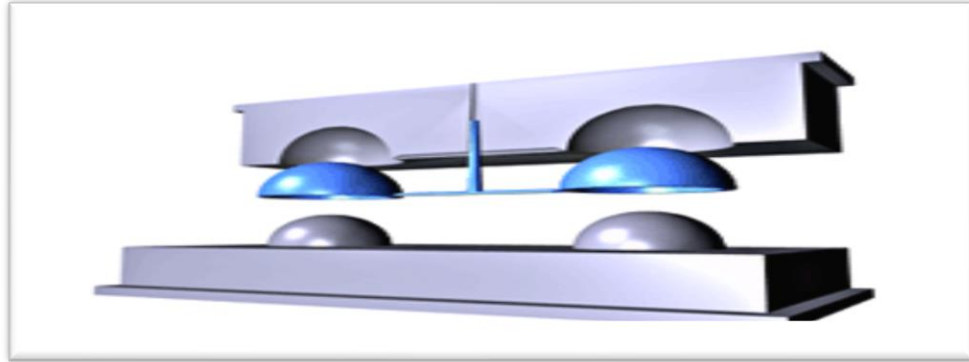
La selección del tipo de molde es importante para este proyecto, ya que en la selección de moldes se puede disminuir factores económicos, tiempo, material desperdiciado y también dependiendo el tipo de molde se necesita mayor presión de inyección.

Los moldes más utilizados son los de dos placas y los de tres placas, en este proyecto no se utilizara el molde tres placas, ya que estos son más costos en fabricar, tiene una placa de más y el desperdicio de material es mayor, además no son viables para moldes de una sola cavidad porque al inyectar el plástico necesita dos puntos de inyección, eso significa que aumenta más el desperdicio de material.

3.3.1 Molde de dos placas: Como su nombre lo dice, este molde contiene dos placas que se les llama, macho que es el encargado de darle forma a la pieza y la otra parte es llamado hembra, este tipo molde es indicado para los moldes de una sola cavidad, los moldes de dos placas también son los más utilizado en la industria de

moldes por su costo bajo con respecto a los demás tipos de moldes, son fáciles de fabricar y su tiempo de ciclo es más corto.

Figura 29 Molde de dos placas

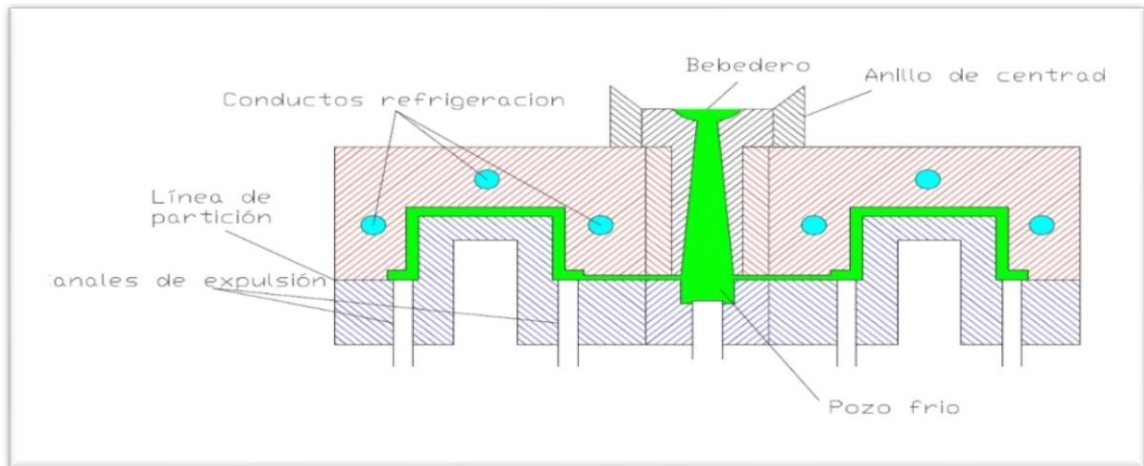


Fuente: AUTODESK < <http://help.autodesk.com/view/MFAA/2015/ESP/?guid=GUID-B6B2F7B6-C6FE-4278-80D9-8A77210C662C> >

### 3.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Es el encargado de transportar el material fundido hasta la cavidad del molde, se deben tener en cuenta algunos elementos como son los bebederos, boquilla, los canales de alimentación y el punto de inyección, estos se seleccionan a criterio del diseñador, con la ayuda de software de diseño donde se puede saber si es factible el diseño por medio de simulaciones para determinar el llenado, el recorrido del material, entre otros.

Figura 30 Sistema de alimentación



Fuente: [www.wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/index.php/Grupo2\\_%281401905%29.%22Tapa\\_juego\\_del\\_m%C3%B3vil%22](http://www.wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/index.php/Grupo2_%281401905%29.%22Tapa_juego_del_m%C3%B3vil%22)

3.3.1 Sistema de colada fría: En este proyecto se utilizara un sistema de colada fría, ya que solo se va inyectar una pieza por ciclo no sería tanto el residuos de material,

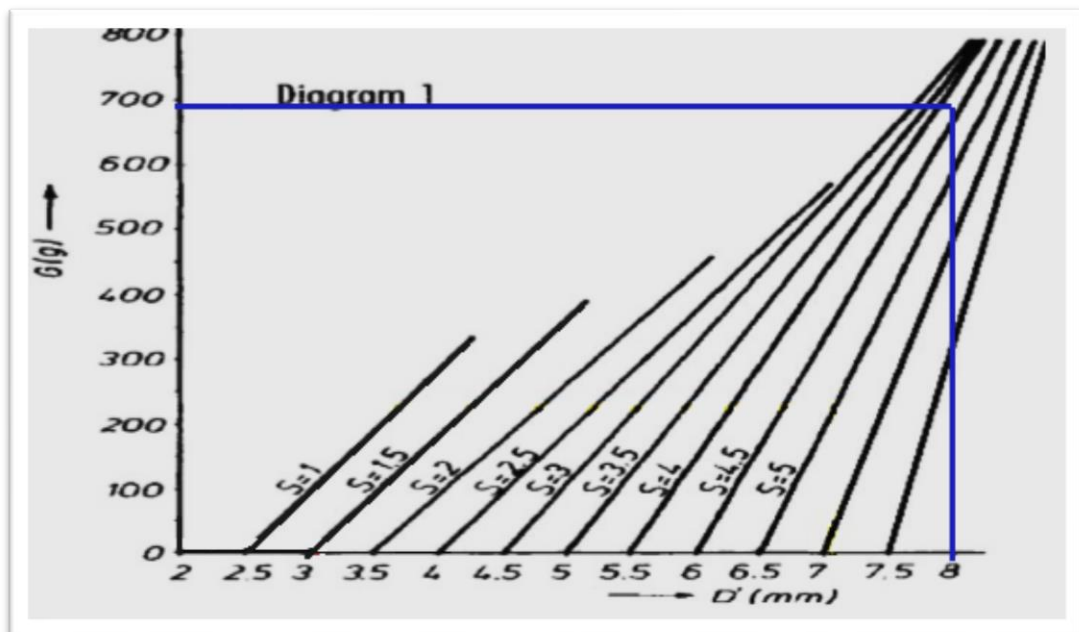
además el sistema de colada frío nos permite cambiar fácilmente el color del material a inyectar, a un menor costo de producción como de mantenimiento del molde y además no es recomendable usar el sistema de colada caliente para el sistema de molde, por su alto desperdicio de material.

3.3.2 Punto de inyección: Es un punto específico en donde se llenaran las cavidades, se debe tener ubicación estratégicamente para que el materia fundido alcance a llenar la totalidad de la cavidad y dirigiendo el aire y los gases a las salidas de gasificación, para obtener la pieza deseada.

3.3.3 Bebedero: Es el encargado de llevar el material líquido a los canales de alimentación, se busca que la distancia sea lo más corta posible para disminuir las pérdidas de presión y de temperatura, se selección a un bebedero de colada cónica que es muy utilizado para piezas con espesores gruesos, normalmente debe tener un orificio de unos 6mm más grande que la boquilla de la inyectora, la diferencia de diámetros.

Para hallar el diámetro del bebedero, es necesario saber del espesor máximo de la base de la pieza en el bebedero para perros de razas grandes es de 8mm, se tomó el máximo que la gráfica permite y el peso total de la pieza al final del llenado fue de 695.5278<sub>g</sub>.

Figura 31 Selección del diámetro del bebedero



Fuente: MENGES George, MICHAELLI Walter and MOHREN Paul. How to Make Injection Mold. Consultado: 10/07/2017

El diámetro que se determinó por la gráfica para el diámetro del bebedero fue  $S=4.5\text{mm}$

$$D_s = S_{max} + 1.0 \text{ mm}$$

$$D_f = D_n + 1.5 \text{ mm}$$

Donde:

$D_s$ = Diámetro inicial del bebedero (mm)

$D_f$ = Diámetro del extremo del bebedero (mm)

$D_n$ = Diámetro de la boquilla mm

$S_{max}$ = máximo espesor de la pieza (mm)

$L$ = Longitud del bebedero (mm)

$\alpha$  =Ángulo de desmoldeo

Para el bebedero de perro de razas grande, se tiene un  $S_{max}$  de 8mm, este valor se utilizara en la ecuación.

$$D_s = 8 \text{ mm} + 1.0 \text{ mm}$$

$$D_s = 9 \text{ mm}$$

Se halla el valor de diámetro del extremo del bebedero  $D_s$  con la ecuación. Reemplazando  $D_n$  con el diámetro de la boquilla de la maquina inyectora seleccionada que es de 4.2mm, dato suministrado por el dueño de la máquina.

$$D_f = 4.2_{mm} + 1.5 \text{ mm}$$

$$D_f = 5.7\text{mm}$$

Se recomienda tomar un ángulo entre  $1^\circ$  a  $2^\circ$ , en este caso se tomó  $1^\circ$  de desmoldeo ya que la pieza no tiene ninguna complejidad, a continuación se hallara la longitud del bebedero.

$$\alpha = 1^\circ - 2^\circ$$

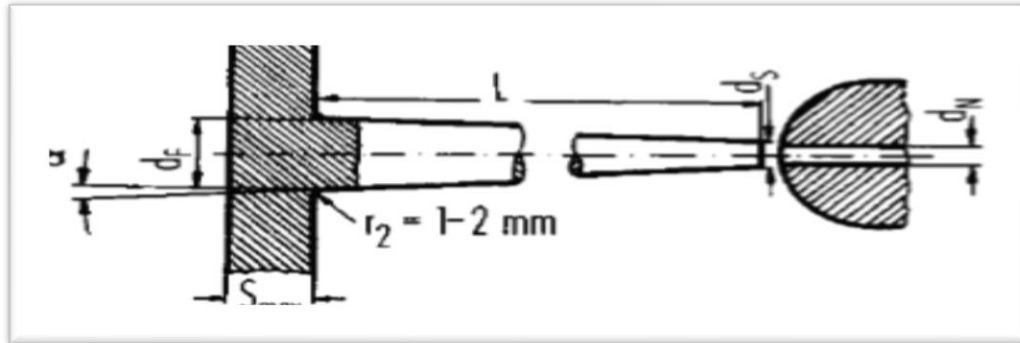
$$\alpha = 1^\circ$$

$$L = \frac{D_s - D_f}{2 * \tan \alpha}$$

$$L = \frac{5.7mm - 4.5mm}{2 * \tan 1}$$

$$L = 34.4 mm$$

Figura 32 Dimensiones del sistema de alimentación

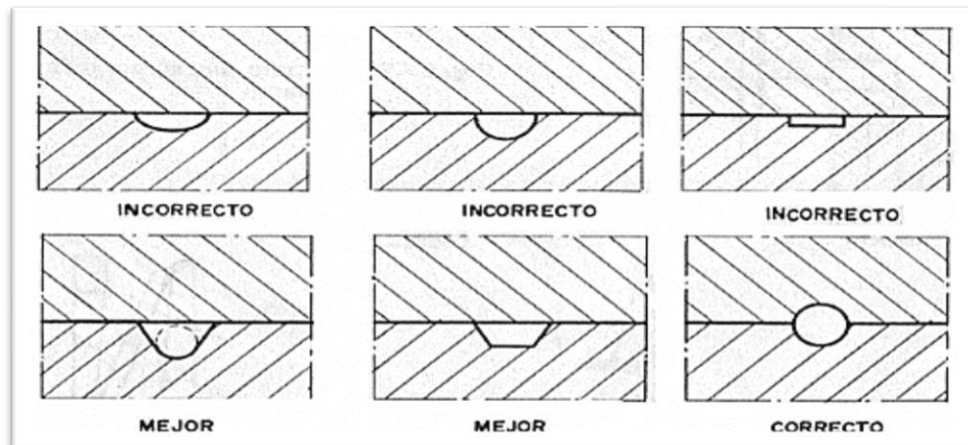


Fuente: : MENGES George, MICHAELLI Walter and MOHREN Paul. How to Make Injection Mold.

3.3.4 Canales de alimentación: Su función es llevar el material fundido a cada cavidad con una presión y temperatura constante hasta el llenado total del molde constante.

La sección transversal de los canales de alimentación es muy importante para mantener la presión y temperatura, como se puede observar en la siguiente imagen son algunos de los diseños de perfiles recomendados.

Figura 33 Perfiles de los canales de alimentación



Fuente: AMAYA ENRIQUE, Diseño de molde de inyección de plástico con ingeniería concurrente Ortega, México D.F- 19 de febrero del 2007 – Consultado: 28/07/2017

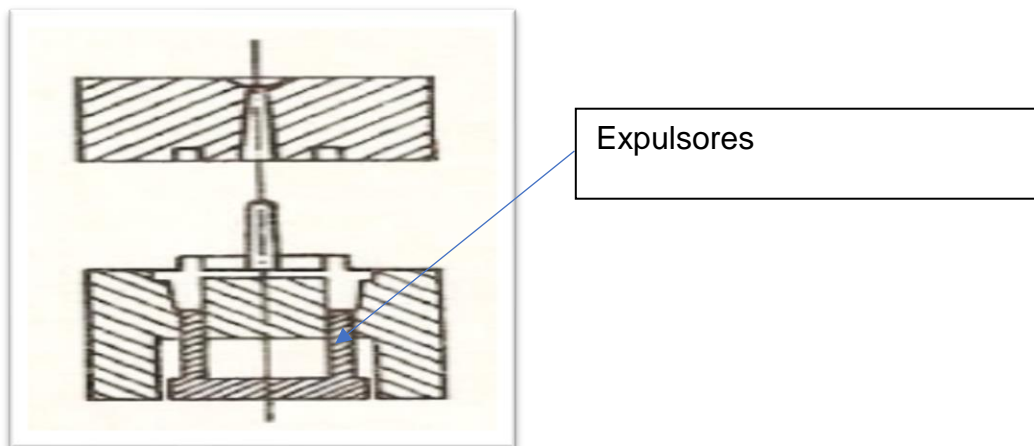


Se selección un perfil circular es el más eficiente y ayuda a disminuir el tiempo de enfriamiento y tiene la misma forma del bebedero, en este caso el circular es el correcto.

### 3.4 SISTEMA DE EXPULSIÓN

El sistema de expulsión es el encargado de extraer la pieza ya solidificada del cavidad, la pieza queda retenida por fuerzas de adherencia del material a moldear y tensiones internas, por lo que hay que usar dispositivos especiales para separarlas del molde, estos dispositivos son activados mecánicamente aprovechando la apertura de la máquina inyectora, en la siguiente figura se observa el funcionamiento del sistema de expulsión.

Figura 34 Sistema de expulsión con cavidad en placa móvil



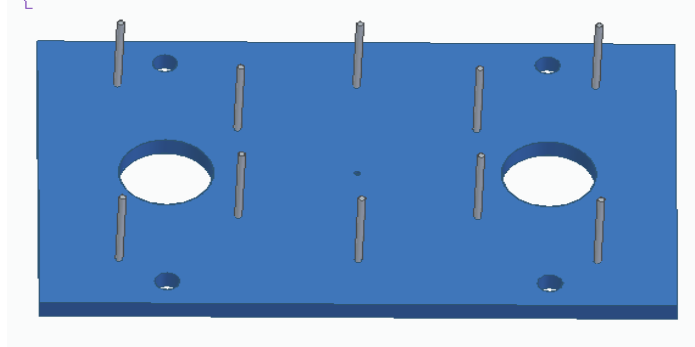
Fuente: MENGES, George. MOHREN, G. Moldes para inyección de plásticos. México Calypso. 1999

La cantidad y forma del sistema de expulsión depende de la geometría y de la masa a moldear, se recomienda que los pernos estén ubicados simétricamente en la geometría de la pieza para garantizar una buena expulsión sin dañar o deformar la pieza.

Otra forma de expulsar la pieza es construyendo una placa expulsora extra pero se usan para piezas de tamaño pequeño ya que no tienen un lugar apropiado para los pernos de expulsión pero al fabricarse esa placa de expulsora aumenta el costo de la fabricación del molde, por lo tanto se utilizara el sistema de expulsión por expulsos en la placa móvil.

El sistema de expulsión contará con una placa inferior de expulsión donde descansaran los expulsos y la placa de expulsión superior donde están ubicados los expulsos, el sistema de expulsión contará con 6 pernos de expulsión, ya que solo cuenta con 1 cavidad pero de gran tamaño, como se puede observar en la siguiente figura .

Figura 35 Placa de expulsión y los expulsores



Los expulsores del sistema de expulsión, son elementos normalizados, en el anexo. se agrega el catálogo de expulsores, señalando el tipo y las características del expulsor elegido para el diseño de este molde de inyección.

### 3.5 SELECCIÓN DE MATERIALES PARA EL MOLDE

La selección de los materiales metálicos para cada una de los elementos del molde es fundamental para la fabricación del molde, ya que estarán bajo esfuerzos que cada material va estar sometido y debe satisfacer todas las necesidades, en el anexo C, se muestra los materiales recomendados por el SENA y la compañía general de aceros para cada elemento del molde.<sup>8</sup>

Según el libro moldes para inyección de plásticos de Menges-Mohren “es más frecuente construir los moldes con elementos prefabricados, como placas, elementos de guía, manguitos de bebedero, platinas del centrador, varillas de expulsión y placas expulsoras”<sup>9</sup>. Para eso existen compañías dedicadas a la venta.

A continuación se van a ver las propiedades que se deben tener en cuenta a la selección del material para el molde para cada uno de los elementos

Cuadro 4 Propiedades que debe tener los materiales metálicos para las piezas del molde

<b>Condiciones de los metales para el molde</b>
Buena resistencia a la compresión
Resistencia a altas temperaturas y a la abrasión
Buena resistencia mecánica
Aptitud para ser pulido

<sup>8</sup> [www.repositorio.sena.edu.co/sitios/revistas\\_astin/edicion\\_22/paginas/metalmecanica.html](http://www.repositorio.sena.edu.co/sitios/revistas_astin/edicion_22/paginas/metalmecanica.html)

<sup>9</sup> MENGES, George. MOHREN, G. Moldes para inyección de plásticos. México: Calypso. 1999

Tabla 2. (Continuación)

<b>Condiciones de los metales para el molde</b>
Buena conductividad térmica
Alta resistencia al desgaste

Los moldes se componen por varios elementos, cada una de ellas tienen un trabajo distinto por eso es necesario seleccionar un material para cada una de ellas, los moldes de plástico la mayoría están fabricados por aleaciones y con tratamientos térmicos, al tener una buena aptitud para ser pulido, se obtendrá una pieza con mejores acabados.

A continuación en la figura 36. Se mencionara los materiales metálicos más usados en la industria de los moldes con sus características.

Figura 36 Guía para la selección de materiales metálicos para molde

Pieza	Número Materiales	Norma AISI
Placa porta cavidad o de moldeo (porta macho y porta cavidad)	1.1730	1045
	1.2312	P20
	1.2083	420 Mod
Placa deslizante	1.2083	420 Mod
Placa de retención	1.1730	1045
Placa expulsora	1.0110	1020
	1.1730	1045
Anillo de centrado	1.1730	1045
Boquilla	1.2083	420 Mod
Expulsores	1.2510	O1
	1.2083	420 Mod
Columna guía	1.6523	8620
Cavidades y Postizos	1.2312	P20
	1.2083	420 Mod

Fuente: SENA-Informador técnico, Consultado: 29/07/2017

Como se mencionaba anteriormente es muy importante las propiedades mecánicas de los materiales de cada pieza ya que deben cumplir con diferentes pero específicas exigencias, en la imagen. Se mencionan algunas de las propiedades más importantes de estos materiales metálicos que se usaran en los moldes para inyección de plástico.

Figura 37 Propiedades de los materiales metálicas

Propiedad	P20	L6	H13	420	A2	M:3:2	1045
Dureza normal HRC (HB)	(~300)	54	52	52	60	62	(~200)
Resistencia al desgaste	2	6	7	7	9	10	1
Tenacidad	9	6	6	4	3	4	9
Resistencia a la compresión	4	7	7	7	9	10	2
Resistencia a la corrosión	2	2	3	7	3	3	1
Mecanibilidad	5	6	7	7	8	5	8
Pulimentabilidad	9	7	8	10	7	8	5
Soldabilidad	4	3	4	4	2	2	5
Capacidad de nitruración	5	3	10	8	8	10	2
Fotograbilidad	9	7	8	8*	5	5	2

Fuente: SENA- Informador técnico – 1990 – Edición 43, Consultado: 29/07/2017

3.5.1 Placas del molde: Las placas son, la placa fija superior, placa inferior y placa sufridera, estas placas son las encargadas de sujetar al molde de la máquina, al no estar al contacto con la pieza no es necesario que tenga un buen acabado, deben tener una buen mecanizado y alta resistencia mecánica, es necesario utilizar un material resistente al desgaste, los aceros más recomendados son los siguientes, mirar el anexo A:

- Acero P20
- Acero SAE 1045 al carbono
- Acero SAE 1020 al carbono

Se selecciona el acero SAE 1045, es un acero que utilizado para la fabricación de componentes gracias a su dureza y tenacidad, su resistencia mecánica es buena y a un costo bajo comparado con el acero P20 por su contenido de carbono.

3.5.2 Cavidades: Como su nombre lo indica, es la placa en donde se encuentran ubicadas las cavidades, su geometría no siempre es la misma ya que depende del diseño de la pieza, normalmente se hacen con una geometría rectangular, sus dimensiones dependen de la longitud de los canales de alimentación y la longitud de la placa de porta cavidades,

- Acero AISI P20 Cr: 1.4% - 2%

- AISI 8620 Acero aleado Cr: 0.50%

Se selección como el material indicado el Acero AISI P20, por su durabilidad disminuye el tiempo de uso pero cumple con las exigencias mecánicas, además permite tener un buen acabado superficial por su contenido de cromo, ya que entre mejor sea el acabado superficial, será más rápido y fácil el desmoldeo.

3.5.3 Bebedero: Su función es transportar el material polimérico a cada una de las cavidades, se busca que el material se deje pulir y tenga un buen contenido de cromo, ya que entre mejor sea el acabado superficial, será más rápido y fácil el desmoldeo, Se busca un acero con unas buena transferencia de calor para mantener el material en forma líquida

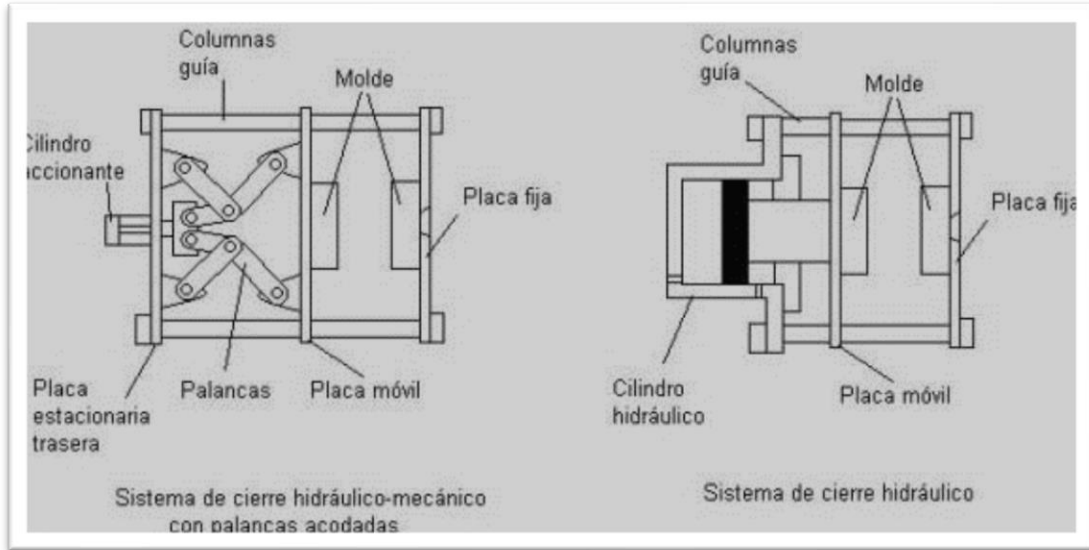
- Acero AISI P20 Cr: 1.4% - 2%
- AISI 8620 Acero aleado Cr: 0.50%

Se selecciona el acero AISI P20 por su contenido de cromo, ya que mayor sea el contenido de cromo será mejor el acabado superficial y así el desmoldeo será más fácil, el acero AISI P20 tiene mayor dureza después de templar que los demás.

3.5.4 Sistema guía: Son un conjunto de piezas estandarizadas y una columna cilíndrica que se encargan de que el molde permanezca alineado, las columnas tienen unos agujeros por donde pasa el lubricante del molde, para el momento de apertura y cierre del molde, se debe seleccionar un acero que tenga un alto índice de dureza para que soporte la fricción y el desgaste, a mayor dureza menor será el desgaste, se recomienda utilizar los siguientes aceros:

- Acero AISI 8620 Acero aleado
- Acero O1 Acero de herramientas
- Acero AISI 4140 Acero aleado

Figura 38. Sistema guía



Fuente: Disponible: <[www.descom.jmc.utfsm.cl/sgeywitz/sub-paginas/Moldes/INYEKTORA.htm](http://www.descom.jmc.utfsm.cl/sgeywitz/sub-paginas/Moldes/INYEKTORA.htm)>  
Consultado: 01/08/2017

Se seleccionó el acero AISI 8620 ya que con un tratamiento térmico es un acero de alta dureza, resistente y es un elemento estandarizado por la compañía General de aceros, ya que se utiliza mucho para fabricar piezas para maquinaria que están sometidas al desgaste.

Tabla 10. Partes del molde y materiales y partes

PIEZA DEL MOLDE	MATERIAL	TRATAMIENTO TERMICO
Placas de amarre, Porta cavidades, placa de expulsión	SAE 1045	Temple
Cavidades	P20	Temple
Bebederos	P20	Temple
Sistema guía	AISI 8620	Temple
Pasadores	SAE1020	Temple
Anillo centrador	AISI 4140	Temple
Bujes	SAE 709	Temple

### 3.6 SELECCIÓN DE ELEMENTOS

Fuera del conjunto de las placas de un molde de inyección, también se encuentran unos elementos de expulsión, unión y ajuste. Que ayudan al buen funcionamiento

del molde, estos elementos están dentro de la fabricación del molde de inyección, estos se presentaran a continuación.

Los elementos son estandarizados y cuentan con sus propios catálogos en los anexos

3.6.1 Tornillería: Los tornillos son elementos roscados encargados para fijar y centrar dos piezas o placas, en el molde de inyección se utilizan tornillos en la placa fija, placa móvil, topes y en el sistema de expulsión, para estas piezas es necesario seleccionar un tipo de tornillo que cumplan con la función de ajustar pero que también ayude en facilitar el montaje y desmontaje del molde, así poder realizar un buen mantenimiento, los tornillos más utilizados y recomendados para los moldes de inyección son los tornillos Bristol con cabeza (BBC), para este molde se utilizaran 3 tipos de juegos de tornillos.

El juego de tornillos Bristol que se utilizara para la parte fija (Placa sujetadora fija y placa de porta cavidad del macho) se utilizara es:

T .B.C.C. DE 3/8" x 1-1/2"-16 UNC

El juego de tronillos Bristol para la parte móvil (Placa sufridera, placas paralelas, placa de ajuste móvil y placa de porta cavidad de la hembra) se utilizara es :

T .B.C.C. DE 3-8 x 4" UNC

Y el juego de tornillos Bristol para unir el anillo centrador con la placa sujetadora fija se utilizara es:

T .B.C.C. DE 1/4" x 5/8"- 20 UNC

Todos estos juegos de tornillos están sometidos al peso de las placas y a fuerzas de compresión y tensión, se tiene que verificar que los tornillos seleccionados sean los adecuados para este molde, se debe utilizar el método de Robert Mott que habla de las juntas atornilladas.

“El material para los tornillos Bristol con cabeza es de grado 5, según en el libro de Robert Mott en el capítulo de ajustes dice que es uno de los más resistentes y son en el acero A 449 ASTM, a continuación se agregara el esfuerzo admisible para tornillos de acero A 449 ASTM”<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> MOTT I. Robert. diseño de los elementos de máquinas: Pearson. Universidad de Dayton. 2006

Figura 39. Esfuerzos admisible para tornillos en el acero A449

TABLA 20-1 Esfuerzos admisibles para tornillos		
Grado ASTM	Esfuerzo cortante admisible	Esfuerzo de tensión admisible
A307	10 Ksi (69 MPa)	20 Ksi (138 MPa)
A325 y A449	17,5 ksi (121 MPa)	44 Ksi (303 MPa)
A490	22 Ksi (152 MPa)	54 Ksi (372 MPa)

Fuente: MOTT Robert. Diseño de elementos de máquinas, Consultado: 04/08/2017

Para que los tornillos no se dan en los momentos que el molde de inyección produce más esfuerzo, el esfuerzo admisible debe ser menor a 121MPa.

3.6.2 Anillo centrador: Es quien permite la comunicación entre la máquina y el molde.

3.6.3 Bujes: Es un elemento que ayuda a disminuir el desgaste entre las placas y las columnas guías ya que esta se encuentran en movimiento continuo.

3.6.4 Racores: Son los encargados en conectar el sistema de refrigeración de las placas del molde con las mangueras y de esa forma transportar el refrigerante por todo el molde.

Figura 40. Racores HASCO



Fuente: Catalogo de sistema de refrigeración de moldes HASCO

En el anexo E se añade el catálogo de HASCO donde se encuentran las dimensiones del racor seleccionado para este molde de inyección, el material que se usa para este material es un bronce DIN1705, ya que estará en contando con agua que se usara como refrigerante.



3.6.5 Mangueras: Es la encargada de transportar el refrigerante (Agua) cada sección del sistema de refrigeración del molde de inyección.

Figura 41. Manguera HASCO

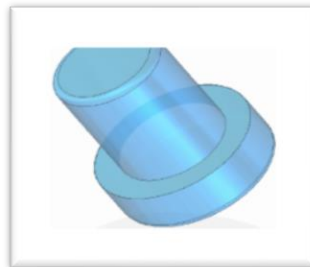


Fuente: Catalogo de mangueras de HASCO

En el anexo E se añade el catálogo de HASCO donde se encuentran las dimensiones y características de la manguera seleccionada, para el sistema de refrigeración del molde de inyección

3.6.6 Topes: Son utilizados en la parte móvil del molde para evitar la fricción y golpes entre las placas, amortiguando los movimientos de las placas de expulsión del molde

Figura 42. Tope



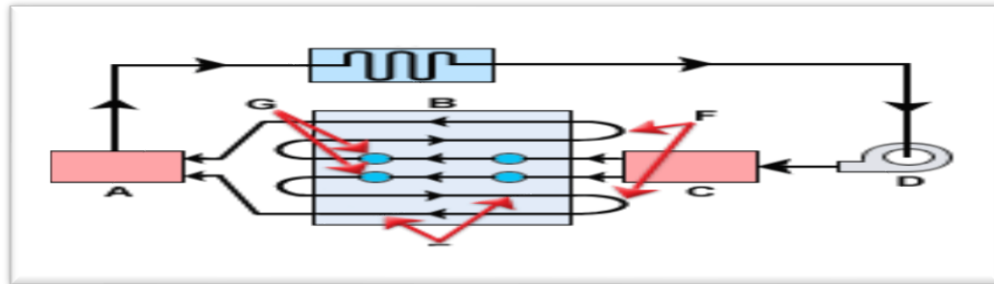
3.6.6 Pasadores: Se debe utilizar un material con una alta dureza, como esta pieza estará en contacto con otras que necesitan fijarse o centrarse con mayor precisión y durabilidad, se seleccionó un acero AISI 1020, es un acero utilizado para herramientas.

### 3.7 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACION

El sistema de refrigeración es importante para el proceso de inyección de plásticos, ya que es un proceso cíclico y productivo, el proceso para que sea rentable y productivo es necesario tener un gran número de piezas a inyectar por unidad de tiempo, sin reducir la calidad de la pieza, el parámetro que más directamente influye en el ciclo de inyección es el tiempo de enfriamiento de la pieza, la cual varía

dependiendo de la geometría de la pieza, el material, líquido refrigerante y depende a la eficacia al sistema de refrigeración, usualmente se usa agua como refrigerante, se presentaran a continuación los componentes del sistema de refrigeración.<sup>11</sup>

Figura 43. Componentes del sistema de refrigeración



Fuente: AUTODESK MOLDFLOW,  
 Disponible <[www.autodesk.com/view/MFAA/2016/ESP/?guid=GUID-A074736B-48D6-4AC1-BFF4-A7E4C696DF24](http://www.autodesk.com/view/MFAA/2016/ESP/?guid=GUID-A074736B-48D6-4AC1-BFF4-A7E4C696DF24)> Consultado: 28/08/2017

Donde:

- A = Colector de recogida
- B = Molde
- C = Colector de suministro
- D = Bomba
- E = Canales de refrigeración
- F = Mangueras
- G = Deflectores
- H = Controlador de temperatura

Una buena selección del sistema de refrigeración ayuda a conseguir una transferencia de calor eficaz, ayudando a disminuir el tiempo del ciclo de inyección, también es importante ya que una mala refrigeración puede ocasionar problemas en la pieza como se puede observar en la tabla.

Figura 44. Deformidades por mala refrigeración



Fuente: Autodesk Disponible [www.autodesk.com/view/MFAA/2016/ESP/?guid=GUID-D834CEC1-E1A5-498A-8D13-7045F2A079D2](http://www.autodesk.com/view/MFAA/2016/ESP/?guid=GUID-D834CEC1-E1A5-498A-8D13-7045F2A079D2), Consultado: 28/082017

<sup>11</sup> La importancia de refrigeración del molde en el proceso de inyección de material plástico - INFORMADOR TECNICO 67 2003

A continuación se seleccionara el sistema de refrigeración adecuado para este proyecto, se presentarán tres alternativas de sistema de refrigeración y se evaluara por ponderación que seleccionara el sistema de refrigeración más eficaz.

3.7.1 Alternativa 1: Sistema de refrigeración en serie, por lo general es el más utilizado, ya que permite controlar la velocidad del flujo del refrigerante en todo el circuito y así producir una transferencia de calor eficaz, el diseño del sistema de refrigeración es dependiendo del tamaño de la pieza a moldear.

Figura 45. Sistema de refrigeración en serie

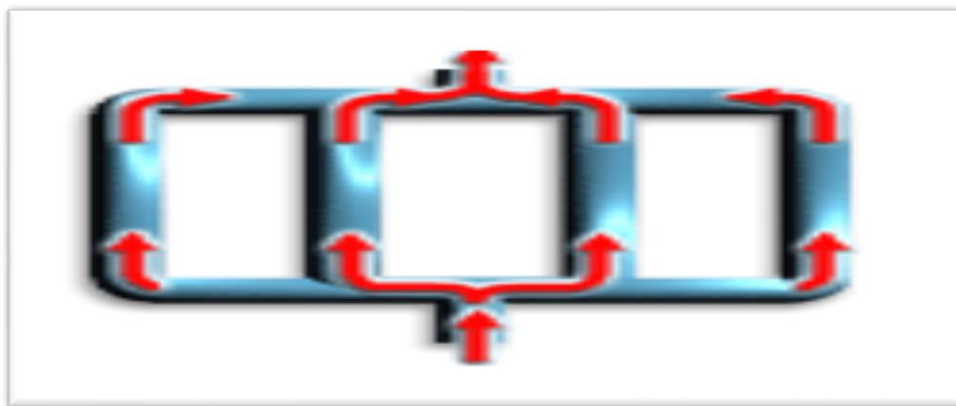


Fuente: Autodesk

Disponible < [www.help.autodesk.com/view/MFAA/2015/ESP/?guid=GUID-2DF9E5FA-563F-42F1-9847-F0AEA5F48E6D](http://www.help.autodesk.com/view/MFAA/2015/ESP/?guid=GUID-2DF9E5FA-563F-42F1-9847-F0AEA5F48E6D)>, Consultado: 30/08/2017

3.7.2 Alternativa 2: Sistema de refrigeración en paralelo, la velocidad de flujo a lo largo en cada canal varían, por lo tanto la transferencia de calor varía dependiendo de cada canal de refrigeración, es posible que la refrigeración no sea uniforme, el número de canales de refrigeración varía dependiendo de las dimensiones de la pieza.

Figura 46. Sistema de refrigeración en paralelo

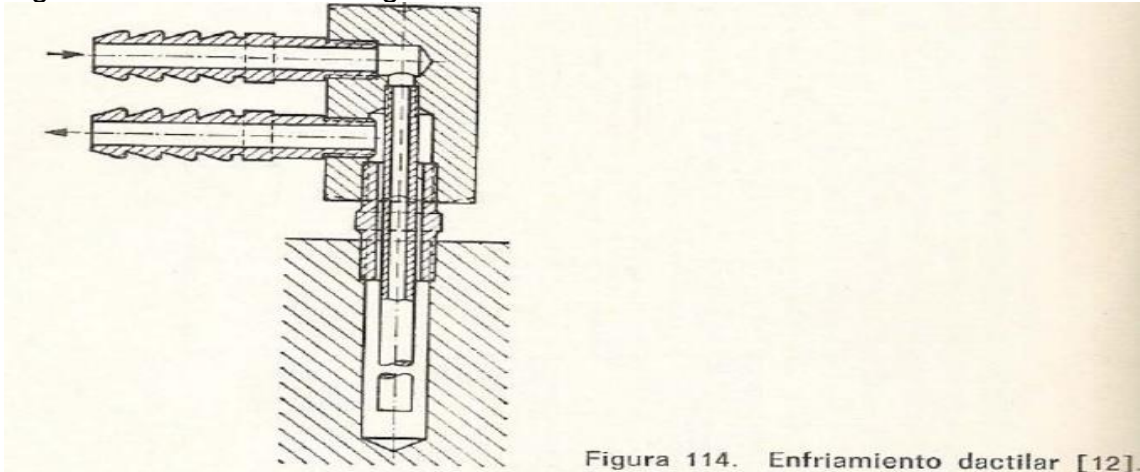


Fuente: www.Autodesk.com,

Disponible < [www.help.autodesk.com/view/MFAA/2015/ESP/?guid=GUID-2DF9E5FA-563F-42F1-9847-F0AEA5F48E6D](http://www.help.autodesk.com/view/MFAA/2015/ESP/?guid=GUID-2DF9E5FA-563F-42F1-9847-F0AEA5F48E6D)> , Consultado: 02/09/2017

3.7.3 Alternativa 3: Sistema de refrigeración dactilar, según el libro de MENGES George. Mohren son utilizados para moldes múltiples y con núcleos giratorios, las desventajas del sistema de refrigeración dactilar es su complejidad al diseñar y tiene un costo muy elevado en comparación con los demás sistemas de refrigeración.

Figura 47. Sistema de refrigeración dactilar



Fuente: MENGES, George. MOHREN, G. Moldes para inyección de plásticos. México: Calypso. 1999<sup>12</sup>. Consultado: 04/09/2017

A continuación se mencionan criterios a tener en cuenta al seleccionar el mejor sistema de refrigeración

Tabla 11 Criterios a evaluar el sistema de refrigeración

Criterios a evaluar		Importancia
Fabricación del sistema	Entre más simple sea el sistema de refrigeración, la construcción del molde será más económica y en menor tiempo.	4
Costos	A menor costo se realice la fabricación del sistema de refrigeración, menor será el costo de la fabricación del molde y mayor serán las utilidades.	5

<sup>12</sup> MENGES, George. MOHREN, G. Moldes para inyección de plásticos. México: Calypso. 1999

Tabla 11. (Continuación)

Criterios a evaluar		Importancia
Control de la velocidad de flujo	Al poder controlar el fluido del refrigerante por los conductos, para mantener La temperatura ideal del refrigerante y tener la misma temperatura en todas las secciones del sistema de refrigeración y así tener una transferencia de calor eficiente.	3
Uniformidad en la transferencia de calor	El sistema de refrigeración debe transferir calor a la misma temperatura en toda la superficie de la pieza.	3

Al evaluar se tomaran unos rangos de valores en cada uno de los criterios mencionados y se le dará una calificación, el sistema de refrigeración con mayor puntaje se seleccionara para ser el sistema de refrigeración adecuado para el molde.

Tabla 12. Método de calificación

Criterios	Calificación		Método de calificación		
	5	4	3	2	1
Fabricación del sistema	Muy baja complejidad	Baja complejidad	Media Complejidad	Alta complejidad	Muy alta Complejidad
Costos	< 20.000	20.000 – 40.000	40.000 – 60.000	60.000- 80.000	> 80.000
Control de la velocidad de flujo	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala
Uniformidad en la transferencia de calor	Excelente	Buna	Regular	Mala	Deficiente

Tabla 13 Selección de alternativas de los materiales plásticos

No alternativa	Características	Valor	Importancia	Calificación	Imp*Cal	Total
1 En serie	Dificultad	Muy baja	4	5	20	64
	Precio	30.000	5	4	20	
	Control de la velocidad de flujo	Buena	3	4	12	
	Uniformidad en la transferencia de calor	Buena	3	4	12	
2 En paralelo	Dificultad	Alta	4	2	8	35
	Precio	78.000	5	3	15	
	Control de la velocidad de flujo	Mala	3	2	6	
	Uniformidad en la transferencia de calor	Mala	3	2	6	
3 dactilar	Dificultad	Alta	4	2	8	34
	Precio	> 80.000	5	1	5	
	Control de la velocidad de flujo	Buena	3	4	12	
	Uniformidad en la transferencia de calor	Regular	3	3	9	

Se seleccionó el sistema de refrigeración en serie, ya que es la alternativa que cumple mejor con los criterios, además es el sistema de refrigeración ideal para moldes sencillos o molde de 2 placas.

Este sistema de refrigeración es el más económico en la industria de moldes por su fabricación que es sencilla y su geometría permite variar la velocidad y de esa forma obtener una transferencia de calor uniforme sobre toda la pieza.

3.7.4 Diámetro de los canales de enfriamiento: Según la revista tecnología de plástico, se necesitan dos criterios, el primero es necesario que el diámetro a maquinarse sea de un diámetro mayor a 10 mm, para que la perforación no tenga

ningún inconveniente y que la longitud no sea mayor a 500 mm y el segundo es el número de Reynolds debe ser de un régimen turbulento, que garantiza un buen transferencia de calor sin generar ninguna caída de presión en el sistema de refrigeración<sup>13</sup>.

Es necesario calcular la entalpía (h) y la cantidad de calor a retirar.

$$H = C_p * \Delta T$$

Donde:

H= Entalpía

$c_p$ = Calor específico (J/ g\* °C)

$\Delta T$  = Delta de temperatura (T2-T1) °C

La masa (m) por el delta de entalpía ( $\Delta H$ ) es igual a la cantidad de calor (q) que es necesario para poder modificar la temperatura del polímero.

$$q = m * \Delta H$$

Donde:

q = Es la cantidad de calor necesario por unidad de masa (J/g)

Q es la rapidez con la que se puede enfriar el molde, por lo tanto la definición de la entalpía es:

$$q_1 = Q * C_p * \Delta T$$

Donde:

Q = Calor específico del material (J/g\*°C)

$\Delta T$  = Delta de temperatura del material fundido y la temperatura del molde (°C)

---

<sup>13</sup> Diseño y operación de sistemas de enfriamiento en moldes de inyección para termoplásticos- Dr.-Ing. Alberto Naranjo C., ICIPC- Agosto de 2014

En la figura 48 se observa cuanta la cantidad de calor (q) se necesita para remover una unidad de masa ( J/s), el material seleccionado fue (HDPE).

Figura 48. Calor a retirar

MATERIAL	TEMP. FUNDIDO (°C)	TEMP. MOLDE (°C)	$\Delta T$	CALOR ESPECÍFICO $Jkg^{-1} K^{-1}$	CALOR A REMOVER J/g
CA	210	50	160	1 700	272
PET	240	60	180	1 570	283
PMMA	240	60	180	1 900	342
PC	300	90	115	3 000	345
ABS	240	60	180	1 968	364
PS	220	20	200	1 970	394
PA 6	250	80	170	3 060	520
PA 66	280	80	200	3 075	615
LDPE	210	30	180	3 180	572
HDPE	240	20	220	3 640	801
PP	240	50	190	2 790	570

Fuente: SÁNCHEZ Saúl, YÁÑEZ Isaura y RODRÍGUEZ Olivero. Moldeo por Inyección de termoplásticos. Consultado: 10/09/2017

Para la cantidad de calor en función del tiempo, se llamara  $q_1$ .

$$q_1 = \frac{\text{Peso}_{HDPE} * q}{t_{ciclo}}$$

$$q_1 = \frac{695.5278_g * 801 \frac{J}{g}}{196.481 s}$$

$$q_1 = 2835.48 \frac{J}{s}$$

Se calcula el flujo másico del refrigerante en kg, se llamara  $m_{re}$

$$m_{Re} = \frac{q_1}{C_p * \Delta T}$$

La diferencia de temperatura ( $\Delta T$ ) es la necesaria para garantizar una temperatura constante en el molde, la temperatura de entrada 20°C y la temperatura de salida 25°C

$$\Delta T = T_{salida} - T_{entrada}$$

$$\Delta T = 25^\circ C - 20^\circ C$$

$$\Delta T = 5^\circ C$$



Donde:

$q_1$  = Índice de transferencia de calor extraído

$m_{RE}$  = Flujo másico de refrigerante (kg)

$\Delta T$  = Diferencia de temperaturas ( $^{\circ}C$ )

$C_p$  = Calor específico del refrigerante (J/kg $^{\circ}C$ )

El calor específico del refrigerante en temperatura ambiente es de 22.5 $^{\circ}C$  es 4180 J/kg $^{\circ}C$ .

$$m_{Re} = \frac{2835.48 \frac{J}{s}}{4180 \frac{J}{kg^{\circ}C} * 5^{\circ}C}$$

$$m_{Re} = 0.1356 \frac{Kg}{s}$$

Después de tener el flujo másico con la ecuación, se puede determinar el caudal con la ecuación.

$Q$  = Caudal del fluido ( $\frac{m^3}{s}$ )

$\delta$  = Densidad del agua a 20 $^{\circ}C$

En la siguiente tabla se obtiene la densidad del agua a 22.5  $^{\circ}C$

Figura 49. Densidad del agua

Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>
0 (hielo)	917,00
0	999,82
1	999,89
2	999,94
3	999,98
4	1000,00
5	1000,00
6	999,99
7	999,96
8	999,91
9	999,85
10	999,77
11	999,68
12	999,58
13	999,46
14	999,33
15	999,19
16	999,03
17	998,86
18	998,68
19	998,49
20	998,29
21	998,08
22	997,86
23	997,62
24	997,38
25	997,13
26	996,86
27	996,59
28	996,31
29	996,02
30	995,71
31	995,41
32	995,09

Fuente: QUIMICA Disponible [www.fullquimica.com/2012/04/densidad-del-agua.html](http://www.fullquimica.com/2012/04/densidad-del-agua.html)  
Consultado: 15/09/2017

$$Q = \frac{m_{Re}}{\delta} \text{ Ecuación.}$$

$$Q = \frac{0.1356 \frac{Kg}{s}}{997.70 \frac{kg}{m^3}}$$

$$Q = 1.359 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

Se obtiene antes la velocidad para poder hallar el número de Reynolds

$$V = \frac{Q}{A}$$

Se utiliza 5 mm como radio que es lo mínimo a usar en el diámetro de los canales de refrigeración ya que es lo recomendado anteriormente.

$$V = \frac{1.359 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{\pi(0.005m)^2}$$

$$V = 1.730 \frac{m}{s}$$

### 3.7.4.1 Numero de Reynolds

Flujo turbulento  $\geq 4000$

$$R_e = \frac{A * V * \delta}{\mu}$$

Donde:

$R_e$  = Número de Reynolds

$V$  = Velocidad del agua (m/s)

$\mu$  = Viscosidad del agua a temperatura promedio 22.5°C

$\delta$  = Densidad del agua a temperatura promedio 22.5°C

La viscosidad del agua a la temperatura de 22.5°C es de 0.954X10<sup>-3</sup> kg/m.s según la tabla.

Figura 50. Viscosidad del agua

	Densidad	Viscosidad absoluta	Viscosidad cinemática
Temperatura	$\rho$	$10^3 \mu$	$10^6 \nu$
°C	kg/m <sup>3</sup>	kg/m.s	m <sup>2</sup> /s
0	999.9	1.792	1.792
5	1000.0	1.519	1.519
10	999.7	1.308	1.308
20	998.2	1.005	1.007
40	992.2	0.656	0.661
60	983.2	0.469	0.477
80	971.8	0.357	0.367
100	958.4	0.284	0.296

Fuente: [www.fluidos.eia.edu.co/fluidos/propiedades/viscosidad/unidadesvis.html](http://www.fluidos.eia.edu.co/fluidos/propiedades/viscosidad/unidadesvis.html)  
Consultado: 25/09/2017

$$R_e = \frac{0.01m * 1.7303 \frac{m}{s} * 997.70 \frac{kg}{m^3}}{0.954 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}}$$

$$R_e = 18095.600 \text{ (Flujo turbulento)}$$

Se seleccionó diámetro de 10 mm para los canales de refrigeración ya que cumple con los criterios, tiene un fácil maquinado y un número de Reynolds turbulento, si se aumenta el diámetro de los canales perdería presión por lo cual el flujo también disminuye.

3.7.5 Cálculo de la longitud de los canales de refrigeración: Es necesario calcular la entalpía (h) y la cantidad de calor a retirar.

Con la ecuación. Se puede obtener la longitud aproximada para los canales de refrigeración utilizando los datos anteriores.

$$L_{\text{Canales de refrigeracion}} = \frac{2 * d * q_1}{k * \pi * D * \Delta T} \quad \text{Ecuación.}$$

Donde:

$L_{\text{Canales de refrigeracion}}$  = Longitud de los canales de refrigeración

d= Distancia entre canales (m)

k= Conductividad térmica del acero de la placa

D= Diámetro del canal de enfriamiento

$\Delta T$ : Calor retirado para HDPE

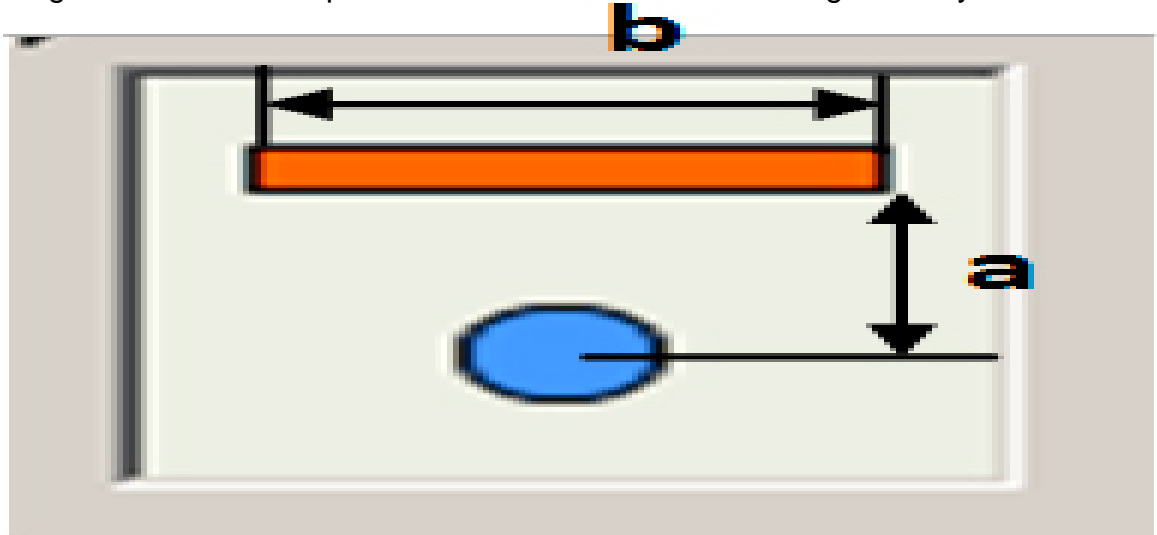
$$L_{\text{Canales de refrigeración}} = \frac{2 * 0.1m * 2835.48 \frac{J}{s}}{52 \frac{J}{m * s * ^\circ C} * \pi * 0.01m * 220^\circ C}$$

$$L_{\text{Canales de refrigeración}} = 1.57m$$

El sistema de refrigeración será un ciclo en serie como se seleccionó que puede tener una máxima longitud de 1.57m, tendrá una entrada que circulara el refrigerante por toda la cavidad hasta la salida, realizando una transferencia de calor uniforme.

3.7.6 Distribución de los canales de enfriamiento: se debe determinar la distancia entre los canales de refrigeración y la cavidad (a) y la distancia entre ellos (b), como se puede observar en la imagen.

Figura 51. Distancia que deben tener los canales de refrigeración y con cavidad



Fuente: NARANJO Alberto ,Tecnología del plástico, Disponible <[www.plastico.com/temas/Diseno-y-operacion-de-sistemas-de-enfriamiento-en-moldes-de-inyeccion-para-termoplasticos+99199?pagina=2](http://www.plastico.com/temas/Diseno-y-operacion-de-sistemas-de-enfriamiento-en-moldes-de-inyeccion-para-termoplasticos+99199?pagina=2)>  
Consultado: 30/092017

3.7.6.1 (a): Para ubicar los canales a una distancia apropiada de la cavidad debe tener entre 2 a 3 veces su diámetro.

Distancia entre cavidad y canales =  $\theta * 2$

Donde:

$\theta$  = Diámetro del canal de refrigeración

Distancia entre cavidad y canales =  $0.01\text{m} * 2 = 0.02\text{m} = 20\text{mm}$

3.7.6.2 (b): Para la ubicación entre canales deben tener entre 2 a 5 veces su diámetro.

Distancia entre canales =  $\theta * 3$

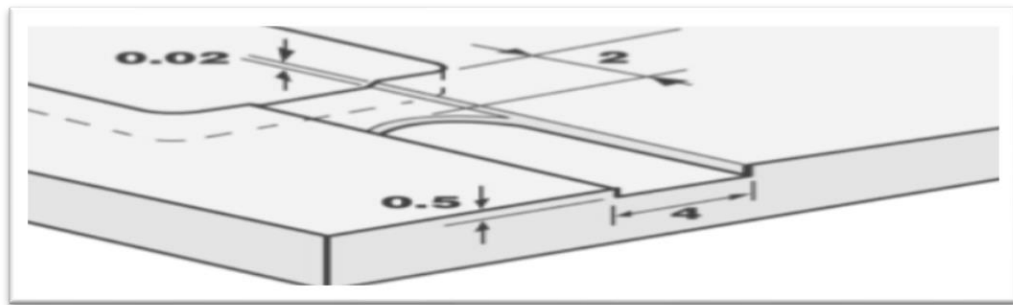
Distancia entre canales =  $0.01 * 3 = 0.03\text{m} = 30\text{mm}$

Sin que el sistema de refrigeración tenga ningún contacto con el sistema de expulsión.

### 3.8 SALIDAS DE GASES

Son pequeños agujeros creados de forma precisa en los moldes, ya que estos deben tener una salida para poder expulsar los gases que quedan atrapados dentro del interior de la cavidad, las ranuras dependen de la viscosidad del material a inyectar, el tamaño y la ubicación dependen de la forma de la pieza a moldear. La salida de estos gases suelen tener una profundidad comprendida entre 0.0125 - 0.05 mm y un ancho entre 3mm - 6mm, estas salidas suelen ubicarse en las equinas y secciones delgadas donde el material llena en último lugar<sup>14</sup>.

Figura 52. Dimensiones de la salida de los gases



Fuente Rafael Juan, Compañía de plásticos Mondragon

Disponible <[www.interempresas.net/Plastico/Articulos/3497-Moldes-de-inyeccion-en-linea.html](http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/3497-Moldes-de-inyeccion-en-linea.html)>

Consultado: 30/09/2017

### 3.9 TIEMPO DEL CICLO

Es el tiempo que tarda el proceso de inyección para la producción de una pieza cualquiera.

Figura 53. Temperaturas de elaboración y del molde para algunos polímeros

Material	Temperatura de elaboración [°C]	Temperatura del molde [°C]
Poliétileno baja densidad	170-260	0- 70
Poliétileno alta densidad	220-320	0- 70
Poliestireno normal	200-250	30- 80
Poliestireno antichoque	200-250	30- 60
Poliamida 6	240-290	60-100
Poliamida 6 + fibra de vidrio	260-310	80-120
Poliamida 6,6	260-300	40-120
Poliamida 6,6 + fibra de vidrio	280-320	60-120
Poliamida 6,10	230-260	80-120
Estireno-acrilonitrilo	230-260	50- 80
Polimetacrilato	170-230	40- 80
Policarbonato	260-310	85-120
Copolímero acetal	180-230	70-130
Cloruro de polivinilo blando	180	20- 80
Cloruro de polivinilo duro	160-190	20- 80
Polipropileno	180-280	0- 80
Acetato de celulosa	180-230	40- 80
Acetobutirato de celulosa	180-220	40- 80
Propionato de celulosa	180-220	40- 80
Acrilonitrilo-estireno-butadieno (ABS)	180-240	50- 80

Fuente: MENGES, George. MOHREN, G. Moldes para inyección de plásticos. México: Calypso. 1999.

Consultado: 02/10/2017

<sup>14</sup> [www.interempresas.net/Plastico/Articulos/3497-Moldes-de-inyeccion-en-linea.html](http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/3497-Moldes-de-inyeccion-en-linea.html) - Rafael Juan - Responsable de moldes en la compañía Plásticos Mondragón

3.9.1 Tiempo de solidificación o de enfriamiento de la pieza: Es el tiempo que transcurre durante la solidificación del material moldeado y la apertura del molde, el tiempo de solidificación es el más largo en todo el proceso de inyección, tarda aproximadamente entre 50% a 80% de la totalidad del ciclo, se busca que lo calculado teórico sea aproximado al tiempo real, ya que en el proceso de inyección de plástico se presentan diferentes variables, por lo tanto es necesario tener un buen sistema de refrigeración para que la transferencia de calor sea eficiente desde los canales de refrigeración hacia la pieza.

$$t_s = \frac{-s^2}{2\pi\theta} \ln\left(\frac{(\pi * t_x - t_m)}{4(t_c - t_m)}\right)$$

Donde:

$t_s$  = Tiempo de enfriamiento (s)

$S$  = Espesor de la pieza (mm)

$\theta$  = Difusividad térmica del material (mm<sup>2</sup>/s)

$t_x$  = Temperatura a la que se extrae la pieza (°C)

$t_m$  = Temperatura del molde (°C)

$t_c$  = Temperatura del material fundido (°C)

Para determinar el tiempo de enfriamiento de la pieza correcta, son necesario los siguientes datos de la tabla. La mayoría obtenidas de la selección del material de la pieza y de la tabla. De temperaturas de elaboración y del molde para algunos polímeros

Tabla 14. Datos para calcular el tiempo de refrigeración

Densidad	0.958 g/cm <sup>3</sup>
Temperatura del material fundido	220 °C
Temperatura en que se extrae la pieza	90 °C
Temperatura del molde	70°C
Difusividad térmica del material	0.065 mm <sup>2</sup> /s

$$t_s = \frac{-8^2}{2\pi(0.065)} \ln\left(\frac{(\pi \cdot 90^\circ C - 70)}{4(220^\circ C - 70^\circ C)}\right)$$

$$t_s = 162.48 \text{ s}$$

El tiempo que tardará entre la solidificación del material y la apertura de la máquina de inyección es de 22.8487s

3.9.2 Tiempo de inyección: Es el tiempo que tarda la máquina de inyectar en llenar la totalidad de la cavidad del molde, este tiempo puede gastar entre 5% al 30% del total del ciclo

Para calcular el tiempo de inyección es necesario conocer el peso de la cavidad con el material a inyectar (HDPE) y la velocidad de inyección.

$$P_{\text{de la cavidad con HDPE}} = \text{Volumen de la pieza a inyectar} * \rho_{\text{HDPE}}$$

Donde:

$P_{\text{HDPE}}$  = Peso de la cavidad con el material HDPE

V= Volumen total de pieza a inyectar

$\rho_{\text{HDPE}}$  = Densidad del material HDPE

$$P_{\text{HDPE}} = 726.0207_{\text{cm}^3} * 0.958 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$P_{\text{HDPE}} = 695.528 \text{ g}$$

La velocidad de inyección para la pieza es el caudal con la que sale el material de la maquina inyectora durante el proceso de inyección.

$$v_i = T_{i_{\text{maquina}}} * \rho_{\text{HDPE}}$$

Donde:

$V_i$  = Velocidad de inyección

$T_{i_{\text{maquina}}}$  = Inyección de la mquina



$$v_i = 131 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} * 0.958 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$v_i = 125.498 \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

El tiempo de inyección es el peso de la cavidad sobre la velocidad de inyección

$$t_i = \frac{\text{Peso de la cavidad}}{\text{Velocidad de inyección}}$$

$$t_i = \frac{695.528 \text{ g}}{125.498 \frac{\text{g}}{\text{s}}}$$

$$t_i = 5.542 \text{ s}$$

3.9.3 Tiempo de plastificación: Es el tiempo que tarde el material fundido para que se solidifica dentro del molde manteniendo la presión, a continuación se obtendrá el tiempo de plastificación.

$$t_f = \frac{\text{Peso de la cavidad HDPE}}{\text{Capacidad de plastificación la maquina}}$$

$$t_f = \frac{695.528 \text{ g}}{24.44 \frac{\text{g}}{\text{s}}}$$

$$t_f = 28.459 \text{ s}$$

3.9.4 Tiempo total del ciclo: Es la suma de todos los tiempos, a continuación se obtendrá el tiempo total del ciclo de inyección

$$t_{\text{total del ciclo}} = t_s + t_i + t_f$$

$$t_{\text{total del ciclo}} = 28.459 \text{ s} + 5.542 \text{ s} + 162.48 \text{ s}$$

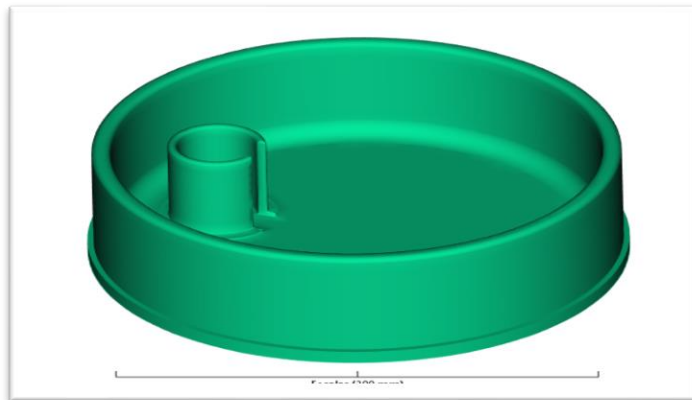
$$t_{\text{total del ciclo}} = 196.481 \text{ s}$$

## 4. SIMULACIONES

Por medio del software AUTODESK MOLD FLOW se obtiene un análisis de llenado y las temperaturas de la pieza durante el ciclo de inyección, también se puede observar la eficiencia del sistema de refrigeración en la placa de porta cavidad para las cavidades.

Y en el software NX se obtiene los esfuerzos que estará sometida la pieza después del ser inyectada.

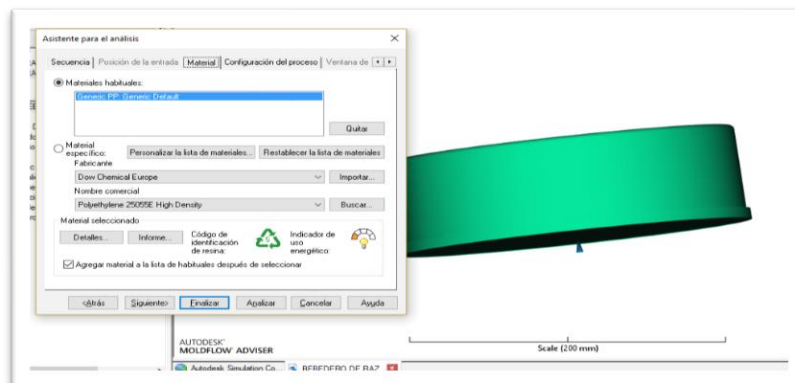
Figura 54. Bebedero de perros de razas grandes



### 4.1 LLENADO DE LA PIEZA

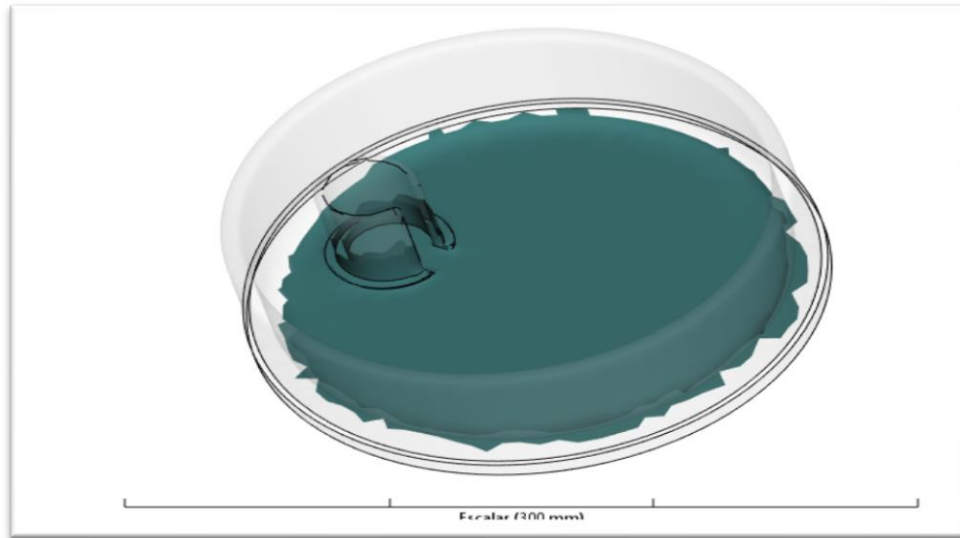
Principalmente se escriben los datos iniciales para el realizar el proceso de inyección, que son la ubicación del punto de inyección, el material a inyectar y el número de cavidades, después de que termine de simular se sabe si la pieza inyectada fue inyectada con satisfacción, la confianza de llenado, el tiempo de llenado y donde ubicar las salidas de los gases.

Figura 55. Datos iniciales para el proceso de inyección



4.1.1 Simulación de llenado: Al iniciar la simulación del proceso de inyección, se puede observar una poca cantidad de material HDPE que se ha inyectado dentro de la cavidad.

Figura 56. Inicio de la simulación del llenado



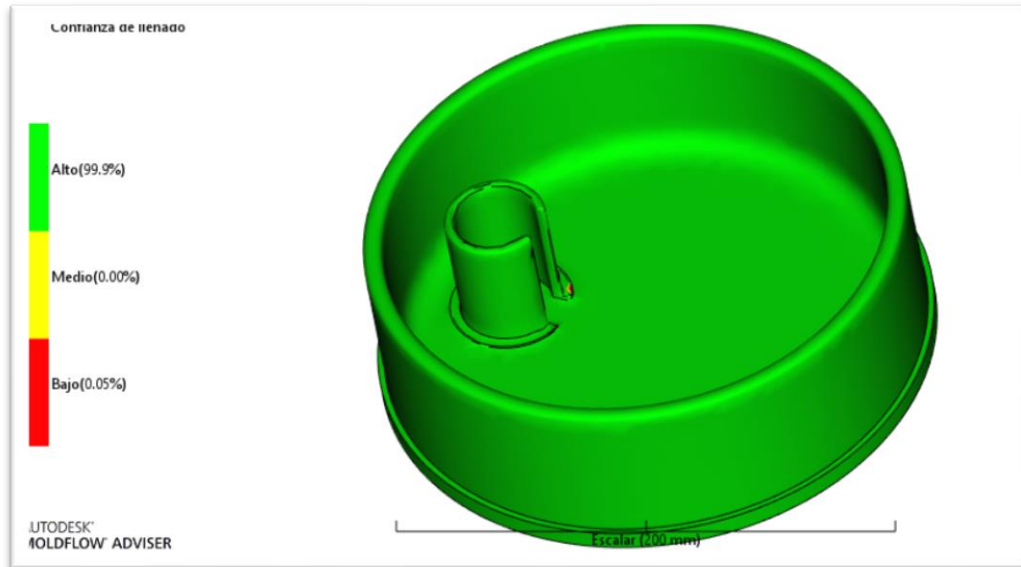
Al finalizar la simulación de llenado, se obtuvo un llenado del 100% y esto quiere decir que la pieza si se puede inyectar con efectividad, si se disminuyera el espesor de la pieza en la parte de alimentación de agua, el llenado no se completaría al 100%.

Figura 57. Finalización de la simulación de llenado.



4.1.2 Confianza de llenado: La confianza de llenado nos ayuda a saber los lugares que pueden fallar en el momento del proceso de inyección en la pieza, para así utilizar un mejor de acabado o si la pieza no se puede inyectar.

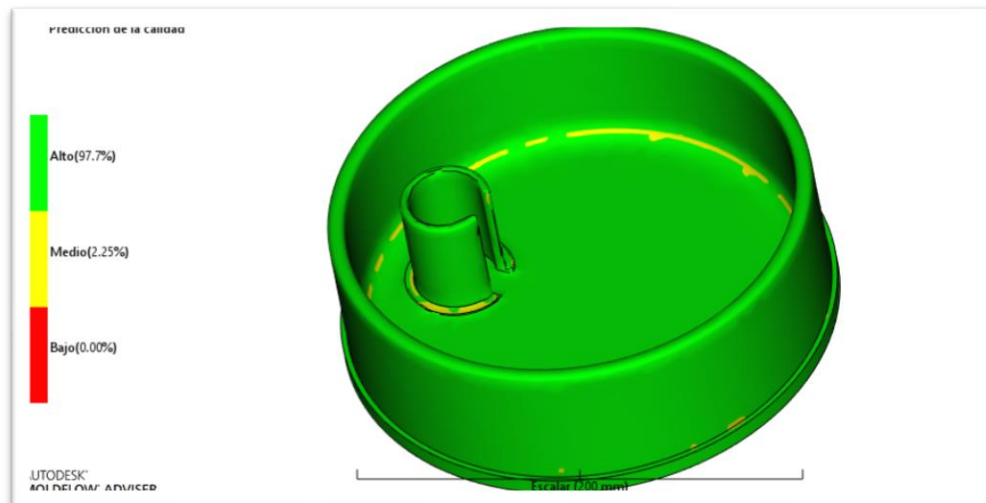
Figura 58. Confianza de llenado en la pieza



Como se observa la confianza de llenado fue del 100% es decir que las dimensiones y la forma de la pieza es la adecuada para este proyecto.

4.1.3 Calidad de llenado: La calidad de llenado nos ayuda a saber los lugares donde se puede tener un alto, medio y bajo nivel de acabado superficial en la pieza, entre más sea el alto nivel de calidad en la pieza, será mejor para este proyecto.

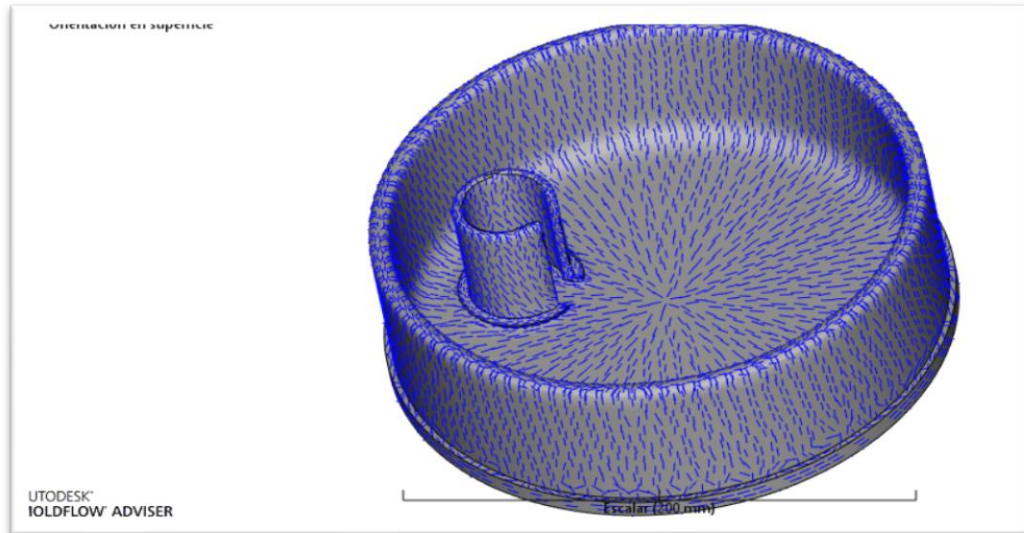
Figura 59. Simulación de la calidad de llenado en la pieza



Como se observa en la simulación 1 la pieza tiene un alto nivel de calidad (97.7%), lo cual le da más confiabilidad para realizar este proyecto.

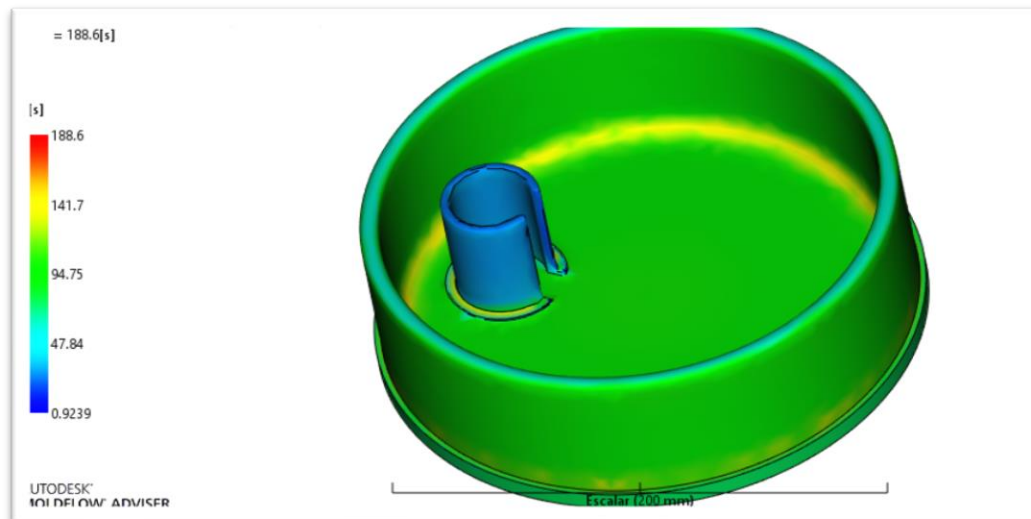
4.1.4 Orientación del flujo: La simulación de llenado también nos permite ver la orientación del flujo, que nos indica el movimiento del material fundido dentro de la cavidad, que va desde el punto de inyección hasta la totalidad de la cavidad.

Figura 60. Orientación del flujo inyectado



4.1.5 Tiempo del ciclo: Por medio de la simulación de llenado, también se puede saber el tiempo del ciclo de inyección y se compara con los cálculos teóricos obtenidos anteriormente.

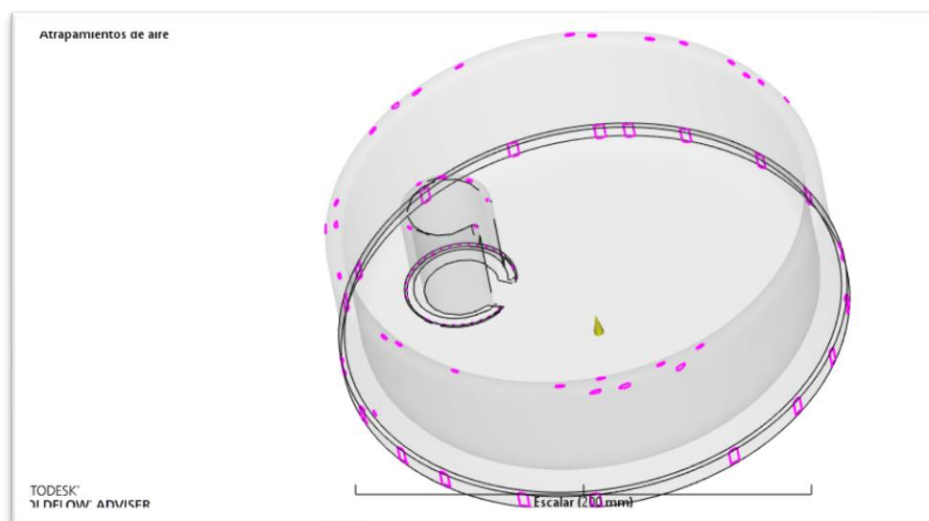
Figura 61. Simulación del tiempo del ciclo de inyección



El tiempo del ciclo de inyección, es el tiempo de llenado y el tiempo de solidificación de la pieza, también llamado tiempo total del ciclo de inyección en el Moldflow es de 188.6s, que estuvo muy cercado al tiempo del ciclo total hallado teóricamente que fue de 196.481s, como se observa los cálculos obtenidos son respaldados por el software MOLD FLOW.

4.1.6 Atrapamiento de aire: El atrapamiento de aire es importante ya que gracias a esta simulación, se puede ubicar estratégicamente la salida de los gases en el molde, para evitar porosidades y deformaciones en la pieza y poder inyectar el material fundido eficazmente en el molde.

Figura 62. Simulación de atrapamiento de aire en la pieza.



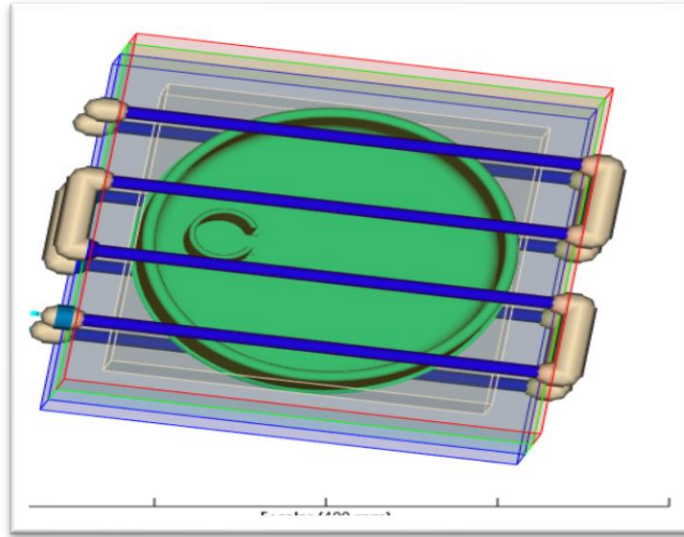
En la simulación de atrapamiento de aire, nos ayuda donde ubicar las salidas de los gases en las cavidades y de esa forma evitar las porosidades y deformaciones en la pieza.

## 4.2 SIMULACION DEL SISTEMA REFRIGERACIÓN

El diseño del sistema de refrigeración seleccionado fue el tipo en serie, utilizado los datos obtenidos en el diseño del sistema de refrigeración, el refrigerante a utilizar es agua a 20°C, también, como se observa y la entrada del refrigerante, a continuación en la imagen. Se mostraran por medio del simulador AUTODESK MOLDLOW ADVISER el sistema de refrigeración y la calidad de los sistemas de refrigeración.

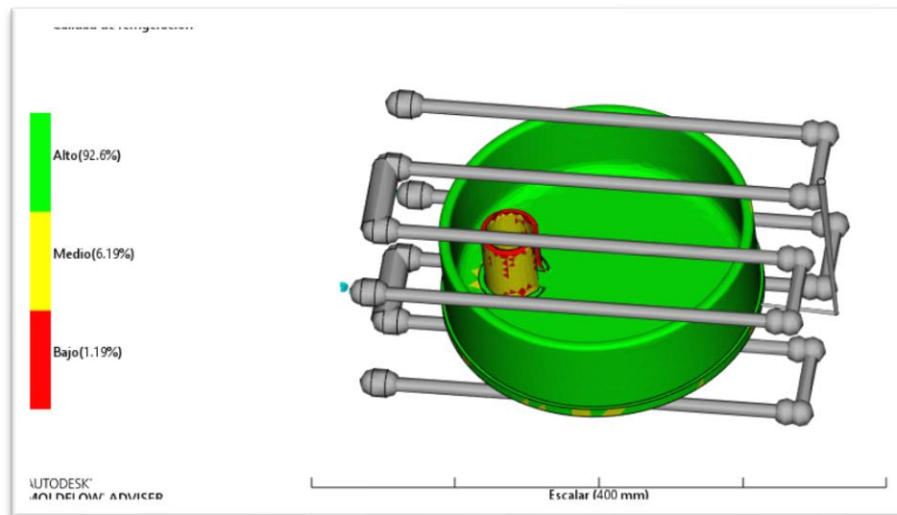
El sistema de refrigeración cuenta con 4 secciones en cada placa porta cavidad con un diámetro de 10mm y con mangueras que son las encargadas se conecta estas secciones.

Figura 63. Sistema de refrigeración de la pieza



4.2.1 Calidad del sistema de refrigeración: Por medio del el software AUTODESK MOLDFLOW ADVISER nos permitió observar la calidad del sistema de refrigeración, como podemos mirar en la imagen.

Figura 64. Calidad del sistema de refrigeración



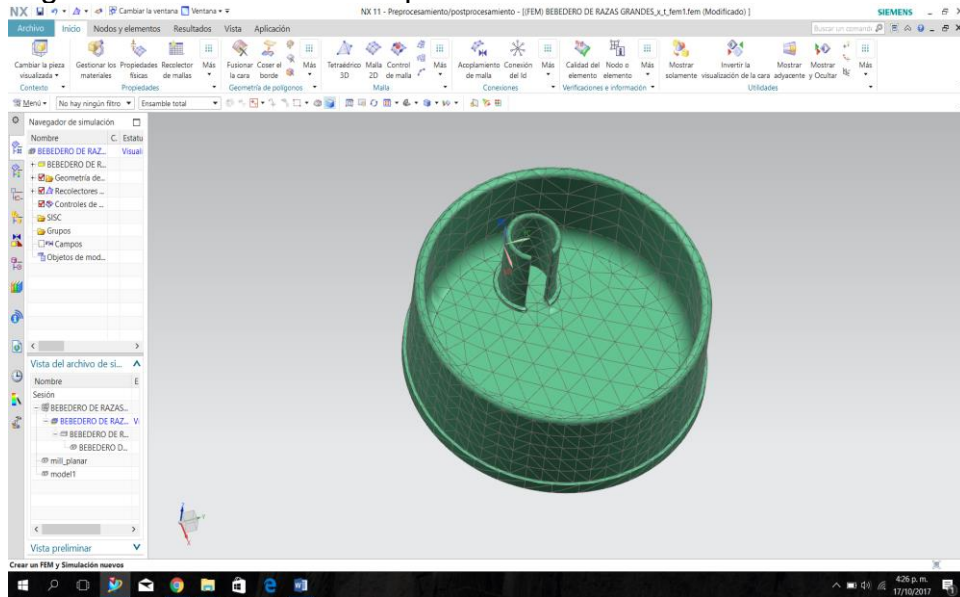
Se obtuvo una calidad del sistema de refrigeración con la mayor de alto nivel de calidad (92.6%) y una muy pequeña parte con calidad baja (1.19%), se puede observar que el sistema de refrigeración seleccionado es el ideal para el molde de inyección.



### 4.3 RESISTENCIA DE ESFUERZOS EN LA PIEZA

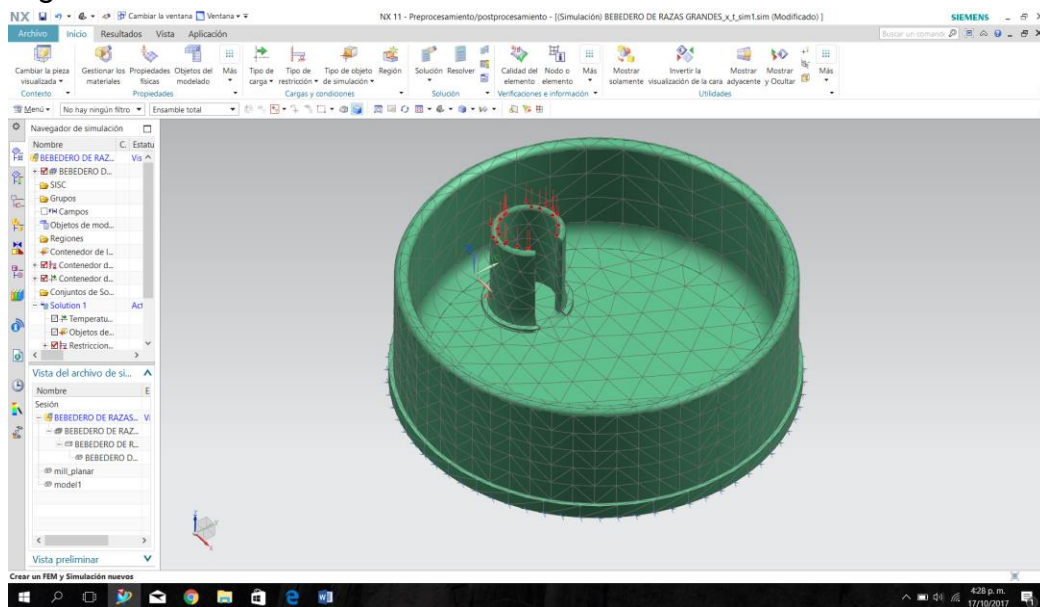
Se busca simular el comportamiento de la pieza por medio del software NX la pieza estará sometida a una fuerza que sería la botella llena de agua en este caso de un litro con el material seleccionado que fue HDPE.

Figura 65. Enmallado de la pieza



Se le añade la fuerza en la parte de alimentación de agua, ya en ese lugar se ubicara la botella de 1 litro de agua, la fuerza asumida es de 1kgf.

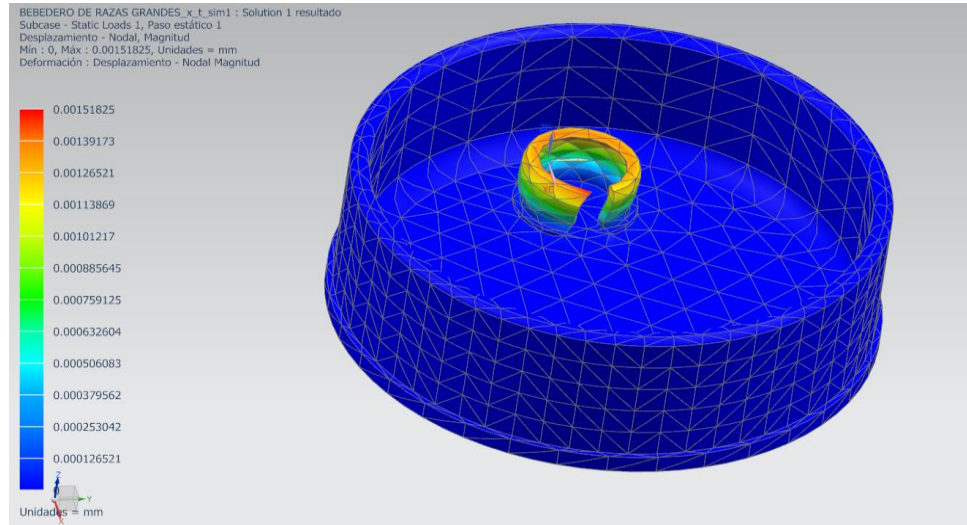
Figura 66. Ubicación de la fuerza en el bebedero





4.3.1 Deformación de la pieza: Como se puede observar el desplazamiento es cuanto se deforma la pieza con la fuerza aplicada en la parte donde estará ubicada la botella de 1 litro de agua.

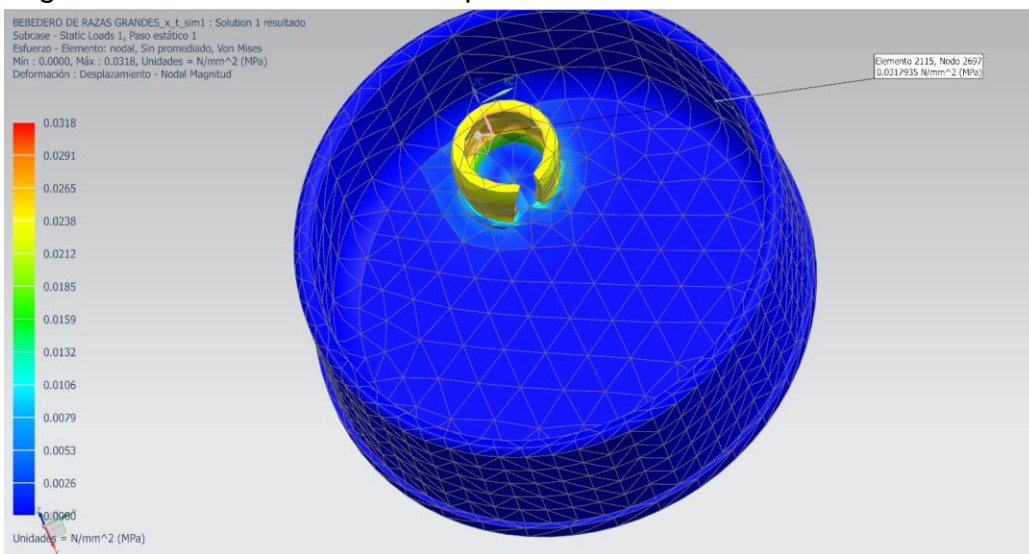
Figura 67. Deformación del bebedero



Como se puede observar la deformación máxima es de 0.00015 mm, eso quiere decir que no se deformara al colocarse la botella de un litro llena de agua.

4.3.2 Esfuerzo – elemento nodal: Se determina el esfuerzo del elemento nodal para hallar el factor de seguridad de la pieza y así saber la fuerza máxima que podría resistir la pieza, al sobre pasar las recomendaciones del diseñador.

Figura 68. Esfuerzo nodal de la pieza

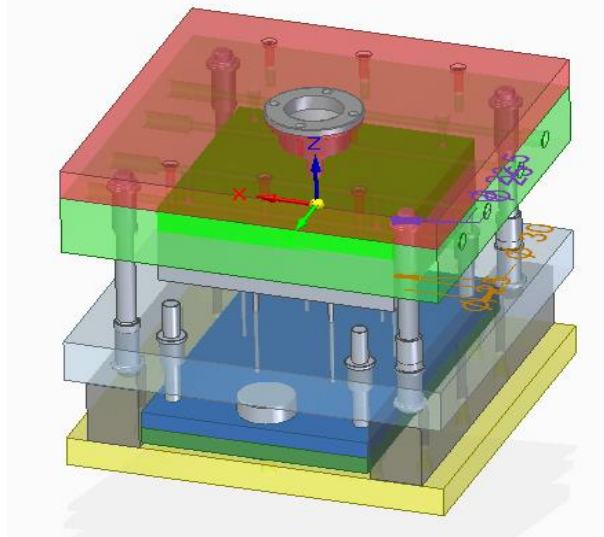


## 5. MANUALES

En este capítulo se presentaran los manuales de operación y de mantenimiento del molde, lo manuales describen el trabajo que se debe hacer el buen uso del molde, así aumentar la vida útil, confiabilidad y tener la disponibilidad del molde. Se presentara la ficha técnica, dimensiones, refrigerante a usar.

### 5.1 FICHA TECNICA DEL MOLDE

Figura 69. Conjunto del molde de inyección



5.1.1 Refrigerante: Para el sistema de refrigeración del molde, se empleara agua como refrigerante con temperatura inicial de 15°C y con una temperatura de salida de 20°C, el refrigerante circulara por medio de racores y mangueras atreves de todo el molde de inyección.

### 5.2 MANUAL DE ENSAMBLE

Es el paso a paso de cómo debe armarse el molde de inyección correctamente, así garantizar un buen funcionamiento en el proceso de inyección, ni el a producción y no dañar las partes de los moldes, los moldes se puede decir que se dividen en 3 que son, la parte fija, la parte del sistema de expulsión, la parte móvil y cada una de estas partes tienen varios elementos que los componen.

5.2.1 Ensamble parte fija: En la parte fija se encuentra la placa porta cavidad, la cavidad (hembra), la placa superior de amarre, los bujes, la boquilla, racores tornillería y el buje.

En el ensamble de la parte fijas se debe iniciar de la parte de abajo hacia arriba, a continuación se dará el paso a paso.

- Se debe atornillar y ajustar la placa porta cavidad con la cavidad
- Se debe introducir los racores del sistema de refrigeración a presión a la placa porta cavidades.
- Después se debe atornillar y ajustar la placa porta cavidad con la placa superior de amarre.
- Se introducen los bujes guía a presión en las placas porta cavidad y placa superior de amarre.
- El bebedero o boquilla entra a presión a la placa porta cavidad dejándolo a lineado.
- Y por último se atornilla y se ajusta el buje con la placa superior de amarre.

5.2.2 Ensamble sistema de expulsión: El sistema de expulsión se en centran las placas inferiores y superiores de expulsión, los expulsores, los retornadores y la tornillería.

A continuación se dará el paso a paso del ensamble del sistema de expulsión.

- Se encajan a presión los expulsores a la placa expulsora superior
- Se tornilla y se ajusta los retornadores a la placa de expulsión inferior
- Se atornilla y se ajusta la placa de expulsión inferior con la placa expulsión superior, haciendo que los expulsores y los retornadores no se suelten y ni se desalineen.

5.2.3 Ensamble parte móvil: Se encuentran las piezas como la placa inferior, la placa porta cavidad (macho), las placas laterales, placa sufridera, bujes y tornillería.

A diferencia de la parte fija, el ensamble móvil es de arriba hacia abajo

- Se atornilla y se ajusta la placa porta cavidad con la cavidad (hembra)
- Se introducen a presión los racores del sistema de refrigeración a la placa porta cavidades
- Después se atornilla y se ajusta la placa sufridera con la placa porta cavidad
- Se ajustan los bujes cortos con la placa sufridera
- Se colocan los topes de la placa inferior
- Se Coloca la columnas guía en las placas laterales, pasándolas por las placa sufridera y la placa porta cavidad
- Se atornilla y se ajusta las placas laterales y los tacos de apoyo a la placa inferior

### 5.3 MANUAL DE OPERACIÓN

La disponibilidad y un buen funcionamiento del molde es importante para el proceso de inyección, se presentaran los siguientes pasos a seguir los cuales ayudaran a tener una buena producción y que el molde no se vea afectado por una mala manipulación.

- Verificar que la maquina inyectora se encuentre apagada y en su apertura máxima

Figura 70. Verificando que la inyectora se encuentre apagada



Fuente: Roboshot, Disponible <[www.img.youtube.com/vi/tELV\\_2\\_sVkw/0.jpg](http://www.img.youtube.com/vi/tELV_2_sVkw/0.jpg)>  
Consultado 20/10/2017

- Verificar que la capacidad de inyección, sea mayor que el volumen total de inyección.

Figura 71. Verificación de capacidad de la máquina inyectora



Fuente: Disponible <[www.geocities.ws/cursogratis/otrostemas/start22.jpg](http://www.geocities.ws/cursogratis/otrostemas/start22.jpg)> Consultado 20/10/2017

- Ensamblar el molde de inyección en la maquina inyectora

Figura 72. Montaje del molde en la máquina inyectora



Fuente: MueblesEscolarCME, Disponible [www://i.ytimg.com/vi/BYNo513\\_By4/maxresdefault.jpg](http://www://i.ytimg.com/vi/BYNo513_By4/maxresdefault.jpg)>  
Consultado 20/10/2017



- Atornillar la placas fijas del molde en la placa fija de la maquina inyectora

Figura 73. Ajuste del molde a la máquina inyectora



Fuente: Logismarket España, Disponible [www.i.ytimg.com/vi/T6WLAddyAZw/hqdefault.jpg](http://www.i.ytimg.com/vi/T6WLAddyAZw/hqdefault.jpg)  
Consultado 20/10/2017

- Encender la máquina inyectora y ponerla en modo manual.

Figura 74. Encender la máquina de inyección



Fuente: [www.ibilonjavirtual.com/wp-content/files\\_mf/operario2adaptado.jpg](http://www.ibilonjavirtual.com/wp-content/files_mf/operario2adaptado.jpg)  
Consultado: 20/10/2017

- Verificar y conectar el sistema de refrigeración del molde

Figura 75. Verificar el sistema de refrigeración del molde



Fuente: Interempresas, Disponible <[www./img.interempresas.net/fotos/1097301.jpeg](http://www./img.interempresas.net/fotos/1097301.jpeg)>  
23/06/2015- Consultado 20/10/1017

- Ajustar la temperatura del refrigerante, en este molde el refrigerante es agua, normalmente las temperaturas de entrada es de 27 °C.
- Centrar y ajustar el anillo centrador en el orificio de placa de amarre fija

Figura 76. Centrar y ajustar el anillo centrador



Fuente: Fernando, Disponible <//1.bp.blogspot.com/-zJXsTG7VEsU/TV5D23G2H-I/AAAAAAAAADY/cdEmAQC10CM/s1600/Imagen1735.jpg>, 17/02/2011  
Consultado 20/10/2017

- Ingresar los datos iniciales, como presión de inyección, temperaturas, fuerza de cierre, entre otros.

Figura 77. Encender la máquina inyectora



Fuente: Tecnología del plástico, Disponible <www.plastico.com/temas/Nuevas-moldeadoras-por-inyeccion-hidraulicas-Engel,-con-mayor-eficiencia-y-precision+116240>, 08/11/2016, México  
Consultado: 20/10/2017

- Verificar la máquina inyectora de forma manual la apertura máxima

Figura 78. Apertura máxima de la máquina de inyección



Fuente: Automanijas, Disponible <[www.automanijas.com/wp-content/uploads/2016/10/DSC\\_0035-9.png](http://www.automanijas.com/wp-content/uploads/2016/10/DSC_0035-9.png)>  
Consultado: 20/10/2017

- Empezar el proceso de inyección

Figura 79. Inicio del proceso de inyección



Fuente: [www.i.ytimg.com/vi/DHb4hgLUN84/mqdefault.jpg](http://www.i.ytimg.com/vi/DHb4hgLUN84/mqdefault.jpg)

- Al terminar el proceso de inyección, desconectar el sistemas de refrigeración del molde



- Abrir el molde, secar y limpiar con vaselina las cavidades

Figura 80. Limpieza de cavidades



Fuente: <https://i.ytimg.com/vi/LSgY19igsQc/mqdefault.jpg>  
Consultado: 20/10/2017

- Desajustar la parte fija del molde de la placa fija de la maquina inyectora y colocar la maquina inyectora en su máxima apertura

Figura 81. Desajustar la parte fija del molde de inyección



Fuente: TECHNOCOAT  
Disponible: [www.i1.ytimg.com/vi/T6GbtISNJAs/mqdefault.jpg](http://www.i1.ytimg.com/vi/T6GbtISNJAs/mqdefault.jpg)  
Consultado: 20/10/2017

- Apagar correctamente la maquina inyectora

- Retirar el molde de la maquina inyectora

Figura 82. Retirar el molde de la inyectora



Fuente: PRIVARSA, Disponible [www.i.ytimg.com/vi/SO60pYPWdMI/maxresdefault.jpg](http://www.i.ytimg.com/vi/SO60pYPWdMI/maxresdefault.jpg)  
Consultado: 20/10/2017

#### 5.4 MANUAL DE MANTENIMIENTO

A los moldes de inyección necesitan un mantenimiento para reducir el deterioro en sus placas y accesorios y no disminuir la calidad de la piezas inyectadas, la frecuencia del mantenimiento en el molde depende de la forma de uso del molde y el tiempo de funcionamiento, usualmente se debe hacer mantenimiento al molde así este en producción o fuera de producción diariamente, semanalmente, mensualmente.

Figura 83. Mantenimiento de revisión y limpieza del molde de inyección



Fuente: StackTeck, Disponible [www://stackteck.com/wp-content/uploads/2014/09/Carreers-1.jpg](http://www://stackteck.com/wp-content/uploads/2014/09/Carreers-1.jpg)  
Consultado: 20/10/2017

A continuación se presentara el paso a paso de cómo realizar un buen mantenimiento que ayudara alargar la vida útil y aumenta disponibilidad del molde.

#### 5.4.1 Mantenimiento diario

- Limpiar las partes externas e internas del molde antes del montaje del molde
- Revisar y limpiar el sistema de refrigeración, para evitar el sobrecalentamiento en el molde
- Revisar el sistema de expulsión que no estén desgastados por la fricción o que los expulsores se encuentren pandeados, en caso que los elementos estén fallando avisar inmediatamente al personal encargado para realizar el arreglo o cambio de la pieza, para evitar daños mayores en las placas del molde.
- Limpiar el canal de alimentación
- Limpiar y lubricar la piezas móviles del molde, en el caso de falta de lubricación con grasas o aceites dependiendo el lubricante que se necesite, así disminuir la fricción y el desgaste de la piezas
- Al terminar el turno limpiar cuidadosamente las cavidades con materiales que no puedan afectar el acabado superficial de estas.

Cada vez que se termine la producción al día es recomendable purgar el sistema de refrigeración con aire comprimida, asegurándose que no quede agua y ningún residuo en el circuito y secar con un paño para prevenir la corrosión.

#### 5.4.2 Mantenimiento semanal

- Revisar el ajuste de los tornillos de sujeción del molde sea el apropiado
- Revisar el estado de las piezas del molde
- Limpieza de los residuos en los elementos lubricados, engrasar de nuevo, ya que es recomendable limpiar antes de volver a engrasar

- Limpieza de los canales de refrigeración, para evitar atascamiento de los residuos, estos pueden producir sobrecalentamiento en el molde y aumentar la corrosión, dañando las cavidades.

#### 5.4.3 Mantenimiento Mensual

- Pulir las superficies del molde, donde se ha creado corrosión
- Verificar detalladamente el estado de cada una de placas del molde y el acabo superficial de las cavidades
- Verificar si la máquina y el molde se encuentra alineados

#### 5.3.4 Mantenimiento fuera de operación

- Desarmar y limpiar cuidadosamente las partes del molde con un paño para retirar el polvo en los conductos y dañe el acabado superficial de las cavidades
- Guardar las piezas en un depósito que evite la humedad, líquidos, polvo u otros agentes que puedan afectar el estado de los elementos del molde y reducir al máximo el contacto entre piezas.
- Cubrir las partes con materiales plásticos para evitar daños en los acabados del molde.

## 6. EVALUACIÓN FINANCIERA

Este estudio financiera realizara el estudio de costos para la fabricación del molde de inyección con el fin de fabricar los bebederos de perros de razas grandes, comparando las utilidades de la empresa con y sin el proyecto.

Analizando los riesgos, beneficios y ganancias que podría tener la empresa con la fabricación de este molde, conociendo así la viabilidad que tiene este proyecto para la empresa y así conocer en cuantos años se recuperara la inversión en la fabricación del molde de inyección, para el estudio financiero se trabajara con los precios constantes.

Son los costos que la empresa debe realizar para la fabricación del molde y los costos de producción para la fabricación del bebedero para perros.

### 6.1 INVERSIÓN INICIAL

La empresa debe hacer una inversión inicial en la fabricación del molde de inyección, también en la materia prima con la que se fabricara el bebedero en él se debe tener el precio del costo de la máquina de inyección por cada golpe (cada inyección) que se haga, en la siguiente tabla se muestra los valores que se tienen que tener en cuenta para la producción piezas anual.

En la fabricación del molde están incluidas las horas de mecanizado y el material que se usaran, las horas de mecanizado fueron 30 horas el valor de cada hora es de \$50.000 pesos colombianos para un total de \$1'500.000 pesos colombianos, más el pulido de los elemento que tiene un valor de \$2'000.000 de pesos colombianos para un total de \$3'500.000 de pesos colombianos y los materiales tienen un costo de \$2'272.900 de pesos colombianos, para un total de fabricación del molde de 5'772.900 de pesos colombianos.

Tabla 15 Inversión inicial para la producción anual

INVERSIÓN	COSTO
Materiales para el molde	\$2'272.900
Fabricación del molde de inyección	\$3'500.000
Diseño del molde de inyección	\$10.596.560
Total	\$16'396.460

El costo del diseño del molde de inyección fue calculado en la propuesta para este proyecto y fue de un valor de \$10'596.560 de pesos colombianos.

## 6.2 INVERSIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Los gastos de producción son los costos del alquiler de la máquina de inyección que cuesta \$500 pesos colombianos por minuto que tarde la pieza en inyectar, en el proyecto la pieza tarda 3 minutos para un total de \$1500 pesos por golpe, el costos de materia prima en este proyecto es HDPE y el transporte del molde de inyección.

Tabla 16 Inversión para la producción

INVERSIÓN	COSTO
Costo de golpe de inyección	\$1500
Materia prima (HDPE) 500gr	\$ 2.800
Transporte	\$ 120.000
Otros	\$ 50.000
TOTAL	\$174.300

El costo total de la fabricación de la pieza tomando en cuenta todos los aspectos que puedan afectar, se calculó un costo de \$174.300 pesos colombianos.

Por cada pieza consume 500g de materia prima (HDPE) lo cual tendría un valor aproximado de \$2.800 pesos colombianos.

## 6.3 VENTAS DE LA EMPRESA

SILVERAGRO S.A es una empresa cuenta con 3 almacenes que son, Silveragro 142, Silveragro 105 y Silveragro Chía, estos están encargados de comercializar la venta de accesorios de mascotas a varias empresas privadas y a todo el público en varias ciudades del país, los cual tiene unas ventas aproximadas por cada almacén de 156 unidades de bebederos convencionales de perros en los últimos años, para un total de 468 bebederos al años, a continuación en la tabla se muestra las ventas bebederos en los últimos 3 años.

Tabla 17 Ventas aproximadas de bebederos en los últimos 3 años

Año	Ventas de bebederos
2015	489
2016	444
2017 (hasta el momento)	294

6.2.1 Ventas de la empresa sin el proyecto: La empresa vende con un precio aproximado de venta al público en los últimos años de \$27.000 pesos colombianos por cada uno de los bebederos convencionales para perros de razas grandes, se muestra las utilidades de la empresa en los últimos años comprándole a terceros, en la siguiente tabla los valores están dados en pesos colombianos.

Tabla 18 Utilidades en la empresa sin el proyecto.

Ventas de bebederos por cada almacén	Valor de compra a terceros	Valor de venta al público	Utilidades
1	\$ 24.000	\$ 27.000	\$ 3.000
468	\$11'232.000	\$12'636.000	\$1'404.000

En la gráfica se demuestra las utilidades de la empresa generadas por la venta de un bebedero comprado a terceros.

Como se puede observar por cada bebedero de perros la empresa está teniendo una utilidad de \$3.000 pesos colombianos por bebedero, en los últimos años al vender un promedio de 468 bebederos de perros en los 3 almacenes, las utilidades fueron de \$1'404.000 pesos colombianos al año.

6.2.2 Ventas de la empresa con el proyecto: Al tener el molde la empresa el molde solo tendría que pagar el costo de la materia prima (HDPE) que se utilizaría para inyectar la pieza que son de 500g y el costo del golpe de la maquina inyectora, a continuación en la siguiente tabla se muestra en la tabla de los gastos para la producción del bebedero de perros.

Tabla 19. Ventas de la empresa con el proyecto

Cantidad	Costo de materia prima (HDPE)	Golpe de inyección de la maquina	Transporte	Costo de producción	Valor de venta	Utilidades
1	\$2,800	\$1,500	\$300	\$ 4,600	\$27,000	\$22,400
468	\$436,800	\$702,000	\$120,000	\$1'258,800	\$12'636,000	\$ 11'337,200

Al tener el molde de inyección se tienen unas utilidades anuales de \$11'337.200 pesos colombianos al vender los 468 bebederos.

6.3 FLUJO EFECTIVO: Se hace la comparación de las utilidades con y sin el proyecto, al término de 5 años para la recuperación del capital invertido, en la fabricación del molde.

6.3.1 Flujo efectivo sin el proyecto: Al no tener en cuenta el proyecto, se verán las utilidades de la venta de los bebederos comprándolos a terceros a 5 años, teniendo en cuenta con los datos mencionados anteriormente, los valores están dados en pesos colombianos.

Tabla 20 Flujo efectivo sin proyecto a 5 años

	0	1	2	3	4	5
Ingresos	-	\$12'636.000	\$12'636.000	\$12'636.000	\$12'636.000	\$12'636.000
Costo de producción	-	\$11'232.000	\$11'232.000	\$11'232.000	\$11'232.000	\$11'232.000
Depreciación	-	0	0	0	0	0
Utilidad	-	\$1'404.000	\$1'404.000	\$1'404.000	\$1'404.000	\$1'404.000
Impuesto (33%)	-	\$463.320	\$463.320	\$463.320	\$463.320	\$463.320
Utilidades con impuestos	-	\$940.680	\$940.680	\$940.680	\$940.680	\$940.680

Como se observa por la venta de los 468 bebederos de perros de razas grandes se obtiene unas utilidades anuales con impuestos son aproximadamente de \$940.680 pesos colombianos.

6.3.2 Flujo efectivo con proyecto: Al tener en cuenta el proyecto se debe mirar las utilidades y conocer en cuanto tiempo se recuperara las inversiones iniciales, así saber si es rentable realizar el proyecto, los valores están dados en pesos colombianos y teniendo en cuenta los datos mencionados anteriormente.

Tabla 21 Flujo efectivo con el proyecto a 5 años.

	0	1	2	3	4	5
Ingresos	-	\$12'636.000	\$12'636.000	\$12'636.000	\$12'636.000	\$12'636.000
Costos de producción	-	\$1'258.800	\$1'258.800	\$1'258.800	\$1'258.800	\$1'258.800
Depreciación	-	\$3'279.292	\$3'279.292	\$3'279.292	\$3'279.292	\$3'279.292
Utilidades antes de impuesto	-	\$8'097.908	\$8'097.908	\$8'097.908	\$8'097.908	\$8'097.908
Impuestos (33%)	-	\$2'672.310	\$2'672.310	\$2'672.310	\$2'672.310	\$2'672.310
Utilidades después de impuestos	-	\$5'425.598	\$5'425.598	\$5'425.598	\$5'425.598	\$5'425.598



Tabla 21. (Continuación)

	0	1	2	3	4	5
Depreciación	-	\$3'279.292	\$3'279.292	\$3'279.292	\$3'279.292	\$3'279.292
Flujo efectivo	- \$14'569.560	\$8'704.890	\$8'704.890	\$8'704.890	\$8'704.890	\$8'704.890

Como se observa en el cuadro 19, en año 0 se hace la inversión de \$14'569.560 pesos colombianos, se tiene unas utilidades anuales aproximadas de \$8'704.890 pesos colombianos.

A continuación se hallara el flujo incrementa anual, haciendo la comparación de las utilidades entre el flujo efectivo sin el proyecto y el flujo efectivo con el proyecto.

Tabla 22 Flujo incremental para un almacén

	0	1	2	3	4	5
Flujo efectivo sin el proyecto	0	\$940.680	\$940.680	\$940.680	\$940.680	\$940.680
Flujo efectivo con el proyecto	- \$16'396.460	\$8'704.890	\$8'704.890	\$8'704.890	\$8'704.890	\$8'704.890
Flujo incremental	- \$16'396.460	\$7'764.210	\$7'764.210	\$7'764.210	\$7'764.210	\$7'764.210

Como se observa en el cuadro anterior, el flujo incremental anual es de \$7'764.210 de pesos colombianos por cada almacén.

Se debe halla la TIO para poder obtener el VPN del proyecto.

$$TIO = (1 + DTF) * (1 + 5\%) - 1$$

Los datos de toman de la página web del banco de la república de Colombia.  
Donde:

TIO = Tasa interna de oportunidad

DTF= Tasa de captación, promedio del último año (5.74%)

$$TIO = (1 + 5.74\%)(1 + 5\%) - 1$$

$$TIO = (1.0574 * 1.05) - 1$$

$$TIO = 1.1027 - 1$$

$$TIO = 0.11027$$

$$TIO = 11.03\%$$

Con la TIO se calcula el VPN que es el valor presente neto.

$$VPN = \frac{VF}{(1 + tio)^n}$$

Ing económica Guillermo Bacca

Donde:

VPN= Valor presente neto

VF= Valor final

N= Tiempo (años)

$$VPN = -\$16'396.460 + \frac{\$7'764.210}{(1 + 11.03\%)^1} + \frac{\$7'764.210}{(1 + 11.03\%)^2} + \frac{\$7'764.210}{(1 + 11.03\%)^3} + \frac{\$7'764.210}{(1 + 11.03\%)^4} + \frac{\$7'764.210}{(1 + 11.03\%)^5}$$

$$VPN = -\$16'396.460 + \$6'992.894 + \$6'298.202 + \$5'672.523 + \$5'109.000 + \$4'601.459$$

$$VPN = \$12'277.18$$

La fabricación del molde da un rentabilidad importante para Silveragro S.A con un valor presente neto para todos los almacenes es de \$12'277.618 pesos de colombiano.

Se halla la TIR es la tasa interna de retorno, es para saber el porcentaje de beneficio o de pérdida del proyecto

Como se observa TIR es de 38%, lo que indica que el proyecto es viable.

Se halla el periodo de recuperación, para saber exactamente el año y mes que se recuperara el dinero invertido

$$PR = a + \left(\frac{b - c}{d}\right)$$

Donde:

a= El último año que se pagó completo

b= Inversión inicial

c= Es la suma de los años pagados

d= Flujo incremental

$$PR = 2 + \left( \frac{\$16'396.460 - \$15'528.420}{\$7'764.210} \right)$$

$$PR = 2.12 \text{ años}$$

Se determina la equivalencia en 2 años y un mes y medio para la recuperación de la inversión inicial.

## 7. CONCLUSIONES

- El polietileno de alta densidad (HDPE) es el ideal para el bebedero de perros de razas grandes por sus propiedades, disponibilidad, su bajo costo para una mayor rentabilidad y se comprobó teóricamente y por simulación que el bebedero no se deformara.
- El molde de dos placas es el más apropiado para moldes de una sola cavidad, ya que al usar otros tipos de molde se desperdicia mucho material y se tendría que agregar otra placa haciendo que aumente el costo de fabricación del molde.
- Por medio de software Autodesk Moldflow fue posible comparar los cálculos teóricos con los de la simulación en los tiempos, garantizando una producción más efectiva.
- Se obtuvo en la evaluación financiera un resultado positivo, que al construir el molde de inyección, un incremento en utilidades anuales de \$12'277.618 pesos colombianos, una rentabilidad (TIR) de 38% y un producto que puede competir en el mercado.
- Se seleccionó el sistema de refrigeración en serio por su bajo costo, su buen control del refrigerante y su facilidad para mecanizar.
- En la selección de materiales para el molde de inyección se seleccionaron los aceros P20 para las cavidades por su alto contenido de cromo, acero AISI 1045 para las placas expulsoras, placa inferior, placa superior, placas laterales y la placa sufridera por su alta dureza y de esa forma tener una buena resistencia al desgaste y el acero AISI 8620 para las columnas por su dureza y su buena resistencia para deformarse.

## 8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda no disminuir el espesor, en la parte que alimenta de agua del bebedero, porque al de un menor espesor no se llenaría en su totalidad de la cavidad del molde.
- Al no tener la disponibilidad de Polietileno de alta densidad (HDPE), se recomienda usar PMMA ya que es un material que tiene características parecidas y fue el segundo material en la selección de material para la pieza.
- No incrementar el diámetro de los canales de refrigeración, ya que al aumentar el diámetro, el calcula disminuye y la transferencia de calor no sea la ideal para el molde de inyección.

## BIBLIOGRAFÍA

ARÉVALO PARRA, Santiago and ARIAS CAICEDO, Juan Pablo. Diseño de un molde de inyección para la fabricación de una direccional LED. Bogotá, D.C.: Fundación Universidad de América, 2017.

BELTRÁN M. y MARCILLA A. TECNOLOGÍA DE POLÍMEROS, TEMA 5; INYECCIÓN.

BESEDDNJAK Alejandro. Los moldes con los materiales compuestos. Barcelona. Septiembre de 2005

BODINI, Gianni and CACCHI PESANI, Franco. Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos. Tomo II. México: Negri Bossi, 1992

BRASKEM. Descripción del HDPE. FICHA TECNICA. 2008. 110 p.

CASTILLO REYNA. Letty Alejandra. Universidad de san Carlos Guatemala, OPTIMIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA EN EL PROCESO DE MOLDEO POR INYECCIÓN DE POLIPROPILENO EN LA FABRICACIÓN DE TAPAS PARA MEJORAR LOS ÍNDICES DE CALIDAD. Guatemala.

Cía. General de aceros, S A. Bases y elementos normalizados para moldes. Bogotá.

FUNDACION ASCAMM Reproducido con autorización expresa del editor. La importancia de refrigeración del molde en el proceso de inyección de material plástico

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. Guía metodológica para la elaboración de trabajos de grado y proyectos de investigación en pregrado. Bogotá D.C.: 2011.101p.

GASTROW. Hans. Moldes de inyección para plásticos- 100 casos prácticos 4a edición alemana completa, 1992,

GALEANO TIRADO Jhonathan Melecio. DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE UNA BANDEJA PARA LA SIEMBRA DE BONSAÍ. Bogotá D.C. Fundación Universidad América. 2013.

HASCO. Catálogos de racores.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá D.C.: El instituto, 2008. 33p. c.

\_\_\_\_\_. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Bogotá D.C.: El instituto, 2008. 36p. 2008.

\_\_\_\_\_. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. NTC 4490. Bogotá D.C.: 1998. 23p.

LARROTTA CORTÉS, María Paula and VEGA ALEMÁN, Christian Alexander. DISEÑO DEL MOLDE PARA LA FABRICACIÓN DEL VASO PLÁSTICO DE LICUADORA PARA NACIONAL DE LICUADORAS-NALIET S.A.S. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América, 2015.

MÁRQUEZ .Jorge A. Información docente para el "Plan de Desarrollo" de la Facultad de Ingeniería. En: INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN. Jan 1, .no. 37, p. 103-110

MARTINEZ- CHAVANZ, Regino. Moldeo por inyección TEMA 11. En: PRAXIS FILOSOFICA. Jun 1, .no. 22, p. 30

MENGES & MOHREN. MOLDES PARA INYECCIÓN DE PLASTICO. México D.F.: Ediciones G. GILI, S.A, 1983.

NARANJO ALBERTO. Inyección de termoplásticos, sistemas de enfriamiento para moldes. Agosto del 2014. Disponible en: <http://www.plastico.com/temas/Diseno-y-operacion-de-sistemas-de-enfriamiento-en-moldes-de-inyeccion-para-termoplasticos+99199?pagina=1>

POLÍMEROS, Todo En. Colada Fría – Colada Caliente. 2017.

Rafael Juan. Moldes de inyección en línea. En: INTEREMPRESAS.

SÁNCHEZ, Saúl. YAÑEZ, Isaura. And RODRÍGUEZ, Olivero. Moldeo por inyección de termoplásticos. México.: Limusa, 2005.

SARMIENTO, Ludes. Un perro y depende de su tamaño debe beber distinta cantidad de agua diaria. 9 de marzo de 2017 Disponible en: <https://www.mundoperros.es/cuanta-agua-necesita-tomar-perro-diariamente-segun-tamano/>

SUREZ CASTRILLÓN, Albert Miller; TAFUR PRECIADO, Wilson and CALDERÓN NIEVES, Pedro Rodolfo. Aplicación de herramientas CAD/CAM para el diseño y

fabricación de prototipos de moldes de inyección de plásticos. En: TECNURA. vol. 19, no. 46, p. 115-121



ANEXOS

## ANEXO A

### MATERIAL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD GF4950



Ficha técnica

Revisión 6 (Set/15)

#### Polietileno de alta densidad GF4950

##### Descripción:

GF4950 es un polietileno de alta densidad, copolímero, desarrollado para el sector de moldeo por soplado, con alta resistencia al impacto y buena rigidez. Tiene buena resistencia a lo stress cracking y es apto para el contacto con sustancias tensoactivas y productos químicos.

##### Aplicaciones:

Soplado - Pequeño volumen:

Bidones para productos químicos, envases de detergentes, cosméticos, tensoactivos e aceite lubricante;

Tanques pequeños para automóviles;

Tanque del lavaparabrisas, tuberías de aire.

##### Proceso:

Moldeo por soplado;

Moldeo por inyección.

##### Propiedades de control:

	Método ASTM	Unidad	Valor
Índice de fluidez (190/2,16)	D 1238	g/10 min	0,36
Índice de fluidez (190/21,6)	D 1238	g/10 min	28
Densidad	D 792	g/cm <sup>3</sup>	0,956

##### Propiedades típicas:

Propiedades de referencia de la placa<sup>a</sup>

	Método ASTM	Unidad	Valor
Tensión en el punto de rotura	D 638	MPa	30
Módulo de flexión, secante al 1%	D 790	MPa	1350
Resistencia al impacto Izod	D 256	J/m	150
Resistencia a la fisuración por tensión ambiental <sup>b</sup>	D 1693	h/F50	40
Resistencia a la fisuración por tensión ambiental <sup>c</sup>	D 1693	h/F50	70
Temperatura de deflexión térmica a 0,455 MPa	D 648	°C	70

(a) Lámina moldeada por compresión según el método ASTM D 4703.

(b) Condición: 10% de Igcpal, placa de 2 mm con ranura de 0,3 mm, a 50 °C.

(c) Condición: 100% de Igcpal, placa de 2 mm con ranura de 0,3 mm, a 50 °C.

## ANEXO B

### FICHA TÉCNICA DE LA MÁQUINA INYECTORA METEOR 205H DESIGNACIÓN 2050/1510

✓ CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS : <b>Meteor 205 H</b>				
DESIGNACIÓN		2050 / 625 H	2050 / 1060 H	2050 / 1510 H
Unidad de Inyección		625	1060	1510
Diámetro del husillo	mm	40-45-52	45-52-60	52-60-70
Presión máxima de Inyección	bar	2204-1742-1304	2380-1782-1338	2366-1777-1305
Volumen teórico de Inyección	cm <sup>3</sup>	283-358-478	445-595-792	637-848-1154
Velocidad regulable del husillo	min-1	395	329	259
Par de giro del husillo	Nm	1113	1753	2226
Zonas de calefacción	nº	4+1	4+1	4+1 - 5+1
Potencia de calefacción	kW	11,5-13,5-19	13,38-18,78-20,58	18,78-20,58-27,18
Unidad de Cierre				
Fuerza de cierre	kN ( Tm)	2050 ( 205 )		
Carrera máxima de apertura	mm	700		
Espesor mínimo de molde	mm	200 - 500		
Paso entre columnas HxV	mm	560 x 560		
Fuerza máxima de expulsión	kN	69		
Carrera máxima de expulsión	mm	150		
General				
Ciclos en vacío ( Euromap 6a)	min-1	22		
Potencia total instalada	kW	41,5-43,5-49	43,38-48,78-50,58	48,78-50,58-57,18
Peso neto de la máquina	kg	10500		



ANEXO C.

MATERIALES UTILIZADOS EN CADA PIEZA DEL MOLDE

-3-

Aceros para Piezas Normalizadas Utilizados en la Construcción de Moldes

Por: Técnicos, SENA, Programa de Asesoría - ASTIN-Unidad de Industria

PIEZA	Número material	Normas AISI	Röchling	ASSAB	Böhler	ATLAS SIDELPA
Placa de fijación o de amarre (superior e inferior)	1.0110	1020	1020	---	---	1020
	1.1730	1045	1045	760	K945	1045
	1.2312	P20	Moultrex A	718	M210	Mold. Espe.
Placa porta cavidad o de moldeo (porta macho y porta cavidad) Placas deslizantes.	1.1730	1045	1045	760	K945	1045
	1.2162	---	---	---	---	---
	1.2767	---	---	---	---	---
	1.2312	P20	Moultrex A	718	M210	Mold. Espe.
	1.2083	420 Mod	~ BP42	STAVAX	N335	420PQ
Placa de retención	1.1730	1045	1045	760	K945	1045
Placa Expulsora	1.0110	1020	1020	---	---	1020
	1.1730	1045	1045	760	K945	1045
Separadores	1.0110	1020	1020	---	---	1020
	1.1730	1045	1045	760	K945	1045
Anillo de Centrado	1.1730	1045	1045	760	K945	1045
Boquilla	1.2344	H13	RDC-24	8407	W302	Crovan
	1.2083	420 Mod.	~ BP-42	STAVAX	N335	420 PQ
Expulsores	1.2344	H13	RDC-24	8407	W302	Crovan
	1.2510	01	~ AC Plata	DF-2	K460	Keewatin
	1.2083	(rectif) 420 Mod.	~ BP-42	(rectif) STAVAX	(rectif) N335	(rectif) 420 PQ
Columna guía	1.6523	8620	---	7210	EM80	8620
	1.5713	3115	RAE-1	---	---	---
Casquillo guía	1.6523	8620	RAE-1	7210	EM80	8620
	1.5713	3115	RAE-1	---	---	---
Cavidades y Postizos	1.2312	P20	Moultrex A	718	M210	Mold. Esp.
	1.2344	H13	RDC-24	8407	W302	Crovan
	1.2083	420 Mod.	~ BP-42	STAVAX	N335	420 PQ
Expulsor Central	1.1730	1045	1045	760	K945	1045
	1.2510	01	Ac. Plata	DF-2	K460	Keewatin
		(rectif)		(rectif)	(rectif)	(rectif)

Tratamiento Térmico y Dureza Recomendable en los Aceros para Piezas Normalizadas Utilizadas en la Construcción de moldes.

PIEZA	Número material	Normas AISI	Tipo de tratamiento térmico	Dureza trabajo recomendable
Placa de fijación o de amarre (superior e inferior)	1.0110 1.1730 1.2312	1020 1045	C T-N	55-60
Placa para cavidad o de moldeo (porta macho y porta cavidad). Placas deslizantes.	1.1730 1.2162 1.2767 1.2312 1.2083	1045 -- -- P20 420 Mód.	T-N -- -- C-T-N T	55-60
Placa de retención	1.1730	1045	T-N	55-60
Placa expulsora	1.0110 1.1730	1020 1045	C T-N	55-60 55-60
Separadores	1.0110 1.1730	1020 1045	C T-N	55-60
Anillo de centrado	1.1730	1045	T-N	55-60
Boquilla	1.2344 1.2083	H13 420 Mód.	T-N T	55-60
Expulsores	1.2344 1.2510 1.2083	H13 01 (Rect.) 420 Mód.	T-N T T	55-60

## ANEXO D

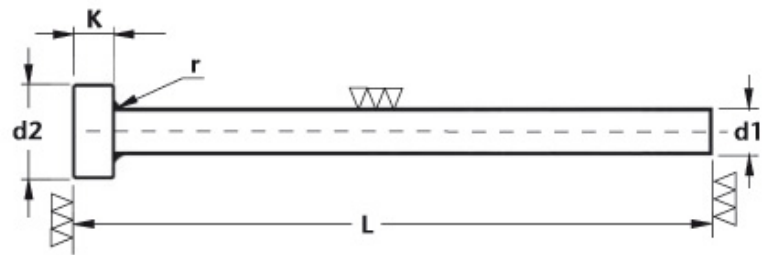
### CATÁLOGO DE LOS EXPULSORES

Expulsores cabeza cilíndrica templados – DIN 1530 – forma "AH"

**Material:** Acero SAE 01 / DIN 1.2510 / 100Mn Crw4

**Dureza vástago:** 60/62 HRC

**Dureza cabeza:**  $45 \pm 5$  HRC



d1-g6	d2-0.2	K 0.05	r	L + 1						
				100	125	160	200	250	315	400
1.5	3	1.5	0.2	**	**	**	**			
2	4	2	0.2	**	**	**	**	*		
2.2	4	2	0.2	*	*	*	*			
2.5	5	2	0.3	**	**	**	**	**		
3	6	3	0.3	**	**	**	**	**	**	**
3.2	6	3	0.3	*	*	*	*	*		
3.5	7	3	0.3	**	**	**	**			
3.7	7	3	0.3	*	*	*	*			
4	8	3	0.3	**	**	**	**	**	**	**
4.2	8	3	0.3	*	*	*	*	*		
4.5	8	3	0.3	**	**	**	**	**		
5	10	3	0.3	**	**	**	**	**	**	**
5.2	10	3	0.3	*	*	*	*	*		
5.5	10	3	0.3	**	**	**	**			
6	12	5	0.5	**	**	**	**	**	**	**
6.2	12	5	0.5	*	*	*	*	*		
6.5	12	5	0.5	**	**	**	**	*		
7	12	5	0.5	**	**	**	**	**		
8	14	5	0.5	**	**	**	**	**	**	**
8.2	14	5	0.5	*	*	*	*	*		
9	14	5	0.5	**	**	**	**			
10	16	5	0.5	**	**	**	**	**	**	**
10.2	16	5	0.5		*	*	*	*	*	
12	20	7	0.8	**	**	**	**	**	**	**
14	22	7	0.8	**	**	**	**	**	**	**
16	22	7	0.8	**	**	**	**	**	**	**
20	26	8	1				**	**	**	**

## ANEXO E

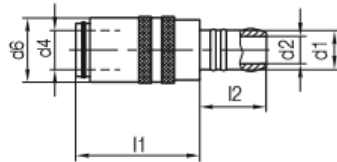
### ELEMENTOS NORMALIZADOS DE HASCO

Schnellkupplung, mit freiem Durchgang  
 Rapid coupling, open flow  
 Coupleur rapide, à passage ouvert

Mat.: 2.0401



Z8021/...  
 Z81/...  
 Z83/...  
 Z830/...  
 Z831/...  
 Z90/...

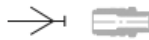


Z85/...  
 Z851/...  
 Z852/...  
 Z853/...  
 Z854/...

Medium	max. C°
Luft/air/air	200
Öl/oil/huile	120
Wasser / water / eau	100



Schlauchgrenzwerte können abweichen!  
 Hose limits can differ!  
 Les valeurs limites des tuyaux peuvent différer!



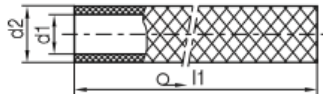
p [bar]	l2	l1	d6	d4	d2	d1	Nr./No.
25	13,5	21,5	10	5	3,5	<b>5</b>	Z801/ 5
	22	31	17	9	6	<b>9</b>	9
	25	37	22	13	9	<b>13</b>	13
	32	58	31	19	13	<b>19</b>	19



## Z85/...

PVC-Schlauch  
Plastic hose  
Tuyau en PVC

Mat.: PVC



Medium	max. C°
Luft/air/air	60
Öl/oil/huile	-
Wasser/water/eau	60

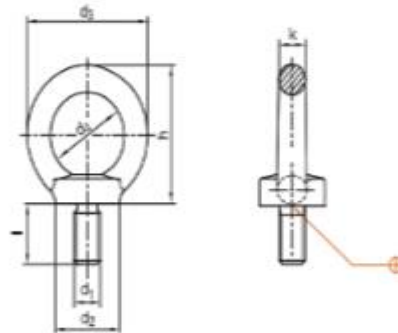
style	p [bar]	min. r	l1	d2	d1	Nr./No.
Transparent, weiß	19	25	25000	9	5	Z85/ 5
Transparent, white		35		15	9	9
Transparent, blanc	15	60		20	13	13
	12	90		26	19	19

## Z710/...

Ringsschraube  
Lifting eye bolt  
Anneau de levage

Mat : C15E  
DIN 580  
Max. °C: 200

CE



K3600



Umringsliches Z710/... Programm siehe Z-Katalog, Bereich 2.  
Refer to the Z-catalogue, section 2 for a comprehensive range of Z710/....  
Pour une gamme complète Z710/... voir le catalogue Z, secteur 2.

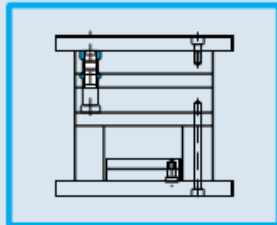
max. kg	max. kg	l	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	h	k	d <sub>1</sub>	Nr./No.
140	100	13	20	36	20	36	8	M 8	Z710/ 8
230	170	17	25	45	25	45	10	M10	10
340	240	20.5	30	54	30	53	12	M12	12

ANEXO F.

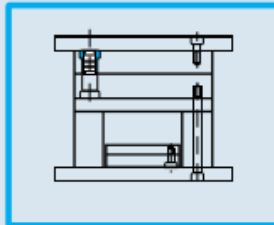
TIPOS Y DIMENSIONES SUGERIDAS PARA LA CONTRUCCION DEL MOLDE

**BASES PORTAMOLDE ESTANDAR**

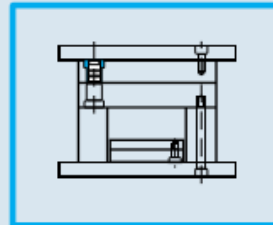
TIPOS CONSTRUCTIVOS



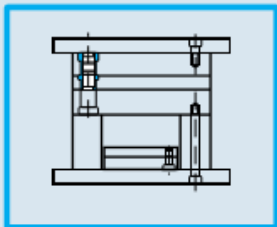
TIPO 1



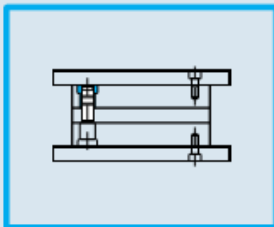
TIPO 2 ❄



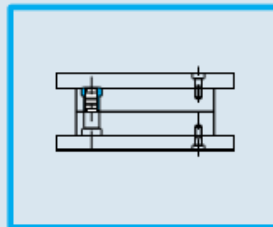
TIPO 3



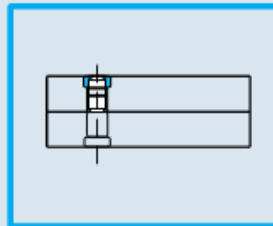
TIPO 4



TIPO 5



TIPO 6

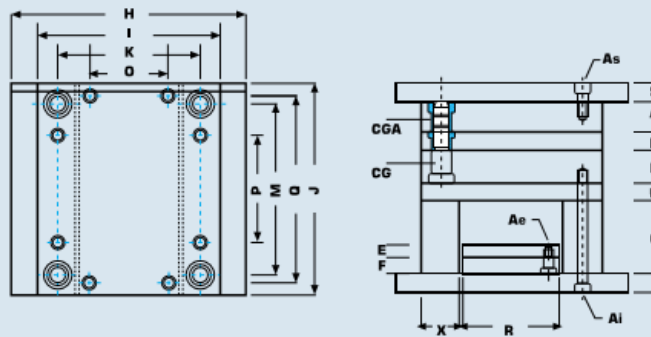


TIPO 7 ❄



BASES PORTAMOLDE ESTANDAR																					
REFERENCIA PORTAMOLDE	ESTRUCTURA																PLACAS CIERRE				
	H	I	J	K	M	O	P	Q	R	X	S	U	E	F	C	Al/As	Ae	A°	B°	C°	d
2020	246	196	196	154	152	96	100	132	118	38	22	27	12	17	56	M10	MB				18
2025	246	196	246	150	202	90	150	182	108	48	27	36	12	17	56	M10	MB				18
2030	246	196	296	150	244	90	186	230	108	48	27	36	12	17	76	M12	MB				22
2035	246	196	346	150	284	90	236	280	108	48	27	36	12	17	76	M12	MB				22
2525	296	246	246	200	200	130	130	180	158	48	27	36	12	17	76	M12	MB				22
2530	296	246	296	200	244	130	186	230	158	48	27	36	12	17	76	M12	MB				22
2535	296	246	346	154	284	136	224	286	158	48	27	46	17	22	76	M12	MB	27	27		22
2540	296	246	396	188	340	122	284	330	150	47	36	46	17	22	76	M12	MB	36	36		22
3030	346	296	296	250	244	180	186	230	208	48	27	46	12	17	76	M12	MB				22
3035	346	296	346	244	284	186	224	286	208	48	36	46	17	22	76	M12	MB				22
3040	346	296	396	248	340	176	284	330	200	47	36	46	17	22	76	M12	MB				22
3535	396	346	346	284	284	236	224	286	258	48	36	46	17	22	76	M12	MB				22

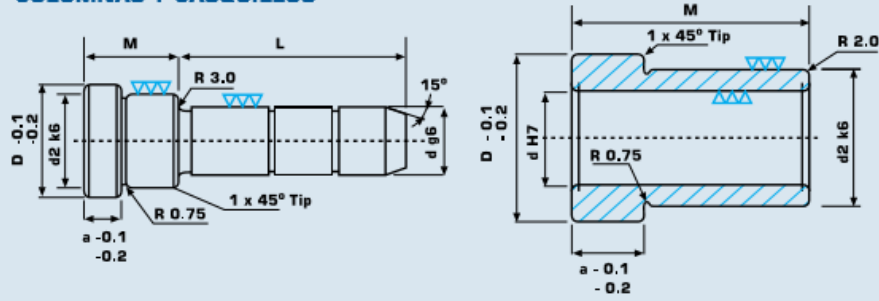
\*Puede utilizar diferentes espesores en las placas de cierre A, B y D.



MECANIZAMOS

# ELEMENTOS DE GUIADO Y ACCESORIOS

## COLUMNAS Y CASQUILLOS



COLUMNAS Y CASQUILLOS																				
d	d2	D	a	M	L															
					23	30	36	46	48	53	59	65	71	78	84	96				
18	25	30	E	22	0	0	0	0	0											
				29	0	0	0	0	0											
				35	0	0	0		0	0				0	0					
				47	0	0	0		0				0	0	0					0
22	30	35	E	22	0	0	0		0	0										
				29	0	0	0	0	0				0	0					0	
				35	0	0	0		0	0			0	0						0
				47		0	0	0	0			0	0	0						0
30	40	45	E	29		0	0		0					0				0		
				35		0	0		0				0	0					0	
				47		0	0	0	0			0	0	0					0	

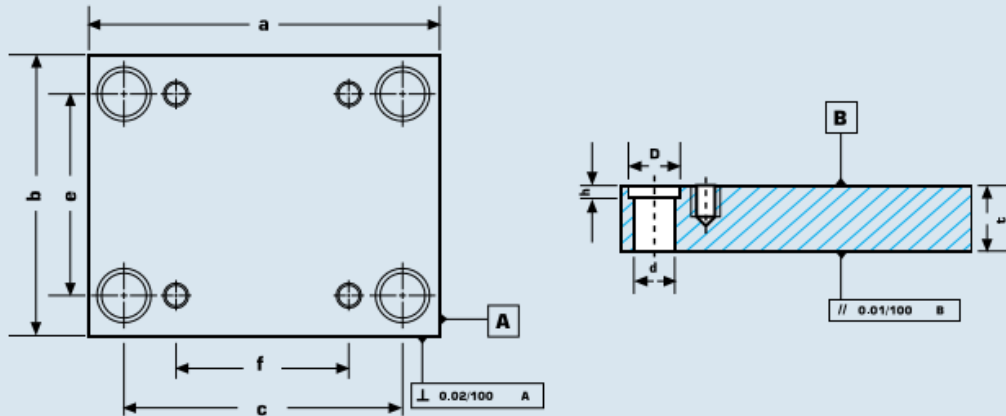
### MATERIALES


- Aceros AISI 01 (1-2510)
- Aceros AISI A2 (1-2363)
- Aceros SAE 4340
- Aceros SAE 8620

AJUSTE	RANGOS DE DIAMETROS	TOLERANCIA
H7	18 a 30	- 0.000 + 0.021
K6	18 a 30	+ 0.015 + 0.002
K6	30 a 40	+ 0.018 + 0.002
q5	18 a 30	- 0.007 - 0.020

## TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN

TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN						
a - b	c - e	f	D	d	h	t
100 - 200	± 0.1 mm				- 0.000 mm	+ 0.03 mm
100 - 400	± 0.2 mm	+/- 0.005 mm	+/- 0.2 mm	+/- 0.1 mm	H7	+ 0.2 mm
						- 0.0 mm



 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016


## AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES




Yo Rafael Humberto Mojica Pico en calidad de titular de la obra **DISEÑO DE MOLDE DE UN BEBEDERO PARA PERROS DE RAZAS GRANDES**, elaborada en el año 2017, autorizo al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que me corresponde y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autor manifiesto conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autor establezco las siguientes condiciones de uso de mi obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input checked="" type="checkbox"/>

Licencias completas: [http://co.creativecommons.org/?page\\_id=13](http://co.creativecommons.org/?page_id=13)

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a su autor.

De igual forma como autor autorizo la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

AUTORIZO	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	x	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	x	

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaré, en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
		x

Para constancia se firma el presente documento en Bogotá D.C, a los 24 días del mes de enero del año 2018.

EL AUTOR:

Autor 1

Nombres	Apellidos
Rafael Humberto	Mojica Pico
Documento de identificación No	Firma
1019084669	