

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MATRIZ AUTOMATIZADA
PARA INYECCION DE ADAPTADORES DE ½” NPT CON UNA
PRODUCCION DE 4 UNIDADES POR INYECCION, PARA LA
FABRICA PRODUCTOS FORTIFLEX”**

**PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO.**

TOMO I

OSCAR DANILO LOAYZA VILLA

DIRECTOR: ING. PABLO FIGUEROA

CODIRECTOR: ING. FERNANDO OLMEDO

Sangolquí, 2012 – 12

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MATRIZ AUTOMATIZADA PARA INYECCION DE ADAPTADORES DE ½” NPT CON UNA PRODUCCION DE 4 UNIDADES POR INYECCION, PARA LA FABRICA PRODUCTOS FORTIFLEX” fue realizado en su totalidad por OSCAR DANILO LOAYZA VILLA, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero mecánico.

Ing. Pablo Figueroa

DIRECTOR

Ing. Fernando Olmedo

CODIRECTOR

Sangolquí, 13 de Diciembre del 2012

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MATRIZ AUTOMATIZADA PARA INYECCION DE ADAPTADORES DE ½” NPT CON UNA PRODUCCION DE 4 UNIDADES POR INYECCION, PARA LA FABRICA PRODUCTOS FORTIFLEX”

ELABORADO POR:

Oscar Danilo Loayza Villa

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Ing. Angelo Villavicencio

DIRECTOR DE CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DEDICATORIA

Este proyecto es dedicado a mi familia, a mis padres Juan Vicente que siempre ha sido mi ejemplo de perseverancia y honestidad, a mi madre María Teresa que con su infinito amor y consejos ha llenado mi vida de buenos valores orientándome por el camino del bien y me han ayudado a superar todos los obstáculos que he tenido que afrontar en mi vida, a mis hermanos, fuente de inspiración, que con su apoyo he logrado salir adelante con felicidad en todas las circunstancias y con su ejemplo mantienen vivo mi deseo de superarme cada día más, y a mi esposa Gisella que con su alegría colma mi vida de sonrisas ayudándome a superar el estrés del diario vivir.

OSCAR DANILO LOAYZA VILLA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a mis padres por el regalo grandioso de la vida, a mis hermanos por su gran apoyo en todo momento.

Agradezco en especial a mi papá Juan Vicente y a mi mamá María Teresa, por apoyarme incondicionalmente en el transcurso de mi carrera brindándome consejos y ejemplo de vida y de trabajo.

Agradezco a la ESPE, en especial a los docentes de la Carrera de Ingeniería

Mecánica por darme una excelente formación académica para conseguir el éxito a nivel profesional.

Agradezco al Ing. Pablo Figueroa y al Ing. Fernando Olmedo, director y codirector de este proyecto respectivamente, por la labor de seguimiento y correcciones sugeridas de manera acertada en el transcurso de desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	ii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xviii
NOMENCLATURA	xxviii
ANEXOS.....	xxxi
RESUMEN.....	xxxii
CAPÍTULO 1.....	1
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.	7
1.4. OBJETIVOS.	10
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.	10
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	10
1.5 ALCANCE DEL PROYECTO.....	10
CAPÍTULO 2.	11
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. FUNDAMENTOS TEORICOS DEL PROCESO	11
2.1.1. DEFINICION DE LOS PLASTICOS	11
2.1.2. CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES DE LOS PLASTICOS... ..	11
2.1.3. CLASIFICACION DE LOS PLASTICOS.....	12
2.1.3.1. Termoplásticos.....	12
2.1.3.2. Termoestables	14
2.1.3.3. Elastómeros	14
2.1.3.3.1. El polietileno de baja densidad (LDPE)	15
2.1.3.3.2. Polietileno de Alta densidad (HDPE)	15
2.1.3.3.3. Polipropileno.....	16

2.1.4. METODOS DE MOLDEO DE PLASTICO	19
2.1.4.1. Moldeo a alta presión y baja presión.....	19
2.1.4.2. Extrusión	20
2.1.4.3. Inyección	21
2.1.4.4. Al vacío	23
2.1.4.5. Por soplado	23
2.1.4.6. Método indirecto.....	23
2.1.4.7. Método directo	23
2.1.4.8. Colada.....	24
2.1.4.9. Espumado.....	25
2.1.4.10 Calandrado.....	25
2.2. FUNCIONES DEL MOLDE PARA INYECCION DE PLASTICO	26
2.2.1. TIPOS DE MATRICES O MOLDES	26
2.2.1.1. MATRIZ POR COMPRESION.....	26
2.2.1.2. MATRIZ DE TRANSFERENCIA DE RESINAS (TERMOESTABLES)	27
2.2.1.3. MATRIZ DE INYECCION	27
2.2.2. METODO DE MOLDEO POR INYECCION.....	28
2.2.2.1. INTRODUCCION	28
2.2.2.2. DESCRIPCION DEL PROCESO.....	28
2.3. PARTES DEL MOLDE PARA INYECCION DE PLASTICO	30
2.3.1. SISTEMA DE ALIMENTACION	30
2.3.1.1. Bebedero, mazarote y pozo frio	31
2.3.1.1.1. Forma y dimensiones del bebedero	31
2.3.1.1.2. Situación y tipos de bebederos.	35
2.3.1.1.3. Refrigeración del bebedero.	36
2.3.1.1.4. Ajuste del bebedero.	37
2.3.1.1.5. Pozo frio	38
2.3.1.1.6. Mazarote	38
2.3.1.2. CANALES DE ALIMENTACION.....	40
2.3.1.2.1. Forma de la sección.	40
2.3.1.2.2. Calculo de los canales.....	41
2.3.1.2.3. Disposición de los canales	46

2.3.1.3. ENTRADAS.....	47
2.3.1.3.1. Tamaño	48
2.3.1.3.2. Posición de la entrada.....	50
2.3.1.3.3. Tipos de entradas.....	50
2.3.1.4. CAVIDADES	65
2.3.1.4.1 Determinación del número de cavidades	66
2.3.1.4.2 Factores económicos	68
2.3.1.4.3 Superficie mínima de cierre y de apoyo del molde.....	70
2.3.1.5. RESPIRADEROS.....	70
2.3.1.5.1 Situación de los respiraderos	71
2.3.1.5.2 Diseño de respiraderos.	71
2.3.2 SISTEMAS DE REFRIGERACION Y ATEMPERADO DE MOLDES.....	73
2.3.2.1 INTERCAMBIO DE CALOR.....	75
2.3.2.1.1 Intercambio de calor entre el material plástico y el molde... 75	
2.3.2.1.2 Intercambio de calor metal – líquido refrigerante.....	82
2.3.2.2 REFRIGERACION DEL MAZAROTE.....	83
2.3.2.3 DISEÑO DE LOS CANALES DE REFRIGERACION.....	83
2.3.2.4 REPRESENTACION DE ALGUNOS CIRCUITOS DE REFRIGERACION.....	86
2.3.2.5 TEMPERATURAS DE PROCESADO Y DE MOLDE PARA LOS MATERIALES PLASTICOS	92
2.3.2.6 DEFECTOS DEBIDOS A TEMPERATURA INADECUADA DEL MOLDE	92
2.3.3 SISTEMAS EXTRACTORES O EXPULSORES	93
2.3.3.1 COLOCACION DE LOS EXPULSORES.....	93
2.3.3.2 CUALIDADES DE UN SISTEMA DE EXPULSION	94
2.3.3.3 TIPOS DE EXPULSORES	94
2.3.3.3.1 Espigas o vástagos extractores.....	94
2.3.3.3.2 Casquillos o manguitos extractores.....	99
2.3.3.3.3 Placas expulsoras	100
2.3.3.3.4 Sistemas combinados	102
2.3.3.3.5 Espiga extractora de válvula	103

2.3.3.3.6	Sistemas neumáticos	104
2.3.3.4	COLUMNAS SOPORTE	104
2.3.3.4.1	Determinación de las características de las columnas soporte y cálculo de la superficie admisible de la cavidad.	105
2.3.4	SISTEMA DE CENTRADO Y GUIAS DE MOLDE	108
2.3.4.1	ESPIGAS Y MANGUITOS GUIAS	108
2.4	TIPOS DE MOLDES PARA INYECCION DE PLASTICO	111
2.4.1	MOLDES NORMALIZADOS.	114
2.5.	MATERIALES USADOS PARA MOLDES DE INYECCION DE PLASTICO.....	124
2.5.1.	INTRODUCCION	124
2.5.2.	ACEROS UTILIZADOS EN LA FABRICACION DE MOLDES.....	124
2.5.2.1.	ACEROS	125
2.5.2.2.	CARACTERISTICAS QUE EXIGEN AL ACERO	125
2.5.2.2.1.	Mecanizado	126
2.5.2.2.2.	Embutición en frio.....	126
2.5.2.2.3.	Mecanizado por electroerosión	128
2.5.2.2.4.	Tratamiento térmico	129
2.5.2.2.5.	Pulido	135
2.5.2.2.6.	Resistencia al desgaste	138
2.5.2.2.7.	Dureza del núcleo	140
2.5.2.2.8.	Resistencia a la corrosión	140
2.5.2.3.	ELECCION DE ACEROS PARA LOS MOLDES DE MATERIALES PLASTICOS	140
2.5.3.	MATERIALES NO FERRICOS.....	142
2.5.3.1.	COLADAS DE COBRE, DE CINC, DE ALUMINIO Y DE ESTAÑO-AL.....	142
2.5.3.2.	MATERIALES CERAMICOS.....	143
2.6	PARAMETROS DE DISEÑO DE MOLDE	144
2.6.1	MEMORIA	144
2.6.1.1	ELECCIÓN DEL MATERIAL:	144
2.6.1.2	MAQUINARIA:	144
2.6.1.3	CÁLCULOS DE VOLUMEN DE LA PIEZA.....	145

2.6.2	CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO DE UN MOLDE	150
2.6.2.1	FORMA O CONFIGURACIÓN DE LAS PIEZAS	
	INYECTADAS	150
2.6.2.1.1	Diseño	150
2.6.2.1.2	Secciones de pared.....	151
2.6.2.1.3	Radios	153
2.6.2.1.4	Bordes de sección transversal	153
2.6.2.1.5	Conicidad	154
2.6.2.1.6	Orificios	156
2.6.2.1.7	Inserciones metálicas.....	157
2.6.2.1.8	Articulaciones	160
2.6.2.1.9	Resaltantes y esfuerzos	162
2.6.2.1.10	Grabados y estampaciones.....	163
2.6.2.1.11	Ajuste o ensamblado entre piezas.....	163
2.6.2.2	MATERIAL DE MOLDEO.....	164
2.6.2.2.1.	Condiciones de transformación y características de los materiales termoplásticos.....	166
2.6.2.2.2.	Contracciones y tolerancias	168
2.6.2.2.3.	Propiedades térmicas.....	174
2.6.2.3	DISEÑO Y ECONOMÍA DEL MOLDE.....	179
CAPITULO 3.....		180
3.	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	180
3.1	ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	180
3.1.1	NUMERO DE PIEZAS A FABRICARSE	181
3.1.2	SISTEMA DE GUIAS	182
3.1.2.1	Guías para apertura y cierre de molde.....	182
3.1.2.2	Guías para centrado de placas	186
3.1.3	SISTEMA DE REFRIGERACION.....	188
3.1.3.1	Refrigeración de placa principal posterior	189
3.1.3.2	Refrigeración de machos de adaptadores.....	193
3.1.3.3	Refrigeración de matriz de cavidades	197
3.1.4	MECANISMO DE EXPULSION DE LAS PIEZAS	
	FABRICADAS.	200

3.1.5 SELECCIÓN DE MATERIAL PARA FABRICACION DEL MOLDE	207
3.2 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA PARA DISEÑO	210
CAPITULO 4.....	213
4 PROCESO MECANICO Y TECNICO DE LA MATRIZ.....	213
4.1. DETERMINACION DE ORIENTACION DE ELEMENTOS.....	213
4.2. SECCIONES DE PARED	217
4.3. RADIOS.....	219
4.4. CONICIDAD	220
4.5. RESALTANTES Y REFUERZOS	223
4.6. SISTEMA DE ALIMENTACION.....	225
4.6.1. BEBEDERO	225
4.6.1.1. Forma y dimensiones.....	225
4.6.1.2. Situación de bebedero	227
4.6.1.3. Refrigeración del bebedero	227
4.6.1.4. Ajuste del bebedero	228
4.6.1.5. Análisis de esfuerzos en el bebedero	229
4.6.1.6. Pozo frio.	229
4.6.2. CANALES DE ALIMENTACIÓN.....	230
4.6.2.1. Forma de la sección.	231
4.6.2.2. Cálculo de los canales	231
4.6.2.3. Disposición de los canales	234
4.6.3. RESPIRADEROS.....	235
4.6.3.1. Situación de los respiraderos	235
4.6.3.2. Diseño de respiraderos	235
4.7. CAVIDADES.....	237
4.7.1. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CAVIDADES.....	237
4.7.2. SUPERFICIE MINIMA DE CIERRE Y DE APOYO DEL MOLDE..	238
4.8. SISTEMA EXTRACTOR O EXPULSOR	241
4.8.1. COLOCACIÓN DE LOS EXPULSORES.....	241
4.8.2. DISEÑO DE SISTEMA DE EXPULSIÓN.	242
4.9. SISTEMA DE CENTRADO Y GUIAS DEL MOLDE.....	245
4.9.1. CENTRADO DE BEBEDERO EN BOQUILLA DE MAQUINA.	246

4.9.2. GUIAS DE CENTRADO DE PLACAS	247
4.9.2.1. Diseño de espiga	247
4.9.2.2. Diseño del manguito	249
4.9.3. GUIAS DE SISTEMA DE EXPULSIÓN.....	250
4.9.4. GUÍAS DE APERTURA Y CIERRE DE LA MATRIZ DE CAVIDADES	252
4.9.4.1. Carros de movimiento axial de matrices de cavidades.....	254
CAPITULO 5.....	258
5 DISEÑO.....	258
5.1. DISEÑO DE MOLDE PARA INYECCION DE PLASTICO.....	259
5.1.1. DISEÑO DE PLACAS PRINCIPALES.....	259
5.1.1.1. Diseño de placa principal posterior	261
5.1.1.1.1. Diseño estructural de la placa principal posterior.....	263
5.1.1.1.2. Simulación computacional en solidworks	265
5.1.1.2. Diseño de placa principal delantera	269
5.1.1.2.1. Diseño estructural de la placa	271
5.1.1.2.2. Simulación computacional en solidworks	272
5.1.1.3. Diseño de placa porta machos.....	274
5.1.1.3.1. Diseño estructural de la placa principal delantera	275
5.1.1.3.2. Simulación computacional en solidworks	277
5.1.1.4. Diseño de placa de refrigeración.....	278
5.1.1.4.1. Diseño estructural de la placa	280
5.1.1.4.2. Simulación computacional en solidworks	281
5.1.2. DISEÑO DE CAVIDADES.....	283
5.1.2.1. Calculo del centro de gravedad del adaptador.....	283
5.1.2.2. Calculo de fuerza resultante de presión de inyección	287
5.1.2.2.1. Diseño estructural de cavidades	292
5.1.2.2.2. Simulación computacional en solidworks	295
5.1.3. DISEÑO DE ORIFICIOS DE LLENADO.....	295
5.1.3.1. Tamaño	296
5.1.3.2. Posición de la entrada.....	297
5.1.3.3. Tipos de entrada	297
5.1.4. DISEÑO DE SISTEMA DE DESMONTAJE	299

5.1.4.1. Calculo de esfuerzos en guía de apertura y cierre	299
5.1.5. DISEÑO PARA SISTEMA DE EXPULSIÓN.....	305
5.1.6. DISEÑO DE SISTEMA PARA REFRIGERACIÓN	307
5.1.6.1. Intercambio de calor entre el material plástico y el molde.....	307
5.1.6.2. Intercambio de calor metal – líquido refrigerante	310
5.1.6.2.1. Calculo del tiempo de enfriamiento	310
5.1.6.2.2. Diseño de orificios de refrigeración	316
5.1.7. ELABORACIÓN DE PLANOS DE FABRICACIÓN.....	322
CAPITULO 6..	323
6 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL MOLDE	323
6.1. ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS DE PROCESO	323
6.1.1. MATRIZ DE CAVIDADES A Y B	325
6.1.2. PLACA PRINCIPAL DELANTERA	327
6.1.3. PLACA PRINCIPAL POSTERIOR.....	328
6.1.4. BOCÍN PARA COCINA	329
6.1.5. BEBEDERO	330
6.1.6. GUÍA DE APERTURA Y CIERRE DE CAVIDADES.....	331
6.1.7. BOCÍN DE GUÍAS DE CENTRADO DE MOLDE	332
6.1.8. GUÍA DE CENTRADO DE PLACAS	333
6.1.9. BASE DE CARRO DE MOVIMIENTO AXIAL DE MATRICES	334
6.1.10. PASADOR PARA BASE DE CARRO DE MOVIMIENTO AXIAL .	335
6.1.11. BOCÍN PARA GUÍAS DE APERTURA Y CIERRE	336
6.1.12. BASE PARA RESORTE	337
6.1.13. PLACA PORTA MACHOS	338
6.1.14. MACHOS DE ADAPTADOR	339
6.1.15. BOCÍN DE MACHO	340
6.1.16. BOCÍN DE FIBRA PARA AGARRE DE PLACA PRINCIPAL POSTERIOR	341
6.1.17. EJE DE EXPULSORES CORTO	342
6.1.18. EJE DE EXPULSORES LARGO.....	343
6.1.19. PLACA DE REFRIGERACIÓN POSTERIOR	344
6.1.20. SEPARADOR PARA RESORTE	345
6.2. MONTAJE DEL MOLDE.....	346

CAPITULO 7.....	347
7 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y CALIBRACIÓN.....	347
7.1. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO:.....	347
7.1.1. FUNCIONAMIENTO DE COMPONENTES DEL MOLDE	347
CAPITULO 8.....	350
8 EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	350
8.1 INVERSIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE LA MATRIZ.....	350
8.1.1 COSTOS DE MATERIA PRIMA DIRECTA.....	351
8.1.2 COSTOS DE MANO DE OBRA DIRECTA.....	352
8.1.3 COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN.....	352
8.2 EVALUACIÓN FINANCIERA.....	354
8.2.1 COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN.....	354
8.2.1.1 Costos de materia prima directa	354
8.2.1.2 Costos de mano de obra directa	355
8.2.1.3 Costos indirectos de fabricación	356
8.2.2 ANÁLISIS DE INGRESOS	357
8.2.2.1 Presupuesto de ventas.....	358
8.2.2.2 Presupuesto de compras	358
8.2.2.3 Presupuesto de Gastos Operacionales.....	359
8.2.3 ANÁLISIS DE ESTADOS FINANCIEROS.....	361
8.2.4 PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN	362
CAPITULO 9.....	367
9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	367
9.1 CONCLUSIONES.....	367
9.2 RECOMENDACIONES	368
CAPITULO 10	370
10 BIBLIOGRAFÍA	370

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Clasificación de los plásticos.....	12
Tabla 2.2	Clases de plásticos termoplásticos parcialmente cristalinos.....	13
Tabla 2.3	Clases de plásticos termoplásticos amorfos.....	13
Tabla 2.4	Clases de plásticos termoestables.....	14
Tabla 2.5	Clases de elastómeros.....	14
Tabla 2.6	Propiedades mecánicas PP	16
Tabla 2.7	Propiedades térmicas PP	17
Tabla 2.8	diámetros de canales según material a utilizar.	44
Tabla 2.9:	temperaturas de procesamiento de material y molde	92
Tabla 2.10:	Espesores de placas normalizadas.....	116
Tabla 2.11:	Características y valores del molde normalizado	117
Tabla 2.12:	Valores Normalizados para espigas extractoras y varillas de retención	119
Tabla 2.13:	Valores normalizados para paralelas o espaciadores:.....	120
Tabla 2.14:	valores normalizados para columnas – guía	121
Tabla 2.15:	valores normalizados para casquillos guía.....	122
Tabla 2.16:	valores normalizados para columnas - soporte	124
Tabla 2.17:	Profundidades máximas de moldeo en función de diámetros, para orificios ciegos y pasantes	157
Tabla 2.18	Tolerancias según las dimensiones y el tipo de material.	169
Tabla 2.19.	Tolerancias para polietileno.	171
Tabla 2.20.	Tolerancias para polietileno de densidad media.	173
Tabla 2.21.	Tolerancias para polietileno de alta densidad.	174
Tabla 2.22.	Capacidad térmica de los materiales de moldeo.....	176
Tabla 2.23.	Coeficiente de expansión térmica de materiales plásticos	177
Tabla 3.1	Factores, peso y designación para toma de decisiones.....	181
Tabla 3.2	Matriz de ponderación de número de piezas a fabricarse.....	182
Tabla 3.3	Matriz de ponderación de guías de apertura y cierre del molde.....	184
Tabla 3.4:	Matriz de ponderación de guías de centrado de molde	187
Tabla 3.5:	Matriz de ponderación de sistema de refrigeración de placa principal posterior	192

Tabla 3.6: Matriz de ponderación de sistema de refrigeración de los machos del molde.	195
Tabla 3.7 Matriz de ponderación de sistema de refrigeración de matriz de cavidades	199
Tabla 3.8 Matriz de ponderación de mecanismo de expulsión	207
Tabla 3.9 Listado de materiales del fabricante BOHLER.	208
Tabla 3.10 Resumen de selección de alternativas para diseño de molde.	211
TABLA 4.1 Calculo de relación, recorrido / espesor.....	219
TABLA 4.2 Tabla de radios de adaptador.	220
TABLA 4.3 Valores para determinar conicidad de pieza.....	220
TABLA 4.4 Valores de ángulo para desmontaje de pieza en el macho.	222
TABLA 4.5 Tabla de espesores para placas según empresa auspiciante.	244
Tabla 4.6 Calculo de longitud de espiga.	248
Tabla 4.7 Cálculo de longitud de espiga.	250
Tabla 4.8 Dimensiones para longitud de carro de movimiento de matriz.	256
Tabla 5.1 Selección de dimensiones de placa principal posterior	261
Tabla 5.2 Dimensiones y tolerancias para placa principal posterior.....	262
Tabla 5.3 Dimensiones y tolerancias para placa principal delantera.....	269
Tabla 5.4 Dimensiones y tolerancias para pernos de elementos de placa principal delantera.....	270
Tabla 5.5 Dimensiones y tolerancias para elementos de placa porta machos	274
Tabla 5.6 Dimensiones y tolerancias para elementos de placa de refrigeración	278
Tabla 5.8 Listado de planos de elementos del molde diseñado.....	322
Tabla 6.1: Listado de piezas del molde para realizar diagramas de proceso	323
Tabla 7.1 Dimensiones del molde ensamblado.....	347
Tabla 7.2 Verificación de funcionamiento de sistemas	348
Tabla 7.3 Verificación de funcionamiento de elementos	348
Tabla 7.4 Control de calidad y cantidad de producción.....	349
Tabla 8.1 Costos de materia prima directa para construcción de la matriz	351
Tabla 8.2 Costos de mano de obra directa	352

Tabla 8.3 Costos indirectos de fabricación	353
Tabla 8.4 Total costos de fabricación.....	354
Tabla 8.5 Costos de materia prima directa para producción de adaptadores .	355
Tabla 8.6 Costos de mano de obra directa	355
Tabla 8.7 Costos indirectos de fabricación	356
Tabla 8.8 Costo total de producción.....	356
Tabla 8.9 Porcentajes de crecimiento	357
Tabla 8.10 Presupuesto de ventas de adaptadores.....	358
Tabla 8.11 Presupuesto de compras para producción de Adaptadores.....	358
Tabla 8.12 Presupuesto de gastos de operación sin inversión	359
Tabla 8.13 Presupuesto de gastos de operación con inversión	360
Tabla 8.14 Flujo de Caja - sin inversión	361
Tabla 8.15 Flujo de Caja – con inversión	362
Tabla 8.16 Análisis para conocer el tiempo de recuperación de inversión.....	363
Tabla 8.17 Calculo de retorno de inversión.....	364
Tabla 8.18 Evaluación Financiera de la inversión	365

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Adaptador de 1/2" NPT de fabricación PRODUCTOS FORTIFLEX.	2
Figura 1.2. Adaptador de 1/2" NPT de fabricación PRODUCTOS FORTIFLEX.	2
Figura 1.3. Matriz actual de inyección de adaptadores de 1/2" NPT de expulsión manual.	3
Figura 1.4. Desensamblaje de machos en placa fija	4
Figura 1.5. Ensamblaje de machos en placa fija	5
Figura 1.6. Desensamblaje de machos en placa fija	5
Figura 1.7. Placa móvil con cavidades, bebedero y ramal.....	6
Figura 1.8 Diseño actual del molde, la producción en base a esta matriz requiere demasiada intervención del operador	9
Figura 1.9. Diseño novedoso de la matriz para la producción de Adaptadores de 1/2" con un sistema de control automatizado y mecánico de expulsión del producto obtenido.....	9
Figura 2.1 Proceso de moldeo por compresión.....	20
Figura 2.2 Proceso de extrusión de plástico	21
Figura 2.3. Proceso de inyección de plástico.....	22
Figura 2.4 Proceso de colado de plástico	24
Figura 2.5 Proceso de calandrado de plástico	25
Figura 2.6 Matriz por compresión de plástico.....	26
Figura 2.7 Matriz de transferencia.....	27
Figura 2.8 Proceso de Inyección de plástico.....	29
Figura 2.9 Manguito del bebedero	31
Figura 2.10 Conicidad del taladrado del bebedero.....	32
Figura 2.11 canal pequeño	32
Figura 2.13 canal con conicidad invertida ¹³	33
Figura 2.14 Diagrama de Diámetro de bebedero Vs. Peso de la pieza y tamaño	33
Figura 2.15 Superficie plana del manguito del bebedero	34

Figura 2.16	Superficie cónica del manguito del bebedero	34
Figura 2.17	Relación longitud / diámetro del bebedero ($5 \leq L/D \leq 9$)	35
Figura 2.18	Perforaciones en bebedero para enfriamiento	36
Figura 2.19	Refrigeración del bebedero por medio de canales alrededor del mismo	37
Figura 2.20	Ajuste del bebedero a) por medio de un disco b) directamente entre las placas	37
Figura 2.21	Pozo frío.....	38
Figura 2.22	Varios diseños de espiga extractora de mazarote	39
Figura 2.23	Canales de flujo de llenado del molde a) circular, b) trapezoidal	41
Figura 2.24	dimensiones de canales de moldes	42
Figura 2.25	Diámetro del canal en función del peso de la pieza y de la longitud del canal	45
Figura 2.26	Longitud del canal en función del espesor de pared de la pieza	45
Figura 2.27	a) Distribución equilibrada, b) sección en función de la distancia c) ángulo con respecto al canal principal	46
Figura 2.28	Grafica de sección de abertura Vs. Peso de la pieza a moldear	49
Figura 2.29	Ejemplo de un molde con entrada normal.....	51
Figura 2.30	Ejemplo de disminución de marca en pieza con entrada normal	52
Figura 2.31	Grafica para determinar la profundidad de la entrada.....	53
Figura 2.32	Grafica para determinar el ancho de la entrada.....	54
Figura 2.33	Ejemplo de una pieza con una entrada lateral múltiple.....	55
Figura 2.34	Ejemplo de una pieza con entrada directa desde el bebedero	56
Figura 2.35	Ejemplo de una pieza con entrada superpuesta	56
Figura 2.36	Ejemplo de pieza con entrada en abanico.	58
Figura 2.37	Ejemplo de pieza con entrada de lengüeta	59
Figura 2.38	Ejemplo de rotura.....	60
Figura 2.39	Ejemplo de entrada.....	60
Figura 2.40	Ejemplo de formas de como cortar el disco o diafragma	61

Figura 2.41 Ejemplo de una entrada radial o en estrella.....	62
Figura 2.42 Ejemplo de una entrada de anillo.....	63
Figura 2.43 Ejemplo de una entrada de membrana.....	64
Figura 2.44 Nomograma de cálculo de número de cavidades para un costo óptimo	69
Figura 2.45 Ubicación de un respiradero para un molde con núcleo	72
Figura 2.46 ejemplo de un respiradero para una pieza de cavidad profunda ...	72
Figura 2.47 ejemplo de respiradero	73
Figura 2.48 Cantidad de calor de ciertos polímeros Vs. Temperatura.	76
Figura 2.49 Oscilaciones de temperatura del molde Vs tiempo	77
Figura 2.50 Ejemplo de pieza moldeada para cálculo de enfriamiento	77
Figura 2.51 Tiempo de enfriamiento Vs. Índice de superficie	81
Figura 2.52 Calor cedido de una superficie plana a un conducto circular	82
Figura 2.53 Canales de enfriamiento para piezas rectangulares inyectadas por un lado	84
Figura 2.54 Canales de enfriamiento para piezas rectangulares inyectadas desde el centro.....	85
Figura 2.55 Canales de enfriamiento para: a) temperaturas por debajo de la temperatura ambiente, b) temperaturas superiores a la temperatura ambiente	86
Figura 2.56 Circuito simple con adaptador.....	86
Figura 2.57 Circuitos con canales transversales (A y B) y circuitos con adaptación para cavidades múltiples (C y D)	87
Figura 2.58 Circuito rectangular para un mayor control de la temperatura en las proximidades de las paredes de la pieza.....	87
Figura 2.59 Circuito en Z para superficies grandes y poco profundas	88
Figura 2.60 Circuitos para refrigeración de núcleos.....	88
Figura 2.61 Circuito en espiral para el moldeo de piezas circulares	89
Figura 2.62 Refrigeración con inserciones acanaladas dentro del bloque de la cavidad y del núcleo	89
Figura 2.63 Circuito de refrigeración para núcleos largos.....	90
Figura 2.64 Sistema de refrigeración para un núcleo largo, estacionario, con un manguito extractor deslizante.....	90

Figura 2.65 Refrigeración con plato deflector para núcleos de tamaño largo o mediano	91
Figura 2.66 Refrigeración de núcleos de gran diámetro, mediante elementos de perfil helicoidal	91
Figura 2.67 Ejemplo de espigas o vástagos extractores.....	95
Figura 2.68 Ejemplo de sujeción de las espigas al plato extractor.....	97
Figura 2.69 Ejemplos de sujeción de espigas.....	98
Figura 2.70 Sujeción de espiga por medio de un solo plato.....	98
Figura 2.71 Pernos limitadores de retroceso de expulsores	99
Figura 2.72 Ejemplo de casquillos o manguitos extractores	99
Figura 2.73 Ejemplo de placas expulsoras a) con vástagos fijos a la placa del extractor, b) con vástagos unidos a la parte fija del molde.....	101
Figura 2.74 Ejemplo de placas expulsoras colocadas en la parte fija del molde.	101
Figura 2.75 Ejemplo de sistema de extracción combinado.	102
Figura 2.76 Ejemplo de sistema de extracción combinado sistema mecánico con neumático	103
Figura 2.77 Ejemplo de sistema de expulsión por medio de espiga extractora de válvula	103
Figura 2.78 Ejemplo de sistema neumático de expulsión.	104
Figura 2.79 Ejemplo de columnas soporte de un molde	105
Figura 2.80 Portamoldes normalizado DME3540.....	106
Figura 2.81 Portamoldes normalizado DME3540 con una columna – soporte central	107
Figura 2.82 Portamoldes normalizado DME3540 con dos columnas – soporte	107
Figura 2.83 Formas generales de guías de moldes.....	109
Figura 2.84 Ejemplo de guía en molde con saliente pronunciado.....	110
Figura 2.85 Longitud prolongada de orificio de acoplamiento.....	110
Figura 2.86 Tornillo de fijación de guía de longitud corta.....	111
Figura 2.87 Esquema general de un molde normalizado.....	115
Figura 2.88 Espigas extractoras y varillas de retención.....	119
Figura 2.89 Paralelas o espaciadores.....	119

Figura 2.90 Columna – guía normalizada	120
Figura 2.91 Casquillos – guía normalizados	121
Figura 2.92 Bebederos Normalizados A y B	122
Figura 2.93 Anillos de centraje normalizados	123
Figura 2.94 (A) Columna soporte tipo “A”, (B) Columna soporte tipo “B”, (C) Topes	123
Figura 2.95 Embutición	127
Figura 2.96 Profundidad de embutición en frio según resistencia a la tracción y carga.....	128
Figura 2.97 Modificaciones volumétricas de varios aceros después del templado	130
Figura 2.98 influencia de la templabilidad en profundidad vs aumento de volumen después del templado.....	131
Figura 2.99 Modificaciones dimensionales en aceros de temple al aceite y en los de media aleación.....	132
Figura 2.100 Tratamiento para piezas cementadas	133
Figura 2.101 Modificación de conductividad térmica de ciertos aceros vs temperatura.....	134
Figura 2.102 Sistema de desgasificación en vacío	135
Figura 2.103 Sistema de re fusión bajo escoria electro-conductora.....	136
Figura 2.104 Frecuencia de valores de intrusiones tipo B según tipo de acero	137
Figura 2.105 Dureza VS profundidad de nitruración de un acero ZCDV05-01	139
Figura 2.106 Seccionamiento para cálculo de volumen de pieza.	145
Figura 2.107 Variación de espesor variando el número de entradas.....	151
Figura 2.108 deformación y alabeamiento de una pieza.....	152
Figura 2.109 Depresión superficial de pared adyacente o refuerzo	152
Figura 2.110 Ejemplos de radios correctos e incorrectos	153
Figura 2.111 Ejemplos de bordes finos quebradizos	153
Figura 2.112 Ejemplos de secciones delgadas.....	154
Figura 2.113 Diagrama de conicidad de partes Vs Profundidad y Angulo de inclinación.	155

Figura 2.114 Ejemplo de dibujo indicando conicidades	156
Figura 2.115 Configuración de algunos tipos de piezas perfiladas para inserción.....	158
Figura 2.116 ejemplos de espigas insertadas	158
Figura 2.117 Correcta profundidad de anclaje	158
Figura 2.118 Inserciones de tipo esparrago, (a) macho, (b) hembra al ras de la superficie, (c) hembra con saliente.....	159
Figura 2.119 Formas de sujetar la inserción en el lugar correcto.....	159
Figura 2.120 Sistema Rathbun de articulación (usado principalmente en joyería y relojería)	160
Figura 2.121 Longitud mínima de una articulación en función del espesor.....	161
Figura 2.122 Ubicación de la entrada según la articulación	161
Figura 2.123 Ubicación correcta de resaltantes en moldes	162
Figura 2.124 Ubicación de refuerzos en superficies grandes	162
Figura 2.125 Forma correcta de un ajuste de caja.....	164
Figura 2.126 Forma correcta de un ajuste de caja con rosca	164
Figura 2.127 Diagrama de temperaturas de moldeo de HDPE	166
Figura 2.128 Diagrama de temperaturas de moldeo de LDPE	167
Figura 2.129 Diagrama de temperaturas de moldeo de PP	168
Figura 2.130 Forma de una pieza termo formada para ejemplificación de tolerancias.....	170
Figura 2.131 Diagrama Tolerancia vs Dimensiones (polietileno)	170
Figura 2.132 Diagrama Tolerancia vs Dimensiones (polietileno de densidad media)	172
Figura 2.133 Diagrama Tolerancia vs Dimensiones (polietileno de alta densidad)	173
Figura 2.134 Porcentaje de compresibilidad Vs. Presión de inyección.....	178
Figura 3.1 Opción 1 para guías de apertura y cierre de molde	183
Figura 3.2 Opción 2 para guías de apertura y cierre de molde	184
Figura 3.3 Molde cerrado con guías de apertura y cierre seleccionadas	185
Figura 3.4 Molde abierto con guías de apertura y cierre seleccionadas	185
Figura 3.5 Opción 1 para guías para centrado de placas.....	186
Figura 3.6 Opción 2 para guías para centrado de placas.....	187

Figura 3.7 Opciones 1 y 2 para diseño de sistema de refrigeración de placa principal posterior	190
Figura 3.8 Opciones 3 y 4 para diseño de sistema de refrigeración de placa principal posterior	191
Figura 3.9 Esquema de placa de refrigeración posterior con canales para enfriamiento de los machos.	193
Figura 3.10 Opciones 1 para diseño de sistema de refrigeración de machos.	194
Figura 3.11 Esquema de sistema de refrigeración para machos.	196
Figura 3.12 Opciones 1 (izquierda) y 2 (derecha), para el sistema de refrigeración de la matriz de cavidades.....	197
Figura 3.14 Esquema de canales para sistema de refrigeración seleccionado para matriz de cavidades	200
Figura 3.16 Opción 1 para mecanismo de expulsión de piezas con el mecanismo abierto y las piezas expulsadas	202
Figura 3.17 Opción 2 para mecanismo de expulsión de piezas, con el mecanismo cerrado.....	203
Figura 3.18 Opción 2 para mecanismo de expulsión de piezas con el mecanismo abierto y las piezas expulsadas	204
Figura 3.19 Opción 3 para mecanismo de expulsión de piezas, con el mecanismo cerrado.....	205
Figura 4.1 Opción A, cavidades orientadas verticalmente (matriz cerrada)	214
Figura 4.2 Opción A, cavidades orientadas verticalmente (matriz abierta)	215
Figura 4.3 Opción "B", cavidades orientadas horizontalmente, (1) matriz cerrada, (2) matriz abierta	216
Figura 4.4 Espesores del Adaptador indicados por la empresa auspiciante	217
Figura 4.5 Detalles de estrías de espesores de pieza indicados por la empresa auspiciante	218
Figura 4.6 Recorrido de camino de flujo de material.....	218
Figura 4.7 Diagrama con los valores correspondientes al adaptador de 1/2"	221
Figura 4.8 Diagrama de orientación del hexagonal de cada adaptador.	223

Figura 4.9 Adaptador con refuerzo para hexágono y sin refuerzo.	224
Figura 4.10 Adaptador con rosca recta y con rosca cónica.	225
Figura 4.11 Diagrama peso de pieza vs diámetro de bebedero.....	226
Figura 4.12 Diseño de bebedero con cara plana para boquilla.....	227
Figura 4.14 Piezas y vena resultantes de la inyección y sección indicando espiga de extracción de mazarote.	230
Figura 4.15 Cálculo de diámetro de canal.....	232
Figura 4.16 Cálculo de longitud de canal con diagrama.	233
Figura 4.17 Ensamblaje de placas posteriores, bocines, machos y matriz de cavidades.....	236
Figura 4.18 Detalle indicando respiraderos para el molde.....	236
Figura 4.19 Selección de áreas de contacto de matriz de cavidades.....	238
Figura 4.20 Áreas de contacto determinadas utilizando SOLIDWORKS.....	239
Figura 4.21 Selección de áreas de apoyo de matriz de cavidades.....	240
Figura 4.22 Áreas de apoyo, valores obtenidos de solidworks.....	240
Figura 4.23 Esquema de sistema de extracción abierto.	243
Figura 4.24 Esquema de sistema de extracción funcionando.....	244
Figura 4.25 Esquema del Bocín para centrado de bebedero.....	246
Figura 4.26 Esquema de espiga para centrado de molde.....	249
Figura 4.27 Esquema del manguito para centrado de molde.....	249
Figura 4.28 Esquema de espigas para guía de sistema de expulsión.	251
Figura 4.29 Esquema de ubicación de agujeros para espigas de sistema de expulsión.....	252
Figura 4.30 Esquema de distancias, separación y ángulo de guías de apertura y cierre de cavidades.	253
Figura 4.31 Esquema de las guías de apertura y cierre.....	254
Figura 4.32 Esquema de carros de movimiento de matrices de cavidades.	255
Figura 4.33 Esquema de montaje de carros de movimiento axial.....	257
Figura 4.34 Esquema de ensamblaje de carros de movimiento axial en la placa posterior.....	257
Figura 5.1 Vista explotada de molde para inyección de adaptadores de 1/2".....	258

Figura 5.2 Área de aplicación de la fuerza en la placa principal posterior obtenida con SOLIDWORKS	264
Figura 5.3: Designación de valores del Acero BOHLER M238	266
Figura 5.4: Designación la parte fija del elemento	267
Figura 5.5: Designación del esfuerzo que se ejerce en la cara frontal.....	268
Figura 5.6: Factor de seguridad a compresión según el Software	268
Figura 5.7: Factor de seguridad a cortante según el Software.....	269
Figura 5.8 Área de Placa principal delantera determinada con SOLIDWORKS.....	272
Figura 5.9: Factor de seguridad a compresión según el Software	273
Figura 5.10: Factor de seguridad a cortante según el Software.....	274
Figura 5.11 Área de Placa porta machos determinada con SOLIDWORKS.....	276
Figura 5.12: Factor de seguridad a compresión según el Software	277
Figura 5.13: Factor de seguridad a cortante según el Software.....	278
Figura 5.14 Área de placa de refrigeración posterior determinada con SOLIDWORKS.....	280
Figura 5.15: Factor de seguridad a compresión según el Software	282
Figura 5.16: Factor de seguridad a cortante según el Software.....	282
Figura 5.17 Esquema de matriz de cavidades	283
Figura 5.18 Ubicación de concentración de presión en matriz.....	284
Figura 5.19 Diseño de una cavidad de adaptador de 1/2" NPT	284
Figura 5.20 Dimensiones de esquema simplificado de adaptador de 1/2"	285
Figura 5.21 Áreas para cálculo de centro de gravedad.....	285
Figura 5.22 Centro de gravedad de la sección del adaptador.....	287
Figura 5.23 Direccionamiento de fuerzas resultantes por presión de inyección	288
Figura 5.24 Dimensiones de esquema de canales de alimentación	290
Figura 5.25 Diagrama de fuerzas calculadas en la matriz de cavidades	291
Figura 5.26 Distancia de canal de alimentación a cavidad.	292
Figura 5.27 Diagrama Esfuerzo radial Vs. Radio	294
Figura 5.28 Diagrama de esfuerzo tangencial Vs. Radio.....	294

Figura 5.29 Simulación en solidworks de la presión interna en matriz de cavidades	295
Figura 5.30: Esquema de dimensiones de entrada a cavidades.....	297
Figura 5.31 Esquema de ubicación de entrada a cavidad.	297
Figura 5.32 Ubicación de fuerza resultante en guía de apertura y cierre de matrices.....	299
Figura 5.33 Diagrama de fuerzas de guía de apertura y cierre de matrices. ..	300
Figura 5.34 Diagrama de cortante de guía de apertura y cierre.....	303
Figura 5.35 Diagrama de momento flector de la guía de apertura y cierre	303
Figura 5.36: Parte móvil del molde, antes de accionarse el sistema de expulsión.....	305
Figura 5.37: vista "A" del sistema de expulsión abierto	306
Figura 5.38: Vista "B" del sistema de expulsión abierto.	306
Figura 5.39 Cantidad de calor de Polipropileno al enfriarse de 220°C a 75°C	308
Figura 5. 40 Oscilaciones de temperatura del molde vs ciclos, temperatura promedio 80°C	309
Figura 5.41 Zonas de Temperatura en la pieza	311
Figura 5.42 Balance térmico de un elemento de Volumen.....	312
Figura 5.43 Nomograma para determinar el tiempo de enfriamiento	315

NOMENCLATURA

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDADES
S_y	Límite de Fluencia	Mpa
λ_{perm}	Esfuerzo cortante permisible	Mpa
σ_{perm}	Esfuerzo normal permisible	Mpa
Fmax	Fuerza máxima ejercida sobre el molde	KN
A _{ppp}	Area de aplastamiento de placa principal posterior	mm ²
σ_{pppc}	Esfuerzo de aplastamiento placa principal posterior	Mpa
S _{ut}	Esfuerzo último del material	MPa
HB	Dureza Brinell	
n	Factor de seguridad a compresión	
A _{pppc}	Area de cortante placa principal posterior	mm ²
S _{sy}	Límite de esfuerzo al cortante	MPa
λ_{ppp}	Esfuerzo al cortante placa principal posterior	MPa
n _c	Factor de seguridad al cortante	
A _{ppd}	Area de aplastamiento de placa principal delantera	mm ²
σ_{ppdc}	Esfuerzo de aplastamiento placa principal delantera	Mpa
A _{ppdc}	Area de cortante placa principal delantera	mm ²
λ_{ppd}	Esfuerzo al cortante placa principal delantera	MPa
A _{ppm}	Area de aplastamiento de placa porta machos	mm ²
σ_{ppmc}	Esfuerzo de aplastamiento placa porta machos	Mpa
A _{ppmc}	Area de cortante placa porta machos	mm ²
λ_{ppm}	Esfuerzo al cortante placa porta machos	MPa
A _{pr}	Area de aplastamiento de placa de refrigeración	mm ²
σ_{prc}	Esfuerzo de aplastamiento placa de refrigeración	Mpa
A _{prc}	Area de cortante placa de refrigeración	mm ²
λ_{pr}	Esfuerzo al cortante placa de refrigeración	MPa
YG	Centro de gravedad en Y	mm
P _{max}	Presión máxima de inyección de la máquina	Kg/cm ²
ang	Ángulo de inclinación de guías de apertura y cierre	rad
Fr	Fuerza resultante ejercida por la presión	KN

Pi	Presión interna en el molde	MPa
ri	Radio de cavidad para analisis	mm
σ_t	Ecuación de distribución del esfuerzo tangencial	MPa
σ_r	Ecuación de distribución del esfuerzo radial:	MPa
W	Ancho de entrada	mm
E	Módulo de elasticidad	GPa
I	Momento de inercia	mm ⁴
J	Momento polar de inercia	mm ⁴
δ	Deformación lineal	mm
Δh	Entalpia	Kcal/Kg
θ_M	Temperatura de inyección	Centígrados
θ_E	Temperatura promedio del molde	Centígrados
VAd	Volumen de Adaptador	mm ³
VCa	Volumen de canales de alimentación	mm ³
QKu	Calor que se tiene que disipar	Cal/s
QKu	Intensidad de corriente termica	
θ	Temperatura	Centígrados
t	Tiempo	seg
x	Recorrido	mm
λ	Conductibilidad térmica	Cal/(seg*cm* C)
ρ	Densidad de polipropileno	gr/ml
c	Capacidad calórica específica	Cal/(g*C)
s	Espesor de pared	mm
tk	Tiempo de refrigeración	seg
θ_W	Temperatura de molde	Centígrados
θ_{E1}	Temperatura media de desmoldeo	Centígrados
θ_{E2}	Temperatura máxima en el centro de la pieza	Centígrados
Pr	Número de Prandtl	
Cp	Calor específico	KJ/(Kg * K)
η	Viscosidad dinámica	N * s / m ²
K	Conductividad térmica del agua	W / m * K

Re	Número de Reynolds	
VTM	velocidad del agua	mm/s
ρ_{TM}	Densidad del agua	gr/ml
D	Diámetro del canal de refrigeración	mm
η_{TM}	Viscosidad dinámica del agua	N * s / m ²
Nu	Coeficiente de Nusselt	
α	Coeficiente de transmisión térmica	W / m ² * C
θ_u	Temperatura Ambiente	Centígrados
θ_{tm}	Temperatura del agua	Centígrados
θ_{KK}	Temperatura de la pared del canal de enfriamiento	Centígrados
FKK	Area total de los ductos de enfriamiento	mm ²
λ_u	Conductibilidad térmica de la pared	W / m * K
F	Superficie proyectada de la pieza	mm ²
θ_W	Temperatura de la pared de la matriz	Centígrados

ANEXOS

ANEXO A Hoja técnica de acero para moldes de plástico Prebonificado BOHLER M238	372
ANEXO B Dimensiones comerciales de acero BOHLER M238	389
ANEXO C Hoja técnica de acero para moldes de plástico BOHLER M303	392
ANEXO D Dimensiones comerciales de acero BOHLER M303.....	405
ANEXO E Planos	408
ANEXO F Solicitud de no publicación.....	428
ANEXO G Carta de Conformidad de empresa Auspiciante.....	430
ANEXO H Capítulo 4.....	213
ANEXO I Capítulo 5.....	258
ANEXO J Capítulo 8.....	350

RESUMEN

En este proyecto se diseñó y construyó un molde de inyección de plástico, para la fabricación de adaptadores de 1/2" NPT, con una producción de cuatro unidades por inyección, el principal motivo asociado para la ejecución, la venta de este producto por parte de la empresa auspiciante, por esta razón la empresa necesita incrementar el nivel de producción además de la calidad de sus productos, por esta razón se plantea satisfacer esta necesidad expuesta.

Para la fabricación de los adaptadores, la empresa cuenta con máquinas inyectoras manuales y semiautomáticas, las mismas que se utilizan como base para el diseño del molde ya que trabajará en estas máquinas.

El molde posee un diseño versátil, que agiliza la producción de los adaptadores con una eficiencia buscada por la empresa auspiciante, eliminando prácticas de refrigeración del molde y extracción o desmoldeo de piezas fabricadas de forma manual, automatizando el proceso con sistemas mecánicos que permiten a la empresa aumentar su nivel de producción y eliminar pérdidas.

EL molde posee un sistema automático de apertura y cierre además de un sistema automático de expulsión, que son muy prácticos y funcionales, permiten la producción en serie y minimizan desperdicios o desperfectos en los adaptadores elaborados, son fáciles de ensamblar y sencillos para acoplar con otros moldes.

El molde fue fabricado en la empresa PRODUCTOS FORTIFLEX, y se contrató servicios especializados externos para los procesos de maquinado y electro-erosionado de los elementos del molde, servicios que no se podían realizar en la empresa. En la última etapa del proyecto se realizaron las pruebas del molde y las correcciones necesarias además de las calibraciones en la máquina para el correcto funcionamiento de nuestro molde, el mismo que fue aceptado por la empresa auspiciante ya que cumple con las especificaciones solicitadas y satisfizo las expectativas esperadas.

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

En este capítulo se realizará una descripción del proyecto, aclarando cuales son los objetivos bajo los cuales se realizará el mismo, se presentará el problema con el molde actual de la empresa auspiciante y cuáles son las soluciones que se plantean como proyecto de tesis, además se realizará una explicación de la justificación del sistema automático bajo el cual se trabajará.

1.1. INTRODUCCIÓN

La aplicación industrial de los sistemas de inyección de plástico permiten la producción de un sin número de objetos entre los que se destacan los juguetes, accesorios para línea blanca, accesorios para automóviles, accesorios para la industria eléctrica e incluso los accesorios para riego.

En el Ecuador esta industria ha crecido con fuerza, por lo que las empresas dedicadas a este trabajo realizan grandes inversiones de capital para adquirir tecnología y elaborar matrices de alta calidad. En virtud de esta realidad, se hace imprescindible el diseño de matrices, que cumplan con los requerimientos óptimos de trabajo, entre los que se incluye un bajo costo de producción, alta calidad del producto elaborado y la integración de procesos de automatización donde la dependencia del operador sea cada vez menor.

El presente proyecto de titulación enfoca el diseño y la construcción de una matriz para la producción de adaptadores plásticos de 1/2" NPT con una producción de 4 adaptadores por inyección automatizado con un sistema mecánico de apertura y expulsión, que garantice una producción eficiente para la Empresa Productos Fortiflex.

A pesar de la implementación tecnológica, aún en el Ecuador se manejan sistemas empíricos de inyección de plástico, haciendo que esta área de desempeño sea un objetivo importante de aplicación y de integración de la academia y el desarrollo social, lo cual se contempla en la visión de la Escuela

Politécnica del Ejército y el perfil de los profesionales implicados en las áreas de ingeniería de dicha institución.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La fabrica PRODUCTOS FORTIFLEX se dedica a la fabricación, venta y distribución de accesorios plásticos para manguera tales como el adaptador de ½” NPT, que es el producto de mayor venta,



Figura 1.1. Adaptador de 1/2” NPT de fabricación PRODUCTOS FORTIFLEX.



Figura 1.2. Adaptador de 1/2” NPT de fabricación PRODUCTOS FORTIFLEX.

El termino NPT quiere decir “Rosca Americana Cónica para tubos”, este tipo de rosca se la utiliza en el Adaptador de ½ pulgada y en todos los accesorios que se fabrican en PRODUCTOS FORTIFLEX ya que es una rosca definida para accesorios de riego y conexiones de agua, de tal manera que cualquier producto y fabricante pueda ofrecer al público accesorios que coincidan entre sí a pesar de no ser de la misma fabricación, por ejemplo las llaves comunes de

grifería, tienen una rosca, la misma que es apta para cualquier accesorio de grifería, esta es una rosca de tipo NPT, y todos los accesorios de riego deben tener la misma rosca.

Este accesorio se fabrica actualmente en una matriz de expulsión manual, generando grandes problemas tales como, lentitud en la producción, golpes en la matriz, deformaciones del accesorio, etc. Motivos por los cuales la empresa PRODUCTOS FORTIFLEX se ha visto obligada a cambiar la metodología de producción.

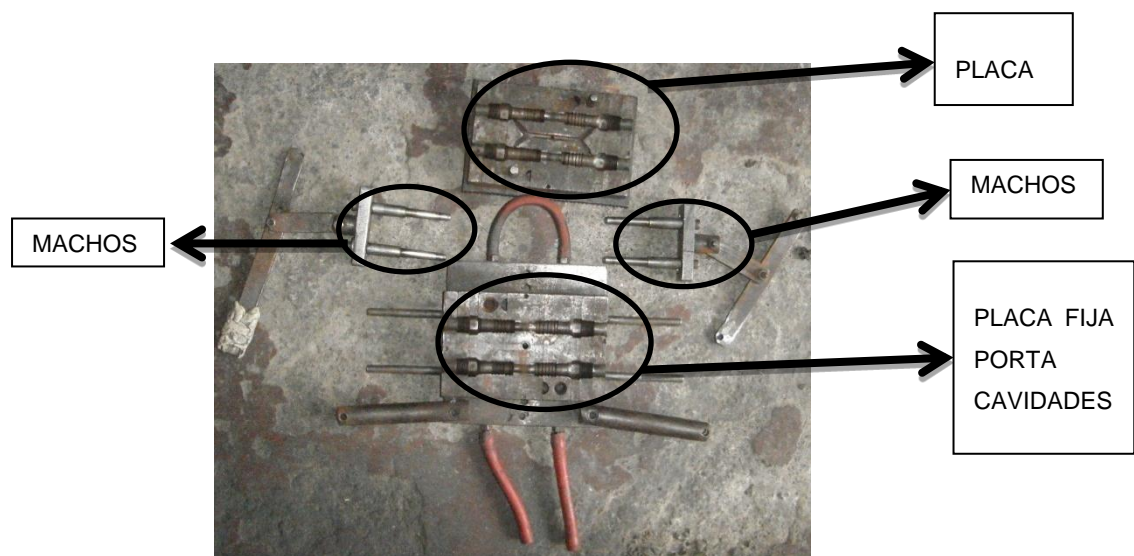


Figura 1.3. Matriz actual de inyección de adaptadores de ½” NPT de expulsión manual.

Como se puede observar en la imagen superior, el molde tiene varias limitantes:

1. Montaje y desmontaje de los “machos”

- a. El montaje de los “machos” es manual, lo que no asegura una correcta colocación de los mismos en las guías produciendo golpes entre las cavidades y los “machos” deformando la matriz y fabricando productos con imperfecciones y defectuosos.
- b. El desmontaje es también manual, por lo que la producción depende

de la capacidad y habilidad del operador.

2. El sistema de enfriamiento no incluye a los machos.
 - a. Esto provoca que los machos sufran recalentamientos y el material no llegue a enfriarse lo suficiente, al momento de desmontar el producto fabricado, se queda el material aun derretido, pegado en el “macho” deformando al producto, el mismo que no sirve, lo que genera costos para la empresa y baja producción.
 - b. El enfriamiento de los “machos” debe ser manual, lo que quita tiempo de trabajo y depende de la habilidad del operador, ya que al olvidarse por un instante de enfriarlos, simplemente fabricara un producto que no sirve.



Figura 1.4. Desensamblaje de machos en placa fija.

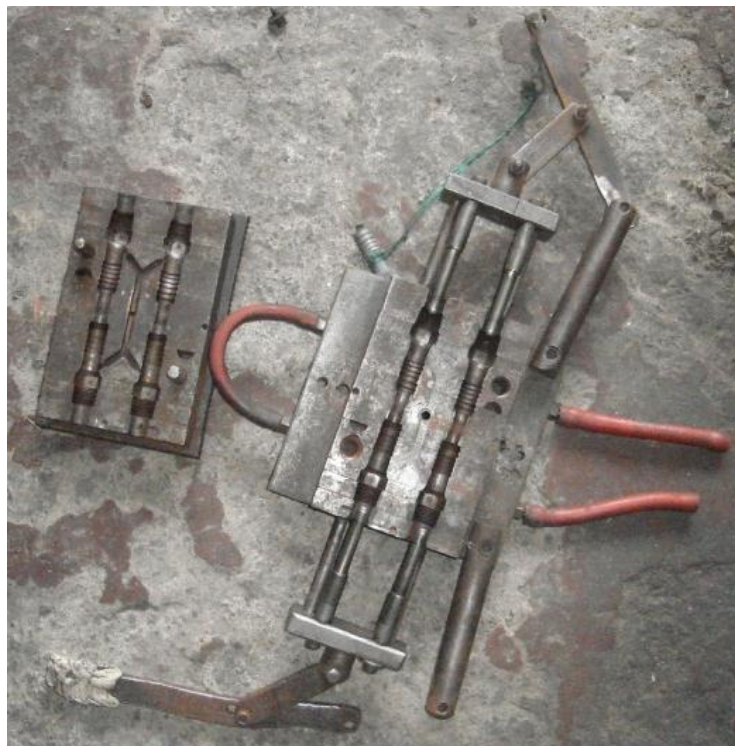


Figura 1.5. Ensamblaje de machos en placa fija.

El desmontaje de los “machos” es opuesto, esto evita que se pueda automatizar de forma adecuada la matriz, oponiéndose a las aspiraciones de optimización de tiempo y recursos de la empresa



Figura 1.6. Desensamblaje de machos en placa fija.

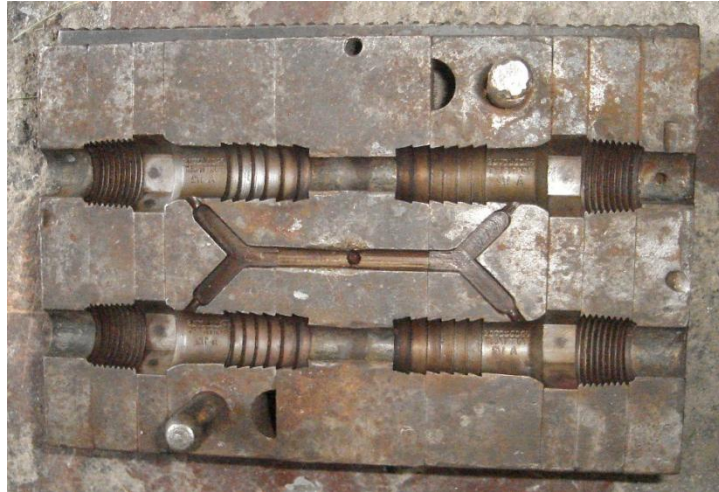


Figura 1.7. Placa móvil con cavidades, bebedero y ramal.

3. La matriz está constituida por diferentes placas, lo que ocasiona descentramientos, y en el momento de la producción se obtienen accesorios con imperfecciones, deformaciones en especial en la rosca y que no cumplen con las exigencias del cliente.

Dentro de los cambios en la metodología de producción se describe los siguientes:

1. Matriz completamente nueva (en una sola pieza)
2. Cambio en la orientación del ramal de inyección
3. Tipo de desmontaje
4. Sistema de expulsión
5. Sistema de refrigeración

La matriz se diseñará para utilizarla en una inyectora hidráulica con las siguientes características:

- Capacidad de llenado de 200gr por inyección,
- Capacidad de cierre de 50 TON de presión,
- Fuerza motriz proveniente de un motor eléctrico con una potencia de 100 HP y una velocidad de 1700 RPM,
- Bomba hidráulica para inyección, capacidad de 18 galones por minuto

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.

El desarrollo tecnológico es una de las estrategias utilizadas en la industria para incrementar su capacidad de producción. En el Ecuador, equipos y maquinarias son importados continuamente facilitando el acceso que muchos empresarios a soluciones que a largo plazo resultan económicas, versátiles y eficientes.

En la actualidad las empresas de inyección de plástico ofrecen productos de alta calidad y en poco tiempo. La empresa FORTIFLEX, por el contrario, se desempeña con moldes de desmontaje manual. Esta estrategia limita la eficiencia de la producción medida en el tiempo y costo requerido para cada unidad de producto terminado, ya que depende en gran medida de las condiciones físicas del operador, que pueden verse limitadas por su agilidad y estado físico.

Desde el punto de vista industrial, la creciente demanda y el abaratamiento de los costos, ha llevado a FORTIFLEX a un proceso de transición que contempla el incremento significativo del nivel de producción con estándares altos de calidad, abaratando los costos y disminuyendo el tiempo de mantenimiento de matrices, que actualmente corresponde en un 80% a estrategias correctivas de intervención.

Uno de los productos de mayor demanda es el “ADAPTADOR DE 1/2” que consiste en una pieza cilíndrica hecha en base a polietileno o polipropileno caracterizada por poseer una rosca externa en uno de los extremos.

A partir de las limitaciones en tiempo e inversión requeridas para la producción masiva de este tipo de accesorios, se estableció la necesidad de diseñar y construir un molde del “ADAPTADOR DE 1/2” completamente automático. De esta forma, se proporcionó a la empresa una capacidad de producción más alta, disminuyendo la dependencia de operador y evitando la manipulación de la matriz que en la mayoría de los casos da lugar a deformaciones por golpes o mal uso, alargando la vida útil del molde y conservando las características del mismo y sus productos. Cabe recalcar que la automatización fue mecánica,

considerando el objetivo de minimizar al máximo el trabajo del personal en la fabricación de los accesorios

Justificación técnica si la matriz tiene sistema autónomo de control.

La matriz está compuesta por dos cavidades que al manipularse continuamente son objeto de golpes bruscos y daño de la superficie y los machos dado que el funcionamiento está relacionado directamente frontal.

El proceso de producción de una matriz manual requiere la intervención del operador al retirar los “machos” ubicados en la parte superior e inferior del molde, seguido de un proceso abrupto de enfriamiento. La manipulación, la inexperiencia o descuido del operador dan lugar al incremento sustancial del riesgo laboral y los costos de producción y mantenimiento.

La automatización de la matriz, se refiere a la metodología que se utilizó para facilitar la expulsión del producto fabricado (Adaptadores de 1/2”) sin la intervención de operador. El sistema utilizado se basó en un mecanismo de apertura, expulsión y cierre de la matriz que se conserve la integridad de la misma y evitando al máximo las deformaciones que causan imperfecciones del producto elaborado.

Explicación de sistema autónomo de control.

El sistema autónomo se refiere a un sistema mecánico que asegure el proceso de desmontaje y expulsión del producto fabricado sin la intervención del operador.

De esta manera se garantiza la elaboración de un producto de alta calidad y al mismo tiempo que se asegura una larga vida útil de la matriz así diseñada, limitando el mantenimiento de la misma a intervenciones de tipo preventivo completo. En el proceso de producción esta implementación asegura el ahorro en mano de obra, mantenimiento y el costo operativo que implican los períodos de “stand-by” de la matriz.

La figura 1.8 explica el diseño antiguo del molde utilizado en la producción de

“Adaptadores de 1/2” en la empresa FORTIFLEX, y el diseño planteado para la nueva matriz (Figura 1.9).

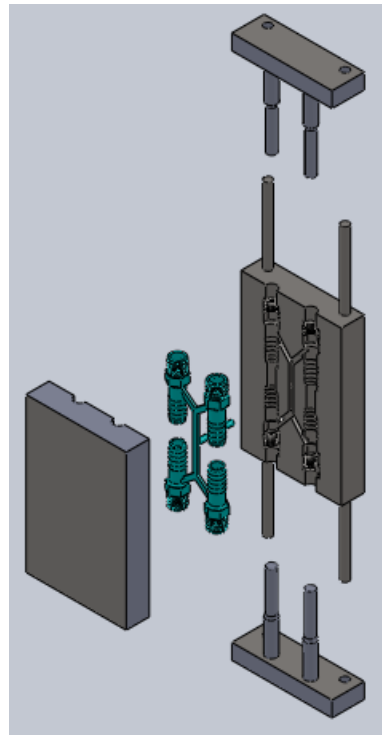


Figura 1.8 Diseño actual del molde, la producción en base a esta matriz requiere demasiada intervención del operador.

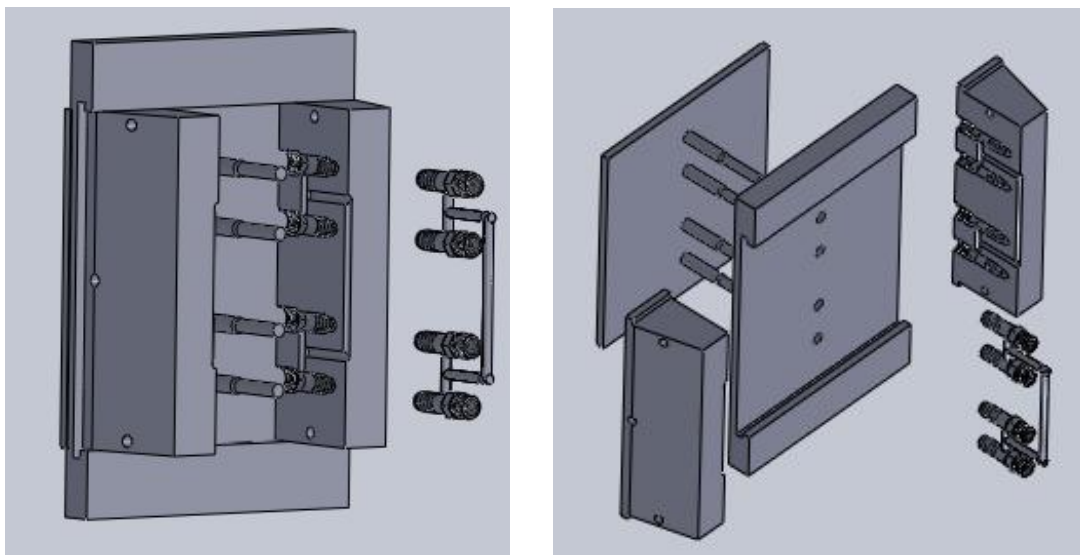


Figura 1.9. Diseño novedoso de la matriz para la producción de “Adaptadores de 1/2” con un sistema de control automatizado y mecánico de expulsión del producto obtenido.

1.4. OBJETIVOS.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL.

Diseño y construcción de una matriz automatizada para inyección de “Adaptadores de 1/2” NPT con una producción de 4 unidades por inyección, para la fábrica PRODUCTOS FORTIFLEX.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Investigar la existencia de moldes similares y las mejores recomendaciones descritas para obtener óptimos resultados de producción.
- Investigar los materiales utilizados en este tipo de moldes y seleccionar el material más adecuado para la fabricación de la matriz
- Diseñar molde para 4 cavidades con las medidas especificadas por la empresa FORTIFLEX
- Diseñar método de desmoldeo de los productos
- Diseñar método de expulsión de producto del molde
- Diseñar método de enfriamiento del molde para trabajo continuo
- Elaboración de planos para la fabricación de la matriz.
- Construcción y ensamblaje de la matriz.
- Realizar las pruebas necesarias en el molde para verificar que cumpla con el correcto funcionamiento.
- Realizar un manual de usuario y de mantenimiento del molde
- Realizar un análisis económico y financiero sobre el proyecto

1.5 ALCANCE DEL PROYECTO.

El alcance de este proyecto es el diseño y construcción de un molde para adaptadores de 1/2” de 4 cavidades para inyección de plástico (polipropileno) con una producción de 4 unidades por inyección, con un sistema mecánico de automatización de apertura de cavidades y expulsión de producto elaborado.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo vamos a presentar la teoría necesaria para comprender todos los conceptos que se van a utilizar en el desarrollo del proyecto, además vamos a presentar la teoría básica del diseño de moldes para orientar los capítulos posteriores de una manera más clara, facilitando el entendimiento y la selección de las mejores opciones con los fundamentos que se van a presentar en este capítulo.

2.1. FUNDAMENTOS TEORICOS DEL PROCESO

2.1.1. DEFINICION DE LOS PLASTICOS

Los materiales plásticos son compuestos orgánicos de moléculas grandes cuyo componentes principal es el carbono y otros elementos como el hidrógeno, el oxígeno, el nitrógeno o el azufre. Se obtienen mediante la polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo, la celulosa, carbón, gas natural y otras sustancias naturales que pueden ser moldeados o laminados mediante la aplicación de calor o presión.

En la actualidad los plásticos son una parte importante de la vida cotidiana; los mismos se utilizan en gran escala, principalmente en productos alimenticios, utensilios domésticos y electro-domésticos, además de sus aplicaciones científico-tecnológicas en diversas áreas de la industria.

2.1.2. CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES DE LOS PLASTICOS

El campo de acción de la industria de inyección de plástico es muy grande, esto se debe a que este material posee características que lo hacen altamente utilizado. Las principales características son:

- Excelentes acabados superficiales
- Alta relación resistencia-densidad

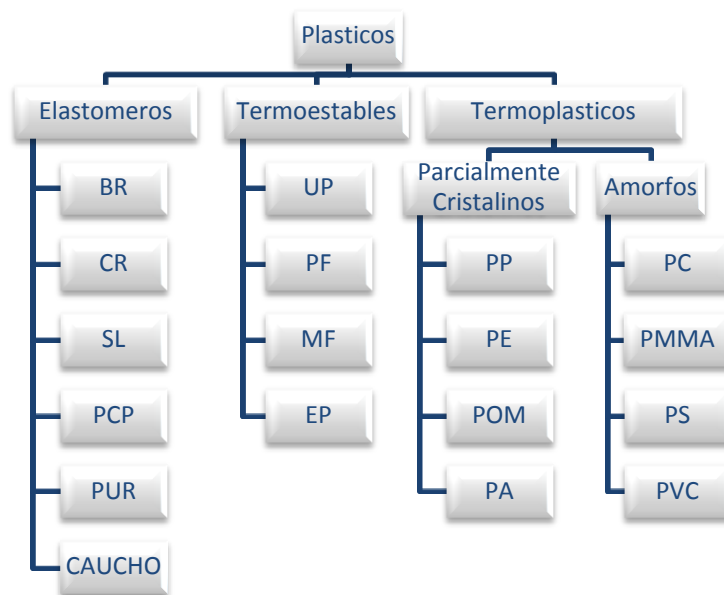
- Excelentes propiedades eléctricas
- Excelentes propiedades Mecánicas
- Variedad de colores
- Y bajos costos.

2.1.3. CLASIFICACION DE LOS PLASTICOS

Bajo diferentes puntos de vista pueden existir distintas formas de clasificar a los plásticos.

Esta clasificación se da según la estructura de las macromoléculas y según el tipo de mecanismo de enlace que muestre. Los grupos están resumidos y ejemplificados en la siguiente tabla

Tabla 2.1 Clasificación de los plásticos



Fuente: MICHAELI .G., Introducción a la tecnología de los plásticos, Ed URMO, 5Ta.Ed. España, 1997, Pág.32

2.1.3.1. Termoplásticos

Son, en general, polímeros con estructura lineal o ramificada, que mantienen su cohesión mediante fuerzas intermoleculares. Su intensidad depende del

tipo y número de ramificaciones.

Los termoplásticos poseen bajas temperaturas de fusión, solubles en disolventes orgánicos y que al exponerlos al calor pueden fundirse o reblandecerse varias veces sin que cambie su estructura y propiedades, es decir, que pueden moldearse de nuevo, por lo tanto son reciclables, sin embargo, tienen el inconveniente de su poca resistencia mecánica que ofrecen cuando aumenta la temperatura, por ello se suelen emplear, de forma preferente, en aquellas aplicaciones en las que la temperatura de trabajo sea la ambiente.

En las tablas 2.2 y 2.3 se muestra las clases de termoplásticos, sus abreviatura que son de acuerdo internacional y además su principal característica.

Tabla 2.2 Clases de plásticos termoplásticos parcialmente cristalinos

Termoplástico	Abreviatura	Características
Polipropileno	(PP)	Elevada rigidez
Polietileno	(PE)	Alta tenacidad
Polioximetileno	(POM)	Alta dureza
Poliámidas	(PA)	Resistentes a los rayos X

Fuente: centros4.pntic.mec.es/ies.ramon.giraldo/tecn_ind/tema8_plasticos.pdf

Tabla 2.3 Clases de plásticos termoplásticos amorfos

Termoplástico	Abreviatura	Características
Policarbonato	(PC)	Resistencia química
Plexiglás	(PMMA)	Propiedades ópticas
Poliestireno	(PS)	Baja resistencia
Cloruro de polivinilo	(PVC)	Aislante térmico

Fuente: centros4.pntic.mec.es/ies.ramon.giraldo/tecn_ind/tema8_plasticos.pdf

2.1.3.2. Termoestables

Son polímeros con estructura bidimensional o tridimensionales de punto de fusión elevado, e insolubles en disolvente orgánicos que al calentarse sufren cambios químicos y estructurales que provocan su endurecimiento, y por tanto al enfriarse y solidificar lo hacen de forma irreversible. A continuación se muestra las clases de termoestables, sus abreviaturas que son de acuerdo internacional y una característica principal.

Tabla 2.4 Clases de plásticos termoestables.

Termoestables	Abreviatura	Características
Resinas poliéster	(UP)	Anticorrosivo
Baquelita	(PF)	Alta dureza
Melanina	(MF)	Resistencia dieléctrica
Resinas Epóxicos	(EP)	Resistencia química

Fuente: centros4.pntic.mec.es/ies.ramon.giraldo/tecn_ind/tema8_plasticos.pdf

2.1.3.3. Elastómeros

En los elastómeros las cadenas de polímero se encuentran enrolladas y retorcidas de forma arbitraria, al azar, lo que les confiere gran flexibilidad para permitir que el material sea capaz de soportar deformaciones muy grandes.

Tabla 2.5 Clases de elastómeros

Termoestables	Abreviatura	Características
Caucho natural		Aislante eléctrico
Polibutadineo	(BR)	Alto desgaste
Policloropreno	(CR)	Resistente al calor
Neopreno	(PCP)	Alta resistencia
Poliuretanos	(PUR)	Resistente a la abrasión
Siliconas	(SI)	Estabilidad térmica

Fuente: centros4.pntic.mec.es/ies.ramon.giraldo/tecn_ind/tema8_plasticos.pdf

Dentro de nuestra aplicación utilizamos el **polietileno de baja densidad (LDPE)**, **Polietileno de Alta densidad (HDPE)** y **POLIPROPILENO**, a continuación una breve descripción de estos tres tipos de plástico:

2.1.3.3.1. El polietileno de baja densidad (LDPE)

Se obtiene a partir del etileno gaseoso, se polimeriza, a presiones de 1.000 a 3.000 atm y temperaturas de 100 a 300°C. Poseen una estructura muy ramificada de cristalinidad moderada. Sus características varían ampliamente, según su peso molecular. Puede existir bajo la forma cristalina (elástico, oscuro, poco soluble, deformable) o la forma amorfa (duro, resistente, más claro, más soluble). Sus principales aplicaciones son dentro del sector del envase y empaque (bolsas, botellas, películas, sacos, tapas para botellas, etc.) y como aislante (baja y alta tensión).

2.1.3.3.2. Polietileno de Alta densidad (HDPE)

El proceso de polimerización del polietileno de alta densidad se lleva a cabo a presiones por debajo de 14 MPa, en muchos casos, hasta por debajo de 7 MPa en la cual se obtiene un polímero muy cristalino, de estructura muy poco ramificada. La ausencia de la ramificación produce una estructura compacta con una densidad más alta que mejora la rigidez, la resistencia a la tensión, el punto de fusión, la resistencia química, la resistencia al agrietamiento con esfuerzo y la resistencia al impacto a bajas temperaturas.

Presenta fácil procesamiento y buena resistencia al impacto y a la abrasión. No resiste a fuertes agentes oxidantes como ácido nítrico, ácido sulfúrico fumante, peróxidos de hidrógeno o halógenos.

Sus principales aplicaciones son en el sector de envase y empaque (bolsas para mercancía, bolsas para basura, botellas para leche y yogurt, cajas para transporte de botellas, etc.), en la industria eléctrica (aislante para cable), en el sector automotriz (recipientes para aceite y gasolina, tubos y mangueras), artículos de cordelería, bandejas, botes para basura, cubetas, platos, redes para pesca, regaderas, tapicerías juguetes, etc..

2.1.3.3.3. Polipropileno

El **polipropileno (PP)** es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno). Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.

❖ Propiedades:

El PP isotáctico comercial es muy similar al polietileno, excepto por las siguientes propiedades:

- Menor densidad: el PP tiene un peso específico entre 0,9 g/cm³ y 0,91 g/cm³, mientras que el peso específico del PEBD (polietileno de baja densidad) oscila entre 0,915 y 0,935, y el del PEAD (polietileno de alta densidad) entre 0,9 y 0,97 (en g/cm³)
- Temperatura de reblandecimiento más alta
- Gran resistencia al *stress cracking* (el agrietamiento de tensión)
- Mayor tendencia a ser oxidado (problema normalmente resuelto mediante la adición de antioxidantes)
- El PP tiene un grado de cristalinidad intermedio entre el polietileno de alta y el de baja densidad.

Tabla 2.6 Propiedades mecánicas PP

	PP homopolímero	PP copolímero	Comentarios
Módulo elástico en tracción(GPa)	1,1 a 1,6	0,7 a 1,4	
Alargamiento de rotura en tracción (%)	100 a 600	450 a 900	Junto al polietileno, una de las más altas de todos los termoplásticos
Carga de rotura en tracción (MPa)	31 a 42	28 a 38	

Tabla 2.6 (continuación) Propiedades mecánicas PP

Módulo de flexión (GPa)	1,19 a 1,75	0,42 a 1,40	
Resistencia al impacto Charpy(kJ/m ²)	4 a 20	9 a 40	El PP copolímero posee la mayor resistencia al impacto de todos los termoplásticos
Dureza Shore D	72 a 74	67 a 73	Más duro que el polietileno pero menos que el poliestireno o el PET

Fuente: centros4.pntic.mec.es/ies.ramon.giraldo/tecn_ind/tema8_plasticos.pdf

Presenta muy buena resistencia a la fatiga, por ello la mayoría de las piezas que incluyen bisagras utilizan este material.

Tabla 2.7 Propiedades térmicas PP

	PP homopolímero	PP copolímero	Comentarios
Temperatura de fusión (°C)	160 a 170	130 a 168	Superior a la del polietileno
Temperatura máxima de uso continuo (°C)	100	100	Superior al poliestireno, al LDPE y al PVC pero inferior al HDPE, al PET y a los "plásticos de ingeniería"
Temperatura de transición vítrea (°C)	-10	-20	

Fuente: centros4.pntic.mec.es/ies.ramon.giraldo/tecn_ind/tema8_plasticos.pdf

A baja temperatura el PP homopolímero se vuelve frágil (típicamente en torno a los 0 °C); no tanto el PP copolímero, que conserva su ductilidad hasta los - 40 °C.

El PP es una poliolefina termoplástica parcialmente cristalina

Es por eso que para el presente proyecto se ha considerado como materia

prima el Polipropileno, dado que el producto elaborado es para el trabajo en medios extremos, en el campo, sin cuidado y sin la instalación por medio de personal calificado, con esto se busca tener un producto de bajo peso pero con alta resistencia, que no falle inmediatamente luego de la presencia de presión interna o mucho menos por el impacto de algún objeto.

❖ **Aplicaciones:**

El polipropileno ha sido uno de los plásticos con mayor crecimiento en los últimos años y se prevé que su consumo continúe creciendo más que el de los otros grandes termoplásticos (PE, PS, PVC, PET). En 2005 la producción y el consumo de PP en la Unión Europea fueron de 9 y 8 millones de toneladas respectivamente, un volumen sólo inferior al del PE.

El PP es transformado mediante muchos procesos diferentes. Los más utilizados son:

- **Moldeo por inyección** de una gran diversidad de piezas, desde juguetes hasta parachoques de automóviles
- **Moldeo por soplado** de recipientes huecos como por ejemplo botellas o depósitos de combustible

Termoformado de, por ejemplo, contenedores de alimentos. En particular se utiliza PP para aplicaciones que requieren resistencia a alta temperatura (microondas) o baja temperatura (congelados).

Producción de fibras, tanto tejidas como no tejidas.

Extrusión de perfiles, láminas y tubos.

Producción de película, en particular:

Película de polipropileno biorientado (BOPP), la más extendida, representando más del 20% del mercado del embalaje flexible en Europa Occidental

Película moldeada ("cast film")

Película soplada ("blown film"), un mercado pequeño actualmente (2007) pero en rápido crecimiento

El PP es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes.

Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.

Una gran parte de los grados de PP son aptos para contacto con alimentos y una minoría puede ser usada en aplicaciones médicas o farmacéuticas.

2.1.4. METODOS DE MOLDEO DE PLASTICO

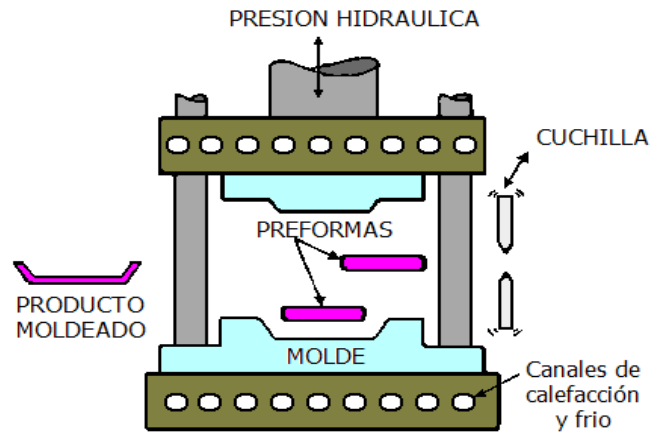
Para obtener el producto final con el aspecto que conocemos, es preciso todo un proceso industrial de fabricación, que puede llegar a ser muy complejo y se detallan a continuación¹:

3. Moldeo a alta presión y baja presión
4. Extrusión
5. Inyección
6. Al vacío
7. Por soplado
8. Colada
9. Espumado
10. Calandrado

2.1.4.1. Moldeo a alta presión y baja presión

Uno de los procesos más antiguos y más simple de moldear plásticos es el moldeo por compresión que se conoce es el moldeo por compresión que se muestra en la figura 2.1

¹ OTHMMER .K., Enciclopedia de Tecnología Química, Ed URMO, IV.Vol. , España, 1973, Pág.95



Moldeo por compresión, que muestra el paso a la cavidad de preformas en caliente

Figura 2.1 Proceso de moldeo por compresión²

Esta técnica consiste básicamente en el calentamiento y la conformación por presión de un plástico en polvo en la cavidad de un molde insertado entre las platinas de una prensa hidráulica con el objeto de adquirir la forma deseada³.

A continuación, una vez que el calor endurece la sustancia, se extrae la pieza de la cavidad del molde.

El equipo usado en el moldeo por compresión consta de platina sobre las cuales se sujetan las piezas del moldeo y que pueden moverse la una hacia la otra cuando se aplica la presión

2.1.4.2. Extrusión

Es una operación continua, representa uno de los métodos menos caros por unidad de volumen de material para el procesado de plásticos y es ampliamente usado en la industria de los mismos.

La operación de extrusión se muestra en la figura 1.5. Donde el proceso consiste en moldear productos de manera continua y seca en una máquina de tornillo sin fin.

² OTHMMER .K., Enciclopedia de Tecnología Química, Ed URMO, Vol. 4. España, 1973, Pág.96

³ OTHMMER .K., Enciclopedia de Tecnología Química, Ed URMO Vol. 5. España, 1973, Pág.584

La alimentación del material plástico se da a través de la tolva al interior de un tornillo sin fin. El tornillo mezcla y comprime el material antes de que se derrita. A continuación el tornillo empuja la masa fundida al extremo del cilindro y obliga a pasar a través de una matriz, que imparte la forma deseada.

El producto final se enrosca o se trocea, dependiendo del uso que se le vaya a dar. También se emplea este procedimiento para la fabricación de tuberías, inyectando aire a presión a través de un orificio en la punta del cabezal³

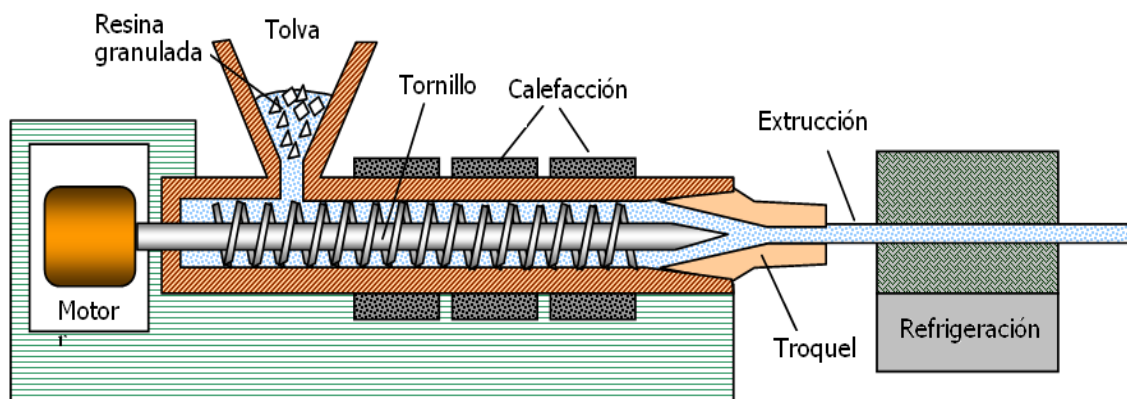


Figura 2.2 Proceso de extrusión de plástico⁴

La mayoría de los plásticos que se terminan como láminas, tubos, barras, filamentos, películas y otras formas de sección transversal uniforme, se producen por extrusión.

2.1.4.3. Inyección

Este proceso es el más eficaz para la manufacturación de componentes con formas complejas ya que se puede predecir con más exactitud. Se introduce el plástico por medio de una tolva y un tornillo sin fin o embolo hidráulico, que regula el paso del polvo del molde interior a la cámara de calentamiento. La velocidad de paso esta sincronizada con el movimiento de un embolo en el extremo de la cámara de calentamiento. Cuando el embolo avanza en su carrera de inyección, empuja el polvo de moldeo plastificado por el calor y lo introduce en el molde.

⁴Fuente: cmplasticos.blogspot.com/2009/02/fabricacion-de-objetos-de-plastico.html

Un dosificador, coloca en la cámara, hace uniforme el paso impidiendo así el atrapamiento parcial del plástico. La mitad del molde es fija; la otra mitad se mueve hasta ocupar su posición a lo largo del plano horizontal. Las dos secciones se mantienen firmemente cerradas por presión y se suelta cuando el enfriamiento de la forma moldeada ha llegado a una fase suficientemente para su endurecimiento.

Entonces, se realiza la expulsión por medio de barras de choque y pasadores.

La refrigeración de este proceso se da mediante unos canales interiores por los que circula agua. Este método se utiliza especialmente para la producción en serie de piezas. Por este procedimiento se fabrican cubos, carcasas, componentes del automóvil, etcétera.

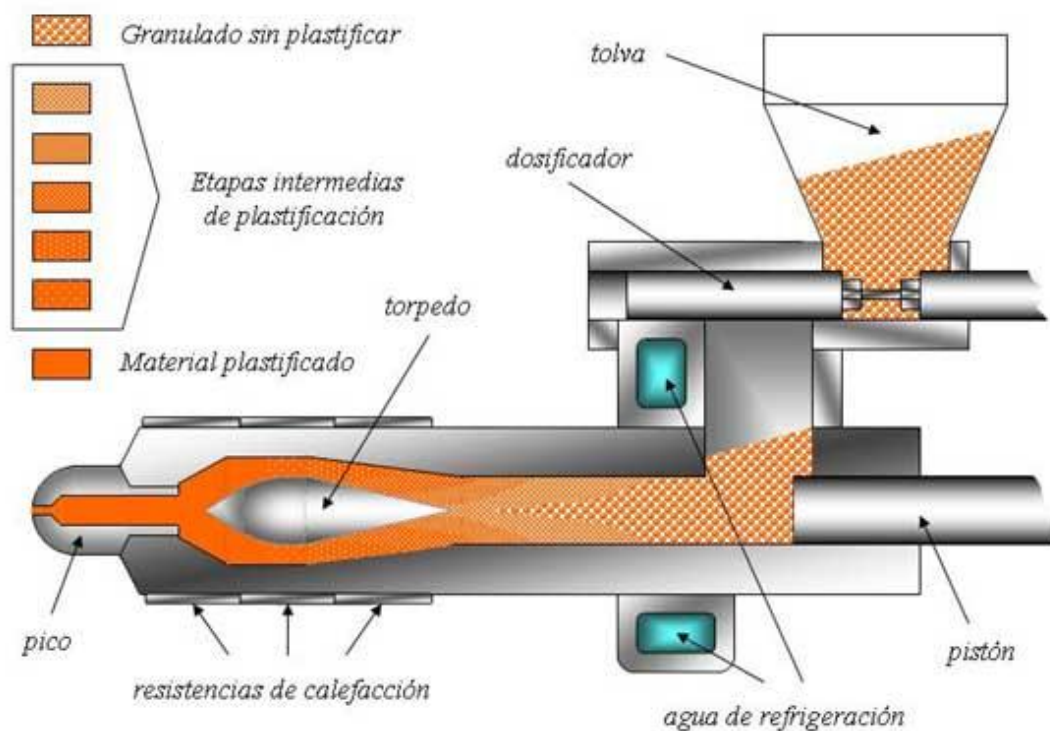


Figura 2.3. Proceso de inyección de plástico⁵.

⁵<http://www.cursosplasticos.com.ar/cursos1.html>

2.1.4.4. Al vacío

Consiste en efectuar el vacío absorbiendo el aire que hay entre la lámina y el molde, de manera que ésta se adapte a la forma del molde. Este tipo de moldeo se emplea para la obtención de envases de productos alimenticios o envases que reproducen la forma de los objetos que han de contener⁶

2.1.4.5. Por soplado

Consiste en aplicar aire a presión contra la lámina de plástico hasta adaptarla al molde. Este procedimiento se denomina moldeo por soplado, Se emplea para la fabricación de cúpulas, piezas huecas, etcétera. Hay dos métodos por soplado el directo y el indirecto.

2.1.4.6. Método indirecto

Esta técnica obliga al material termoplástico a tomar forma por medio de aire o vapor .Se ponen dos láminas de material en el molde caliente y se inyecta aire entre ellas.

Los bordes de las láminas se funden por el contacto con el molde caliente y se obtiene un artículo hueco. Es también posible soplar una sola lámina para hacer una bandeja, un plato y otros artículos semiplanos.

2.1.4.7. Método directo

Se forma una sección tubular por extrusión con una boquilla se cierra fuertemente alrededor del tubo un molde hendido mientras el tubo estaba todavía caliente y plástico se inyecta aire a presión para forzar al plástico adaptarse a las paredes del molde, que es enfriado por circulación de agua fría en las paredes huecas

⁶OTHMMER .K., Enciclopedia de Tecnología Química, Ed URMO Vol. 5. España,1973,Pág.587

2.1.4.8. Colada

Este método no depende de una presión externa para formar el plástico, pero sí de la gravedad y el calor para fijar la masa

En la figura 2.4 se muestra el principio de operación del colado. La materia prima es colocada dentro de un molde en efectuar el vacío absorbiendo el aire que hay entre la lámina y el molde, de manera que ésta se adapte a la forma del molde.

Este tipo de moldeo se emplea para la obtención de envases de productos alimenticios o envases que reproducen la forma de los objetos que han de contener⁷.

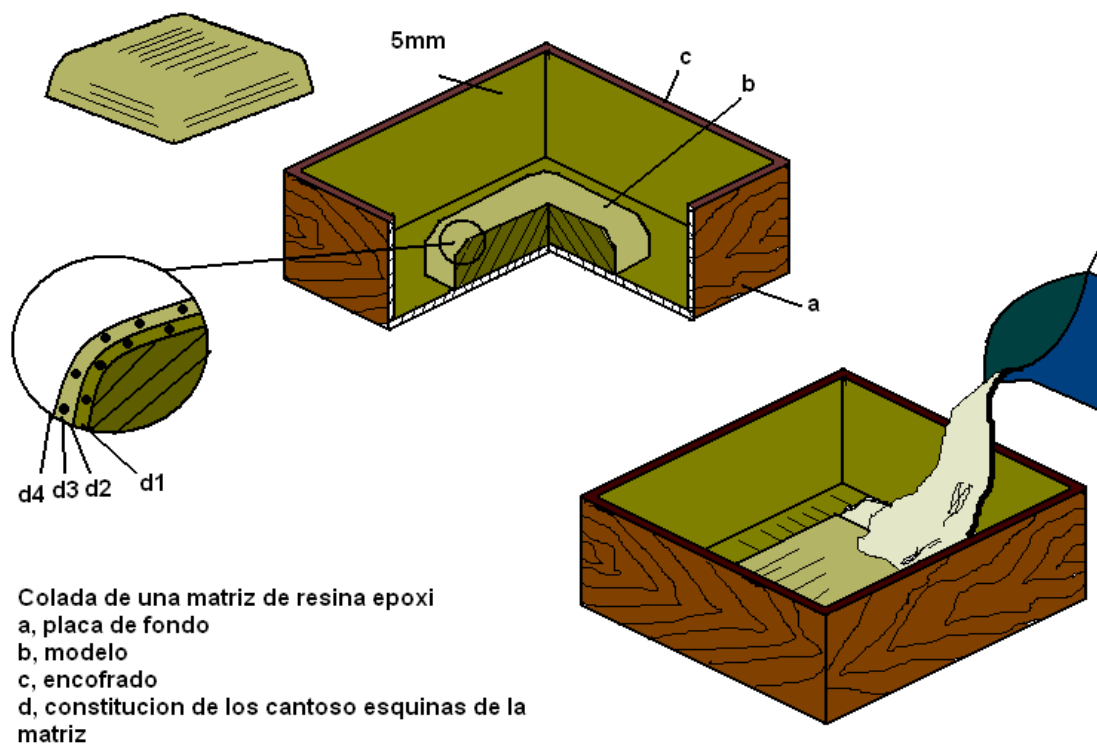


Figura 2.4 Proceso de colado de plástico⁸.

⁷Fuente: MEYSENBUG .M., Tecnología de plásticos para ingenieros, Ed URMO Vol. 4. España, 1973, Pág.110

⁸Fuente: MEYSENBUG .M., Tecnología de plásticos para ingenieros, Ed URMO Vol. 4. España, 1973, Pág.110

2.1.4.9. Espumado

Consiste en introducir aire u otro gas en el interior de la masa de plástico de manera que se formen burbujas permanentes. Por este procedimiento se obtiene la espuma de Poliestireno, la espuma de poliuretano PUR, etc.

Con estos materiales se fabrican colchones, aislantes térmicos, esponjas embalajes, cascos de ciclismo y patinaje, plafones ligeros y otros.

2.1.4.10. Calandrado

Consiste en hacer pasar el material plástico a través de unos rodillos que producen, mediante presión, láminas de plástico flexibles de diferente espesor.

Estas láminas se utilizan para fabricar hules, impermeables o planchas de plástico de poco grosor. La figura 2.5 ofrece un ejemplo del proceso de calandrado

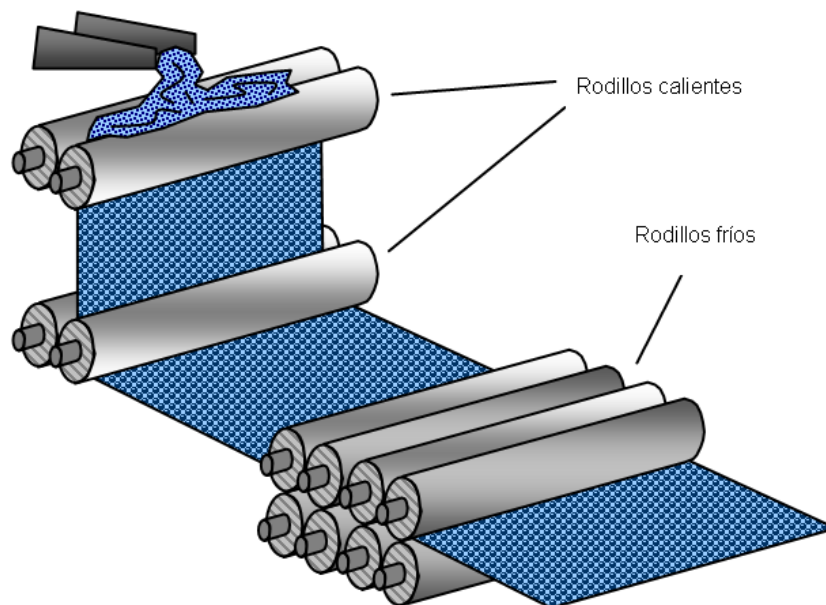


Figura 2.5 Proceso de calandrado de plástico⁹

⁹Fuente: MEYSENBUG .M., Tecnología de plásticos para ingenieros, Ed URMO Vol. 4. España, 1973, Pág.110

2.2. FUNCIONES DEL MOLDE PARA INYECCION DE PLASTICO

2.2.1. TIPOS DE MATRICES O MOLDES

Los tipos de matrices dependen básicamente de la materia prima y de los métodos de moldeo que existen, entre los principales se encuentran los siguientes:

- Matriz de Compresión
- Matriz de Transferencia
- Matriz de Inyección

A continuación se detallan brevemente cada una de las matrices o moldes.

2.2.1.1. MATRIZ POR COMPRESION

Este tipo de molde está compuesto básicamente por una cavidad en donde se coloca el material cuando la matriz está abierta, y un macho o pistón el cual comprime al material cuando la matriz se cierra.

Por lo general estas matrices se utilizan para trabajar con materiales termoestables ya que al contrario de los materiales termoplásticos, los termoestables no necesitan de mucho tiempo para alcanzar el estado plástico.

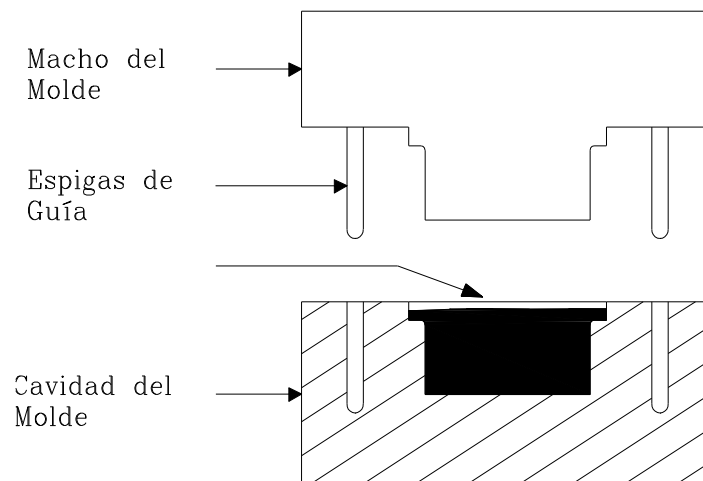


Figura 2.6 Matriz por compresión de plástico.

2.2.1.2. MATRIZ DE TRANSFERENCIA DE RESINAS (TERMOESTABLES)

Este tipo de matriz consta de una cámara, la cual está abierta por sus dos extremos y a la vez es independiente de las cavidades y machos. La presión de cierre y la de transferencia se aplica mediante dos pistones independientes.

Este tipo de molde se utiliza para la fabricación de piezas que tienen orificios que se han de sujetar por ambos extremos (Ver Figura 2.7)

En general las matrices de transferencia sólo se utilizan para trabajar con materiales termoestables.

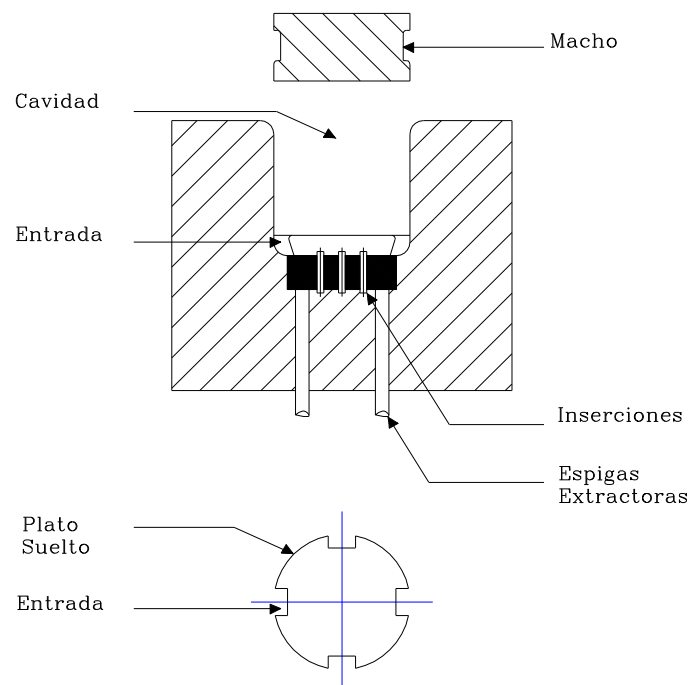


Figura 2.7 Matriz de transferencia.

2.2.1.3. MATRIZ DE INYECCION

Los moldes de inyección son semejantes a los moldes de transferencia, con la diferencia de que estas matrices no tienen cámaras de carga. El material es plastificado por medio de máquinas de inyección, este material pasa a través de bebederos y canales de la matriz. La presión de cierre de la máquina de inyección mantiene cerrada la matriz mientras se inyecta el material sometido a una presión de diferente procedencia.

Este tipo de molde se utiliza para trabajar con materiales termoplásticos y termoestables. Al moldeo de inyección de materiales termoestables se lo denomina moldeo por chorro (jet holding).

2.2.2. METODO DE MOLDEO POR INYECCION

2.2.2.1. INTRODUCCION

La inyección de plásticos, es el proceso de moldeo que mayor desarrollo ha experimentado dentro de la industria del tratamiento de plásticos. El desarrollo de este proceso fue influenciado por el avance tecnológico de las materias primas (materias termoplásticas) y fue acompañado por la exigencia de adaptar la técnica a la elaboración de nuevos plásticos que aparecen en el mercado.

2.2.2.2. DESCRIPCION DEL PROCESO

El proceso de inyección empieza con el camino de la materia prima que se vierte en una tolva del dispositivo dosificador situado sobre la unidad inyectora de la máquina. Una parte de esta materia prima que se encuentra en el émbolo del dispositivo dosificador, es empujada hacia delante, una vez que el material pasa esta primera fase, es trasladada por medio de un émbolo de inyección hacia adelante hasta llegar al cilindro de plastificación. Las bandas calefactoras situadas en la superficie exterior del cilindro, llevan al material a una temperatura que produce la transformación de la masa de inyección prensada en una fusión termoplástica.

La pared interior del cilindro trasmite continuamente su propio calor al granulado, que empieza rápidamente a modificar su consistencia sólida de granos bajo la influencia de la temperatura. Cabe destacar que por las características del proceso (método de trabajo intermitente), se permite que el avance de material no sea permanente, sino que haya una cierta permanencia de la masa en el cilindro, sin embargo con cada avance la disgregación de material aumenta, llegando a la parte delantera del cilindro calefactor como fusión plástica homogénea y lista para la inyección. A través de una boquilla se presiona la masa caliente hacia el molde cerrado. La velocidad de inyección depende de las propiedades del plástico que se emplea en el proceso. La

cantidad de material dosificado debe ser tal que su volumen baste para llenar los huecos del molde, la masa plástica se enfría al poco tiempo dentro del molde con ayuda de sistemas de enfriamiento dispuestos en ambas partes del molde.

Para la finalización del proceso, la materia prima ya con la forma deseada y solidificada, es extraída del molde

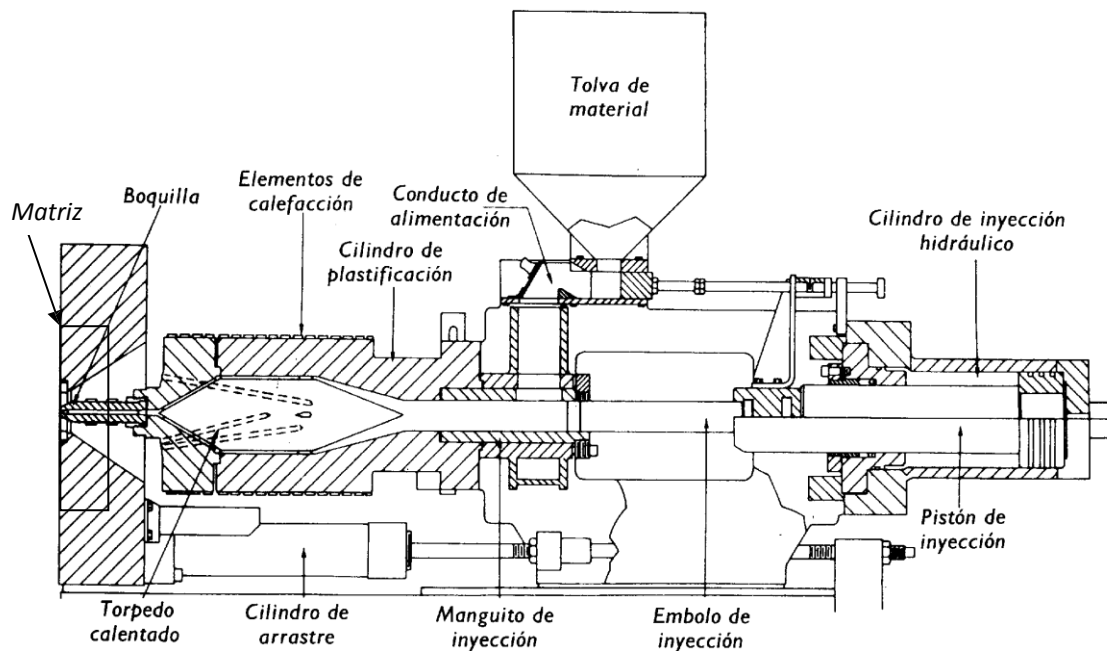


Figura 2.8 Proceso de Inyección de plástico¹⁰

El proceso ofrece entre otras cosas:

- Máxima exactitud de forma y dimensiones de la pieza inyectada.
- Posibilidad de formación de orificios, refuerzos, ajustes y marcas así como inserción de elementos de otros materiales, con lo que la producción se hace completa.
- Superficie lisa y limpia de las piezas inyectadas.
- Buenas propiedades de resistencia a pesar de espesores de pared fina, con una configuración de las piezas adecuadas al proceso y al material.

¹⁰Fuente: DOMINIK V. DONAL V. MARLENE G., Injection Molding Handbook, 3ra Edición, Boston, Kluwer Academic Publishers, pag.1393

- Rápida producción de gran cantidad de piezas en moldes duraderos con una o varias cavidades; esto permite plazos de entrega relativamente cortos y una capacidad de almacenaje reducida.
- Gran aprovechamiento del material empleado.

2.3. PARTES DEL MOLDE PARA INYECCION DE PLASTICO

La concepción y proyecto de un molde requiere una gran competencia técnica, y se debe realizar con el máximo cuidado y atención. Solamente conseguiremos buenos resultados cuando el molde se ha concebido, estudiado, dimensionado y construido adecuadamente.

Para la construcción de un molde es indispensable adaptarse a la pieza que va a ser moldeada, al material y a la máquina de inyección.

Independientemente de la clasificación en la que se decida separar a los moldes, en todos ellos hay una serie de elementos comunes, que van a ser en primer lugar, el objetivo de nuestro estudio.

2.3.1. SISTEMA DE ALIMENTACION

El sistema de alimentación, o llenado, tiene como función la de recibir el material moldeo, fundido, que procede del cilindro de plastificación de la maquina, y conducirlo hasta la cavidad del molde.

El sistema consta fundamentalmente de las siguientes partes:

- a) Bebedero
- b) Canales de alimentación y distribución
- c) Entradas
- d) Cavidad de moldeo

2.3.1.1. Bebedero, mazarote y pozo frio

2.3.1.1.1. Forma y dimensiones del bebedero

El bebedero de inyección es un orificio troncocónico que, generalmente, está realizando la placa fija del molde y que permite el paso del flujo del material procedente de la boquilla de la maquina inyectora hacia los canales y cavidades del molde, al cerrar la máquina. Si tenemos en cuenta que la boquilla se apoya directamente sobre el bebedero, ejerciendo una carga localizada sobre el mismo, será conveniente fabricar el manguito del bebedero en acero templado, y diseñarlo de forma que pueda ser sustituido con facilidad cuando se deteriore o desgaste el orificio exterior.

El orificio del bebedero debe estar terminado con pulido brillante, realizándose esta operación en el sentido del eje para evitar rugosidades en el perfil interior.

El manguito del bebedero esta sometido fundamentalmente a un esfuerzo de flexión alternativo como lo indica la figura:

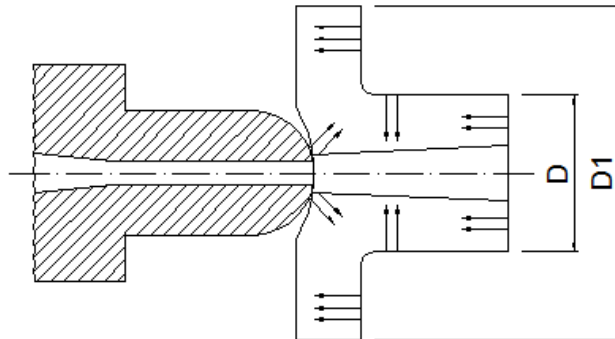


Figura 2.9 Manguito del bebedero¹¹

La valona de asiento ($D1$) no ha de ser excesivamente grande, ni tampoco el diámetro cilíndrico (D), pues cuanto mayor sea más posibilidades existen que en la pieza aparezcan marcas, rechupes, etc.

Debido a la diferente velocidad de enfriamiento entre el molde y el manguito.

¹¹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 49

El taladro del bebedero es de forma cónica, quedando el diámetro mayor hacia el lado de la cavidad del molde como lo indica la figura 2.10.

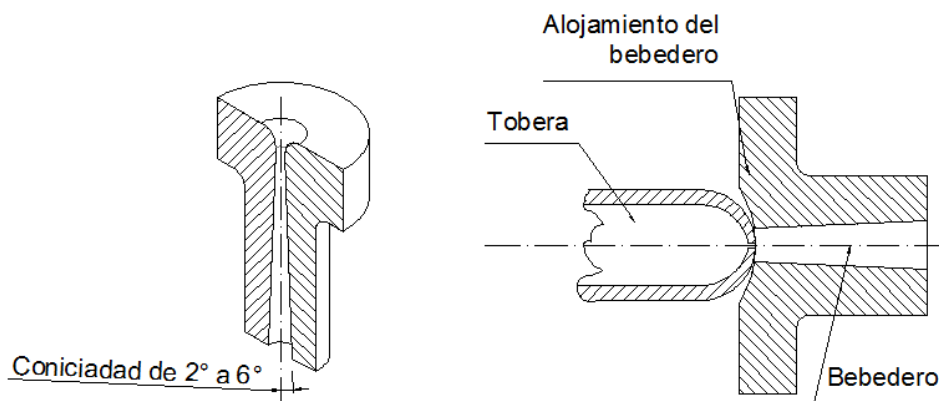


Figura 2.10 Conicidad del taladrado del bebedero¹²

El diámetro menor debe ser algo mayor que el diámetro de la tobera para evitar que el mazarote se vea impedido en su salida. Aproximadamente, es suficiente un 10 a 15% mayor. Si la entrada del canal es más pequeña que la abertura de la tobera como en la imagen 20 o tiene una parte cilíndrica como en la figura 2.12, o en su defecto presenta una conicidad invertida como en la figura 2.13 la rotura del mazarote se produce en un punto intermedio, anterior a la zona de contacto del bebedero y la boquilla, quedando retenido parte del material dificultando o impidiendo la siguiente inyectada de material.

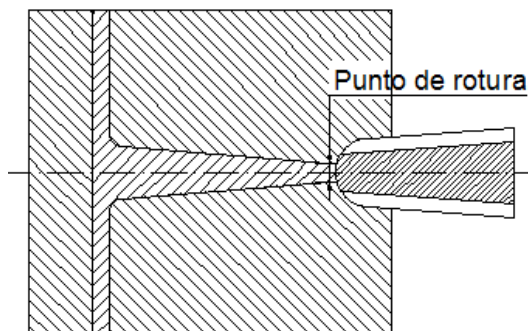


Figura 2.11 canal pequeño¹²

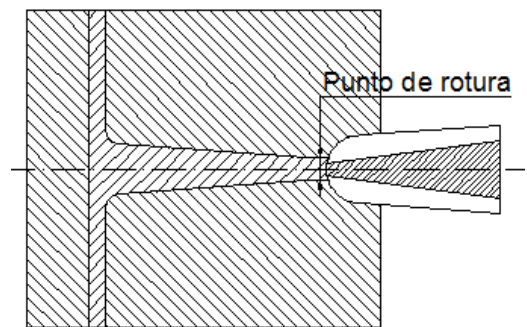


Figura 2.12 canal con parte¹² cilíndrica

¹²O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 49

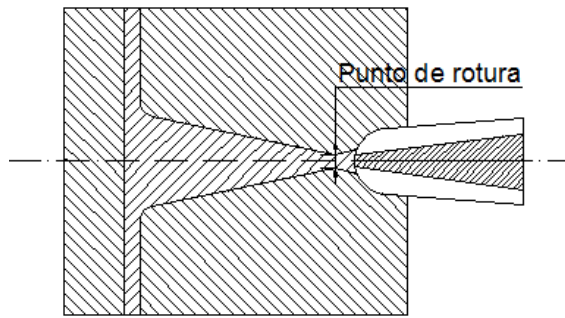


Figura 2.13 canal con conicidad invertida¹³

El diámetro del orificio menor del bebedero puede oscilar entre 3 y 10mm., dependiendo del peso, tamaño y sección transversal de la pieza, para ello utilizaremos el diagrama indicado en la figura 2.14.

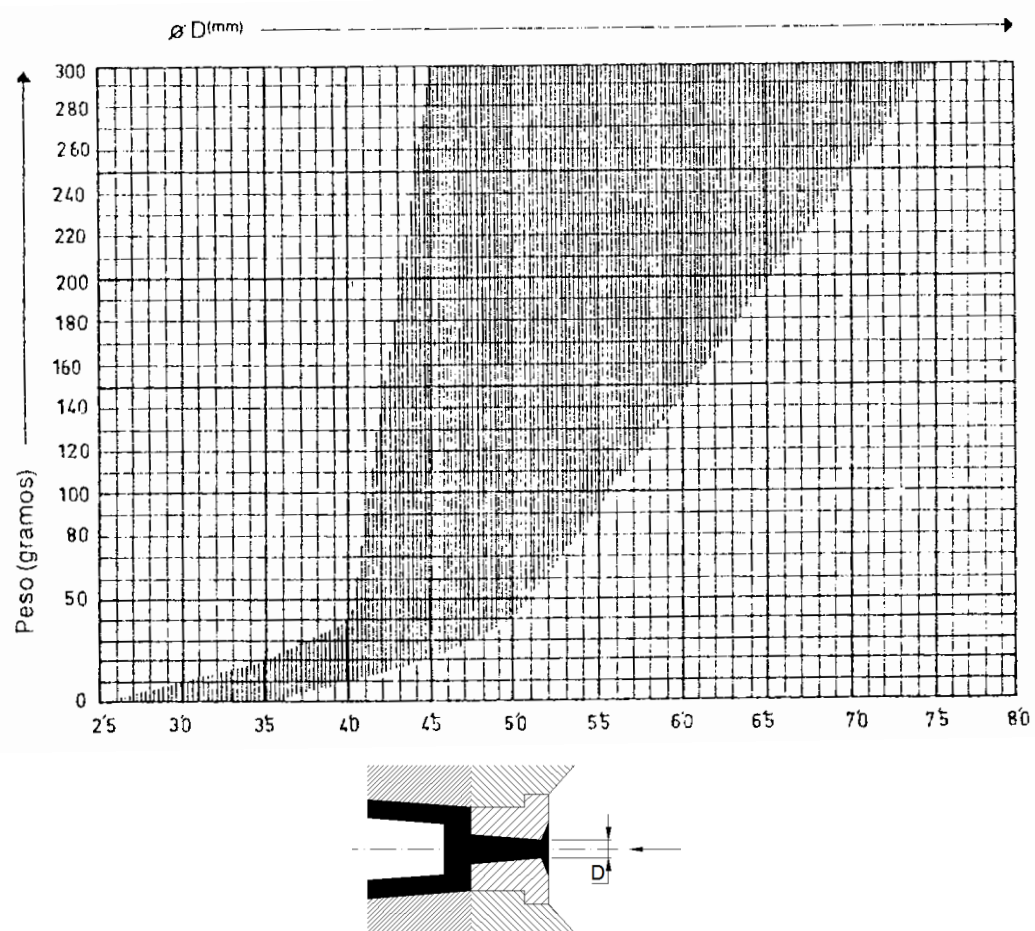


Figura 2.14 Diagrama de Diámetro de bebedero Vs. Peso de la pieza y tamaño¹³.

¹³O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 50

El canal del bebedero ha de estar en el eje de la tobera de inyección y adaptarse perfectamente a ella. Este contacto puede hacerse de diversas formas, tales como superficies de contacto planas y superficies de contacto curvadas.

Las superficies de contacto planas se emplean poco ya que exigen una mayor presión de cierre (figura 2.15), existe la excepción en este caso, cuando se tiene moldes de canales calientes, debido al desplazamiento que puede ocasionar la dilatación térmica, normalmente la superficie del manguito del bebedero suele tener una forma de sector circular, ajustándose a el la superficie esférica de la tobera (figura 2.16). En general el radio de la cavidad del bebedero $R_b \geq R_T + 1$ siendo R_T el radio de la tobera.

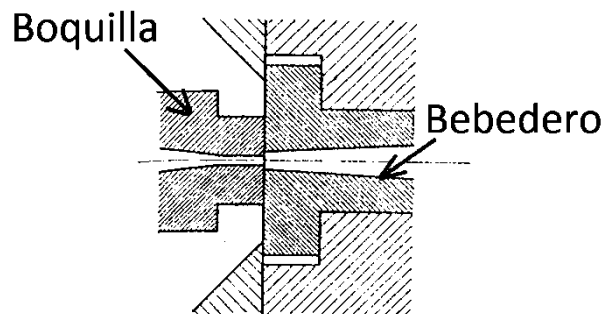


Figura 2.15 Superficie plana del manguito del bebedero¹⁴.

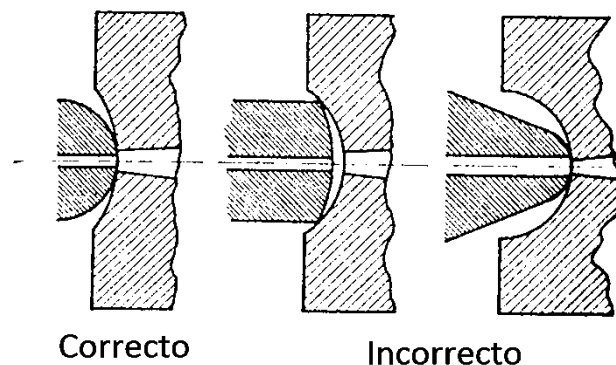


Figura 2.16 Superficie cónica del manguito del bebedero¹⁴.

La longitud del bebedero será siempre tan corta como sea posible, pero tiene que llegar a la línea de partición del molde.

¹⁴O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 51

En la mayor parte de los casos, con una relación longitud/diámetro entre 5 y 9 se consiguen buenas inyectadas.

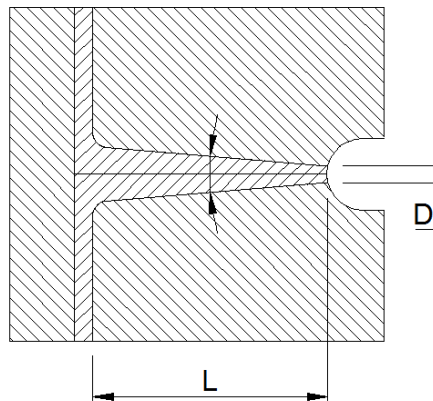


Figura 2.17 Relación longitud / diámetro del bebedero ($5 \leq L/D \leq 9$)¹⁵

El grado de conicidad es variable, pero hay que tener en cuenta que cuanto mayor sea, más fácil será de sacar el material que se ha solidificado dentro del bebedero. Unos 3 a 5° permiten una buena inyección del material y extracción del mazarote.

La abertura de salida del canal hacia la cavidad debe estar bien acoplada para disminuir la turbulencia del material, que fluye siempre con una velocidad considerable. Para el llenado es adecuada una velocidad del frente de flujo de unos 1000 mm/seg. El diámetro mayor del bebedero debe ser mayor que la suma de los diámetros de todos los canales principales de alimentación de la cavidad. De esta forma podremos asegurarnos de que el bebedero queda abierto más tiempo que todos los demás canales, pudiendo transmitirse la presión de atraque.

2.3.1.1.2. Situación y tipos de bebederos.

El bebedero se debe colocar de acuerdo con las leyes de la mecánica de fluidos y de la tecnología que se va a emplear. El punto más lógico es en el centro del molde, de esta manera el material recorrerá la misma distancia en todas las direcciones, dentro de la cavidad.

¹⁵O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 52

En cuanto se refiere a los tipos de bebederos, se los podría clasificar de dos maneras:

a) Bebedero cónico o de barra

Este tipo de bebedero es el que hemos estado tomando en cuenta en toda la descripción que hemos realizado hasta el momento con respecto a este elemento.

b) Bebedero puntiforme con precámara

Este tipo de bebedero podría asemejarse al bebedero para toberas prolongadas.

Para el presente proyecto se va a utilizar bebedero cónico o de barra ya que las piezas que se van a fabricar son pequeñas y no requieren de un bebedero puntiforme.

2.3.1.1.3. Refrigeración del bebedero.

Con frecuencia, es bastante normal hacer dos taladros en la placa del bebedero para realizar a través de ellos la refrigeración del mismo como lo indica la figura 2.18, este procedimiento es poco efectivo, y solo es aconsejable cuando no se necesita muy buena refrigeración y que además no tenga que producirse con rapidez.

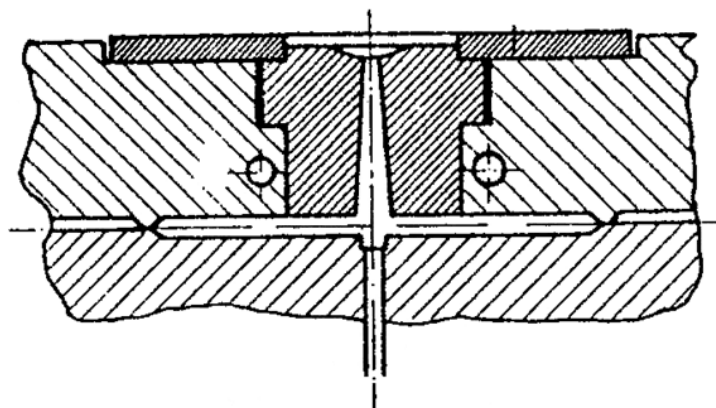


Figura 2.18 Perforaciones en bebedero para enfriamiento¹⁶.

¹⁶O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 56

Existen otras soluciones mas eficientes, como la indicada en la figura 2.19, que consiste en hacer un canal alrededor del bebedero y cerrar con una junta, u otra similar, en la que el fluido refrigerante pasa a través de un tubo de cobre que esta soldado dentro de una acanaladura.

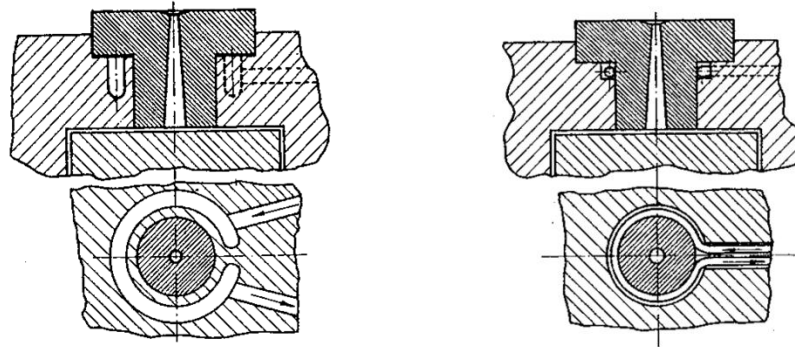


Figura 2.19 Refrigeración del bebedero por medio de canales alrededor del mismo¹⁷.

2.3.1.1.4. Ajuste del bebedero.

El bebedero debe construirse en pieza aparte para que sea posible su remplazo en caso de desgaste por el trabajo, fijándose por medio de un disco (figura 2.20 a) o se puede fijar directamente en las placas (figura 2.20 b)

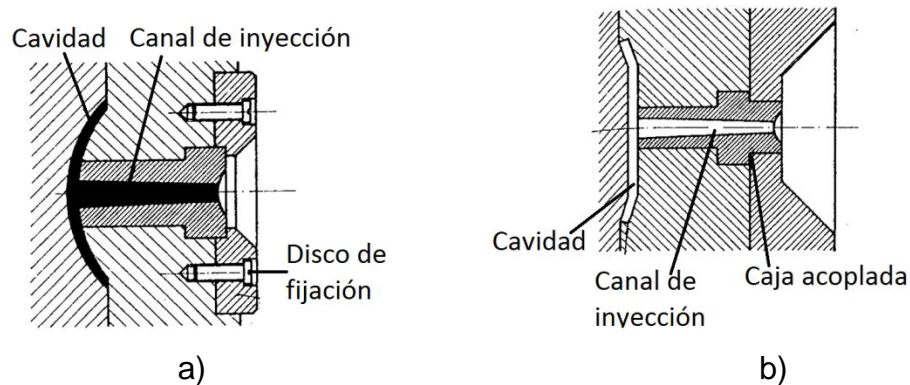


Figura 2.20 Ajuste del bebedero a) por medio de un disco b) directamente entre las placas¹⁸.

¹⁷O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 56

¹⁸O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 57

2.3.1.1.5. Pozo frio

El pozo frio consiste en una depresión o pocillo localizado en el extremo mayor del bebedero. Esta situado en la parte móvil del molde. Va provisto de una espiga extractora que forma el fondo de la depresión, y actúa como receptáculo del primer material (relativamente frio) que fluye de la tobera.

Su tamaño debe ser mayor que el del diámetro mayor del bebedero, ya que de lo contrario el material seguiría el camino de menor resistencia y fluiría a través de los canales de alimentación en lugar de ser atrapado en el pozo (figura 2.21)

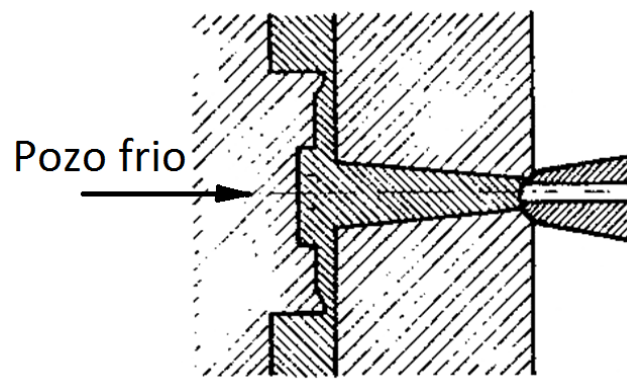


Figura 2.21 Pozo frio¹⁹.

2.3.1.1.6. Mazarote

Se denomina mazarote al material solidificado dentro del bebedero. La rotura y extracción del mismo debe realizarse automáticamente en el momento de la apertura del molde.

La espiga extractora, situada en el pozo frio, que sirve de enganche del mazarote, puede tener formas muy diversas como se muestra en la figura 2.22, pero en todos los casos es necesario que la sección sea lo suficientemente robusta para que no se produzca la rotura de la cola, que impediría la extracción de mazarote.

¹⁹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 57

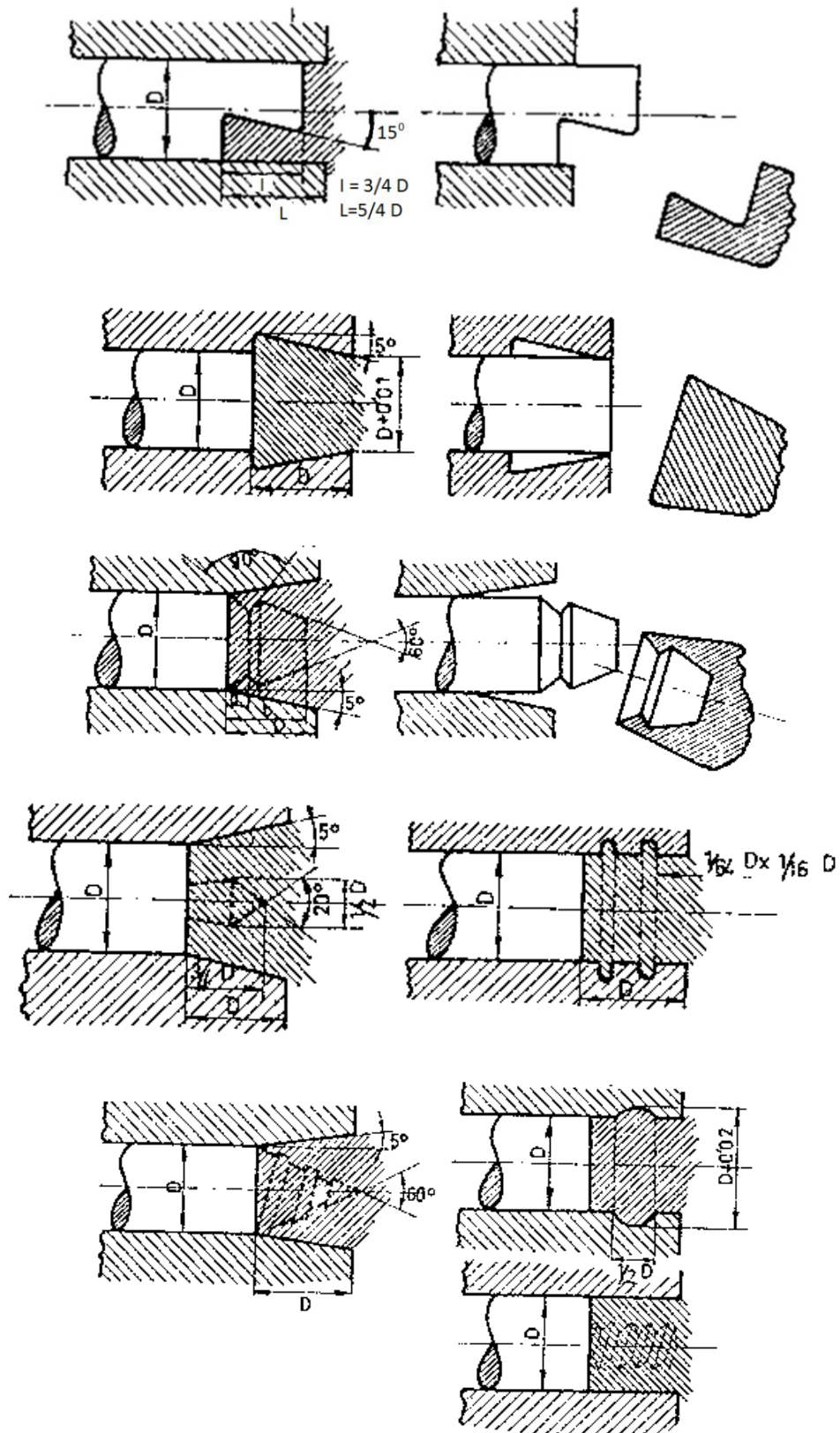


Figura 2.22 Varios diseños de espiga extractora de mazarote²⁰.

²⁰O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 58

2.3.1.2. CANALES DE ALIMENTACION

Los canales de alimentación, o también llamados como canales de distribución, constituyen la parte del sistema de alimentación que une el bebedero con las cavidades del molde.

La elección, disposición y realización de los canales es muy importante, ya que influye directamente en el éxito de la operación del moldeo.

El material plastificado entra a gran velocidad en el molde, que se encuentra a una temperatura inferior, y que produce una disipación rápida de calor, enfriando y solidificando rápidamente al material que se encuentra en contacto con las paredes. El material que fluye por el centro queda aislado respecto a la pared del canal y es esta la “vena líquida” la que realiza el llenado de la cavidad, y debe mantenerse hasta que la pieza este totalmente solidificada, con el fin de que la presión de atraque sea efectiva y capaz de compensar la contracción de volumen que tiene lugar durante la solidificación.

De esta exigencia se deriva principalmente la geometría de los canales. Deberán tener una sección transversal que permita al material plástico circular libremente, y una longitud lo mas pequeña posible, para disminuir la resistencia al flujo, las caídas de presión y las pérdidas de calor. La resistencia al flujo a lo largo de los canales se puede controlar por el tamaño de los mismos. De esta forma disponemos de un medio adecuado para equilibrar el flujo que se dirige a las distintas cavidades, ya que es necesario que todas ellas se llenen simultáneamente y de un modo uniforme.

Los canales se mezclan en las placas del molde. En caso de mecanizar uno solo, deberá realizarse en la placa móvil, a fin de que las piezas queden mejor retenidas y para que el material de los canales sea expulsado fácilmente por los extractores.

2.3.1.2.1. Forma de la sección.

Teniendo en cuenta las razones de ahorro de material, y en virtud de las condiciones de refrigeración, la relación entre el área de sección transversal y

su perímetro nos dará una indicación directa de la eficiencia del canal, y el único requisito que deberá cumplirse para elegir la forma del mismo es que dicha sección sea lo mayor posible respecto a su propio perímetro. Generalmente se emplean cuatro tipos de secciones: circular, semicircular o de media caña, trapezoidal modificado, aun que también se pueden utilizar rectangulares y cuadradas.

Durante el llenado del molde el material que penetra se va enfriando al contacto con las paredes del canal y forma una película aislante del resto del material que pasa por el centro, y que mantiene la temperatura de flujo

Lo ideal, sería situar la entrada en línea con esta vena central líquida, cosa que es fácil de conseguir utilizando canales circulares como se muestra en la figura 32 (a), pero que no es posible en el caso de los canales trapezoidales como se muestra en la figura 2.23 (b)

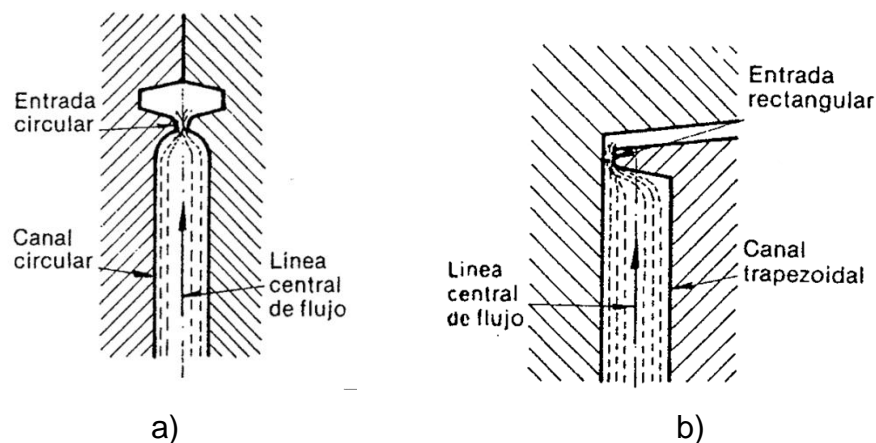


Figura 2.23 Canales de flujo de llenado del molde a) circular, b) trapezoidal²¹

2.3.1.2.2. Calculo de los canales

Para establecer el tamaño de la sección transversal del canal, hay que considerar los siguientes factores:

- a) Sección de la pared y volumen de la pieza que se va a moldear

²¹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 49

- b) Distancia entre la cavidad y el canal principal o el bebedero
- c) Enfriamiento del material en los canales
- d) Elección del tamaño del canal dentro de las medidas normalizadas
- e) Material plástico que se va a utilizar

a) La sección de pared y el volumen de la pieza determinaran la cantidad de material necesario para llenar el molde. El tamaño de la sección debe ser tal que permita el paso del material fundido necesario para llenar la cavidad, antes de que se solidifique en los canales, y que pueda aplicar la presión de atraque para compensar la contracción.

En general, no se suelen utilizar canales de menos de 3,18mm de diámetro e incluso este valor solo es aplicado en canales secundarios con longitudes menores de 25,4mm.

En la figura numero 2.24 (a) se indican las dimensiones para un canal trapezoidal modificado, en función del espesor máximo de la pieza, y en la figura 2.24 (b) se representa la relación de dimensiones en canales semicirculares y trapezoidales.

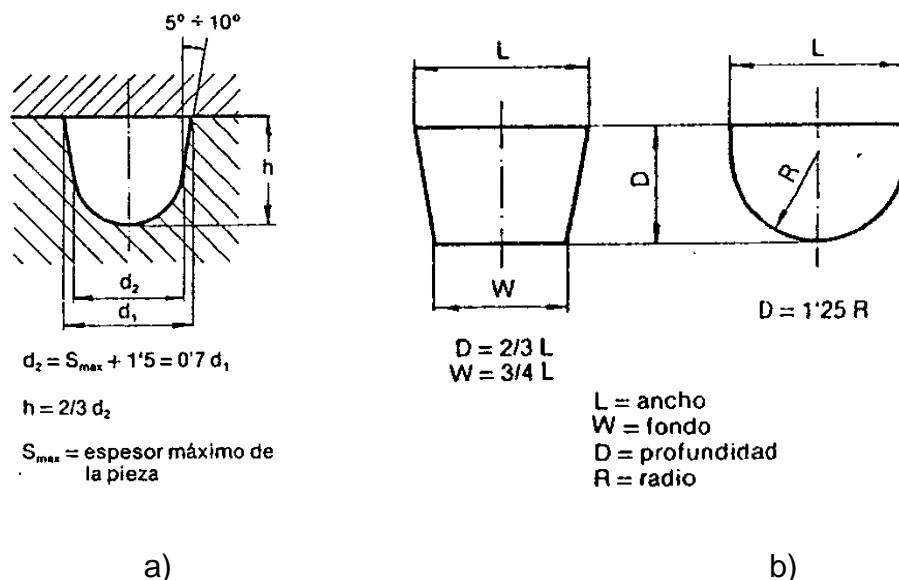


Figura 2.24 dimensiones de canales de moldes²²

²²O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 61

b) Cuanto mayor es la distancia que ha de recorrer el material tanto mayor es la resistencia al flujo, y por ello la distancia entre la cavidad y el bebedero tiene una influencia directa sobre el tamaño que debe tener la sección de los canales de alimentación.

Supongamos que para moldear una pieza de 57 g., cuya cavidad esta situada a 25mm del bebedero, se puede utilizar un canal de sección 1,6mm. Pues bien, si la distancia es de 10cm, el diámetro de la sección deberá ser de 6,35mm.

c) A mayor sección de canal, más cantidad de material contendrá y mayor el tiempo que tardara en enfriarse para poder desmoldar la pieza. Por este motivo, se aconseja que el diámetro de la sección no sea superior a 9,53mm., excepto en el caso de materiales muy viscosos en los que puede llegar hasta 12,7mm.

Ahora bien, insistimos en que el área de la sección del canal no debe ser quien controle el ciclo de inyección y que este papel corresponde exclusivamente a las “entradas”.

d) Es obvio que una vez calculado el tamaño adecuado de los canales, debemos aproximar este valor a medidas normalizadas 3,18 4,76 6,35 7,94 9,53 11,11 12,7mm con el fin de facilitar la realización práctica del molde.

e) En la siguiente tabla, se indican los valores más convenientes de los diámetros de canales para distintos materiales sin carga, referidos a canales convencionales y no a canales calientes o aislados. Estos valores corresponden a canales circulares, por lo que cualquier otro tipo deberá tener sección superior a la indicada en la tabla.

Tabla 2.8 diámetros de canales según material a utilizar.

Material	Diámetro de canales	
	(in.)	(mm.)
ABS	3/16 – 3/8	4,76 – 9,53
SAN	3/16 – 3/8	4,76 – 9,53
Acetal	1/8 – 3/8	3,18 – 9,53
Acetales	3/16 – 7/16	4,76 – 11,11
Acrílicos	5/16 – 3/8	7,94 – 9,53
Acrílicos de impacto	5/16 – 1/2	7,94 – 12,70
Nylon	1/16 – 3/8	1,59 – 9,53
Policarbonatos	3/16 – 3/8	4,76 – 9,53
Polietileno	1/16 – 3/8	1,59 – 9,53
Polipropileno	3/16 – 3/8	4,76 – 9,53
Polioxido de fenileno	1/4 – 3/8	6,35 – 9,53
Polisulfonas	1/4 / 3/8	6,35 – 9,53
Poliestireno	1/8 – 3/8	3,18 – 9,53
PVC Plastificado	1/8 – 3/8	3,18 – 9,53

Fuente: O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 62.

En piezas de poco espesor, y con canales cortos, podemos trabajar con los valores mínimos indicados en la tabla. Para piezas de gran sección transversal, con partes no uniformes, utilizaremos los valores máximos, independientemente de que los canales sean cortos o largos.

Como fórmula empírica para el cálculo del diámetro de los canales de alimentación, podríamos utilizar la siguiente:

$$D = \frac{\sqrt{W} \cdot \sqrt[4]{L}}{3} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

$D =$ *Diámetro del canal (mm)*

$W =$ *peso de la pieza (g)*

$L =$ *Longitud del canal (mm)*

Esta ecuación es válida para piezas de hasta 200g y que junto con las condiciones expuestas anteriormente, nos permite calcular con bastante aproximación el tamaño más conveniente, en la figura numero 2.25 se pueden

observar los valores que corresponden a esta fórmula, cuando el espesor de pared de la pieza es inferior a 3mm. Para PVC rígido y para polímeros acrílicos hay que aumentar un 25%

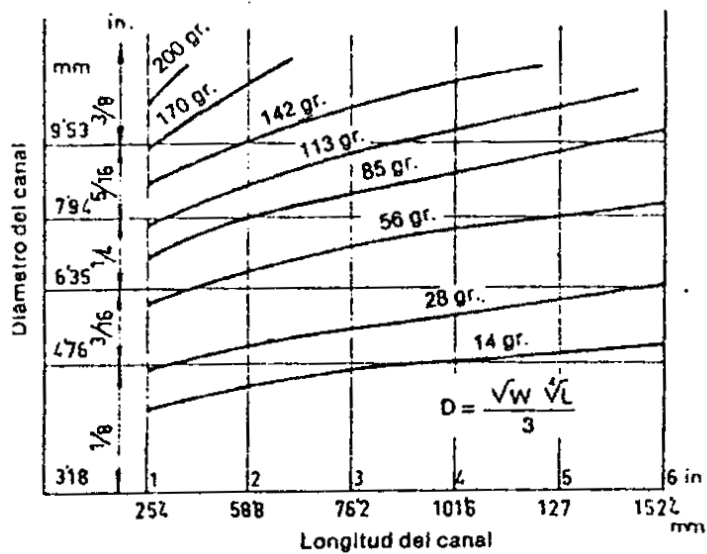


Figura 2.25 Diámetro del canal en función del peso de la pieza y de la longitud del canal²³

En la figura número 2.26, se puede observar una grafica experimental para determinar la longitud del canal en función del espesor de pared de la pieza.

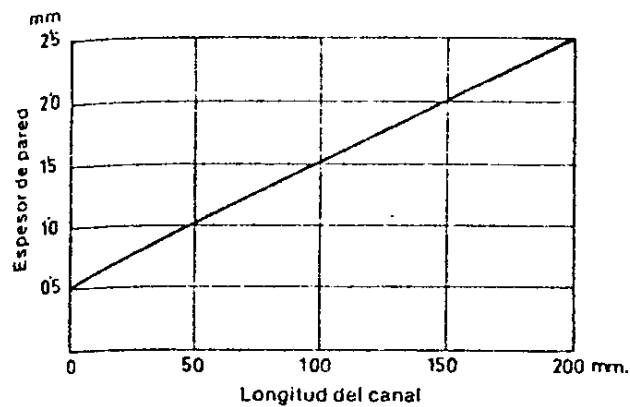


Figura 2.26 Longitud del canal en función del espesor de pared de la pieza²⁴

²³O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 62

²⁴O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 63

2.3.1.2.3. Disposición de los canales

La disposición de los canales dependerá de:

- a) Numero de cavidades
- b) Forma de las piezas
- c) Tipo de molde (dos placas, placas múltiples)
- d) Tipo de entrada a la cavidad
- e) Longitud de los canales para que la perdida de presión sea mínima
- f) Llenado uniforme, sin interrupción y a la vez en todas las cavidades.

Para que todo esto se pueda conseguir, existen dos posibles soluciones:

1. Distribución del flujo en forma “Equilibrada”
2. Distribución del flujo en forma “Compensada”

En el primer caso, el material recorre el mismo camino para todas y cada una de las cavidades.

En el segundo caso, se modifica el tamaño de la sección del canal en función de la distancia entre el punto de inyección y la entrada a la cavidad, o se modifica adecuadamente las entradas a las cavidades. Para facilitar el flujo del material, los canales secundarios se mecanizan formando un determinado ángulo con respecto al canal principal.

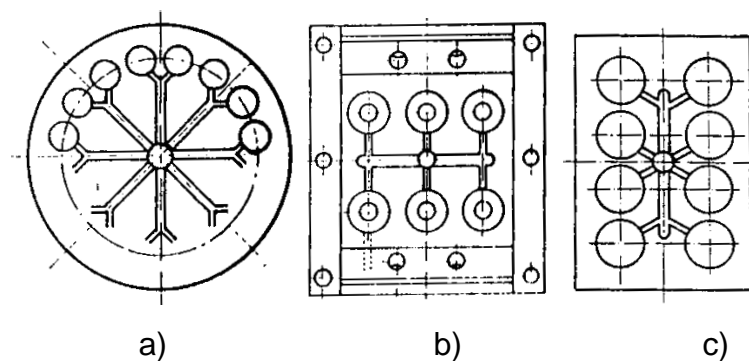


Figura 2.27 a) Distribución equilibrada, b) sección en función de la distancia c) ángulo con respecto al canal principal²⁵

²⁵O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 64

Los diámetros de los canales secundarios pueden calcularse con la siguiente formula, en función de la distancia desde el bebedero:

$$d = \sqrt[4]{\frac{K}{t \cdot \Delta_p} \cdot l} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Siendo: d = diámetro del canal
 l = longitud del canal
 t = tiempo de llenado del canal
 K = constante
 Δ_p = diferencia de presión en el canal de llenado

Si los diámetros de los canales de distribución son iguales y las longitudes de las entradas (o canales de estrangulamiento) también, las secciones de estas se calculan a partir de:

$$\frac{s}{l \cdot \sqrt{L}} = K (\text{constante}) \quad (\text{Ec. 2.3})$$

K = constante
 s = sección de la entrada en mm²
 l = longitud de la entrada en mm
 L = Longitud de los canales de alimentación

Para la primera sección de entrada se elige valor aproximado de s= 0,07 S. siendo S = sección del canal de alimentación en mm², y para l un valor entre 0,25 y 2,5 mm.

Según el número y forma de las cavidades, la distribución de estas en la impronta puede realizarse de muy diversas maneras quedando directamente en manos de diseñador.

2.3.1.3. ENTRADAS

La entrada es la porción terminal de un canal de alimentación que da acceso al interior de la cavidad. El problema de las entradas es un tema muy discutido, en el que es imposible dar datos exactos para su diseño. Siempre que sea

factible, la entrada se colocara de modo que se obtenga alguna economía al separar el artículo moldeado de su unión material que forma los canales de alimentación y la entrada, buscando además las mínimas necesidades en el acabado final de la pieza.

Las entradas se hacen frecuentemente con las dimensiones mínimas, que luego se van agrandando hasta conseguir un llenado perfecto de todas las cavidades. Si comparamos con el resto del sistema de alimentación, la sección de la entrada es muy pequeña. Este tamaño es necesario para que:

- a) La entrada solidifique inmediatamente después que se haya llenado la cavidad, de forma que se pueda retirar el pistón sin que la presión creada en el molde pueda dar lugar al retroceso del material
- b) La separación de la entrada pueda realizarse con facilidad, e incluso en algunos casos esta separación sea automática.
- c) Después de la separación de la entrada solo quede una pequeña marca en el artículo.
- d) El control de llenado de las cavidades múltiples se realice con mayor exactitud
- e) El material a presión, necesario dentro de la cavidad para compensar la contracción, sea mínimo.

2.3.1.3.1. Tamaño

El tamaño de la entrada debe considerarse según su sección y según su longitud, esta última, conocida como “gate hand” es la llave para controlar el flujo que entra en la cavidad del molde. El ancho puede ser cualquiera, preferiblemente menor que el del canal de alimentación (aproximadamente $\frac{3}{4}$ de la dimensión). La profundidad del canal será 0,4 a 0,6 veces el espesor de la pieza en el punto donde se encuentra la entrada, y la longitud mínima será igual al espesor de la propia entrada.

El tamaño óptimo de la entrada depende de:

- a) Las características del flujo del material

- b) De la sección de pared de la pieza
- c) Del volumen del material que se va a inyectar en la cavidad
- d) De la temperatura del fundido.
- e) De la temperatura del molde.

En principio, podemos afirmar que no existen valores ideales teóricos para las dimensiones de la entrada, y que estos se suelen basar en la experiencia. Sin embargo, es posible dar algunos consejos, según los tipos de entradas, y aplicados a determinados intervalos de secciones de pared.

Así por ejemplo, en la figura 2.28 representamos las secciones de abertura en relación con el peso de la pieza a moldear, que corresponde a la fórmula empírica:

(Ec. 2.4)

$$A = 0,3 P$$

A = Sección de la abertura en mm²

P = peso de la pieza en gramos.

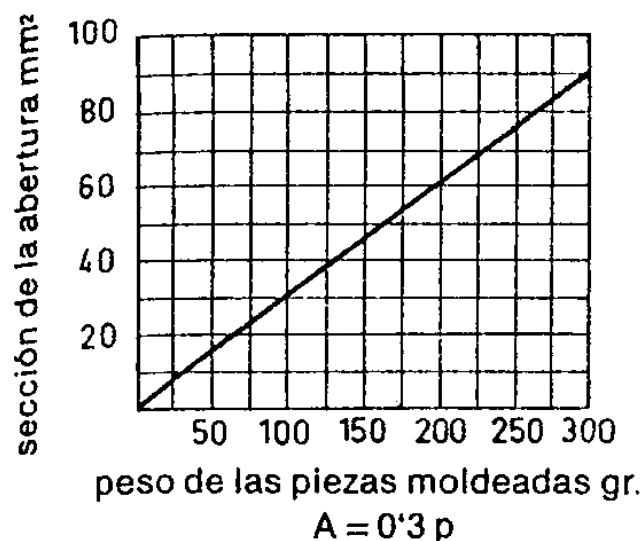


Figura 2.28 Grafica de sección de abertura Vs. Peso de la pieza a moldear²⁶.

²⁶O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 77

2.3.1.3.2. Posición de la entrada

La posición ideal es aquella para la cual el flujo del fundido sigue el régimen “laminar” penetrando uniformemente en la cavidad y, en caso de cavidades múltiples, la penetración se realice a igual tiempo en todas ellas.

Este género de flujo necesita una presión de moldeo menor y reduce tensiones, contracciones anormales, burbujas de aire y marcas aparentes de soldadura en las piezas moldeadas.

Cuando avanzan dos o más frentes de flujo se producen líneas de soldadura que perjudican las propiedades mecánicas y el aspecto superficial de la pieza. Por ello, la posición ideal de la entrada en una pieza de sección circular sería en el centro de su base y no por un lateral las entradas laterales pueden dar lugar a la inclinación de los núcleos obteniéndose piezas con espesor distinto de pared.

2.3.1.3.3. Tipos de entradas

Al diseñar las entradas hay que tener en cuenta el tamaño del bebedero y de los canales de alimentación a fin de conseguir el llenado rápido del molde. La elección del tipo de entrada debe realizarse cuidadosamente.

Los diferentes tipos de entradas pueden clasificarse como sigue:

- a) Entrada normal, lateral o standard
- b) Entrada lateral múltiple
- c) Entrada directa
- d) Entrada superpuesta
- e) Entrada en abanico
- f) Entrada en lengüeta
- g) Entrada de túnel, de espita o submarina
- h) Entrada de disco o diafragma
- i) Entrada radial o de estrella
- j) Entrada de anillo
- k) Entrada de membrana

I) Entrada capilar

a) entrada normal, lateral o standard.

Es el tipo más frecuente, adaptado a un gran número de cavidades, especialmente cuando son muchas y pequeñas.

Consiste en un pequeño canal mecanizado en uno de los platos del molde y situado en el lado superior o inferior de la pieza como lo muestra la siguiente imagen:

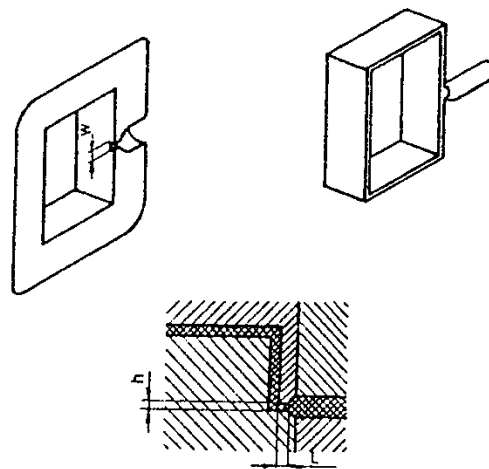


Figura 2.29 Ejemplo de un molde con entrada normal²⁷.

Las ventajas que podemos nombrar de este tipo de entrada son:

- I. Mecanizado fácil y económico
- II. Gran exactitud dimensional
- III. Modificación de las dimensiones con facilidad y rapidez, si es necesario.
- IV. La velocidad de llenado de la cavidad se puede controlar independientemente del tiempo de cerrado de la entrada
- V. Con este tipo de entrada se pueden moldear todos los materiales de uso más común.

²⁷O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 78

Los inconvenientes que podemos nombrar de este tipo de entrada son:

- I. En la superficie visible de la pieza queda una marca, sin embargo, se puede atenuar este defecto modificando la entrada de la siguiente manera:

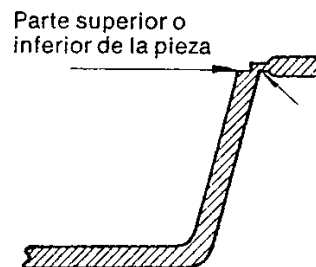


Figura 2.30 Ejemplo de disminución de marca en pieza con entrada normal²⁸.

- II. Dentro de las tres dimensiones de la entrada: Ancho (W), profundidad (h) y longitud (L), esta última es muy crítica y debe tener el menor valor posible. En la práctica un valor de 0,6 a 1,5mm., da resultados satisfactorios.

La profundidad de la entrada es la que controla el tiempo que esta permanece abierta. Este tiempo debe ser tal que permita el llenado perfecto de toda la cavidad. Para el cálculo de esta dimensión puede utilizarse la siguiente formula empírica:

$$h = n \cdot t \quad \text{(Ec. 2.5)}$$

h= profundidad de la entrada

t = espesor de la sección de pared de la pieza

n = constante del material

²⁸O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 78

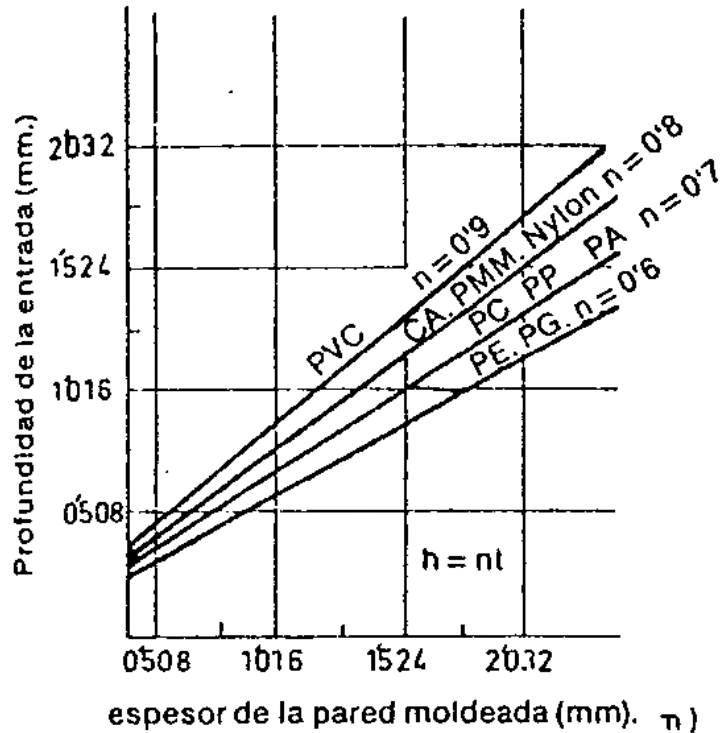


Figura 2.31 Gráfica para determinar la profundidad de la entrada²⁹.

El área de la sección transversal de la entrada ($h \times W$) controla la velocidad a que entra el material en la cavidad. Si aceptamos la relación entre profundidad de la entrada y sección de pared, entonces queda establecida la profundidad y, por consiguiente, la anchura será la dimensión que controlara la velocidad de flujo.

Se ha estudiado muy poco acerca de la velocidad óptima de flujo de los diversos materiales, y, aunque fuera conocida, el cálculo de la relación entre esta velocidad y el ancho de la entrada sería muy complicado a causa del gran número de variables que implica.

Por ello, el cálculo del ancho de la entrada se ha de basar en experiencias de moldeo de piezas de formas o tamaños similares. No obstante, se puede hacer uso de la siguiente fórmula empírica:

²⁹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 79

$$W = \frac{n \cdot \sqrt{A}}{30} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

W = ancho

A = Área

n = constante del material

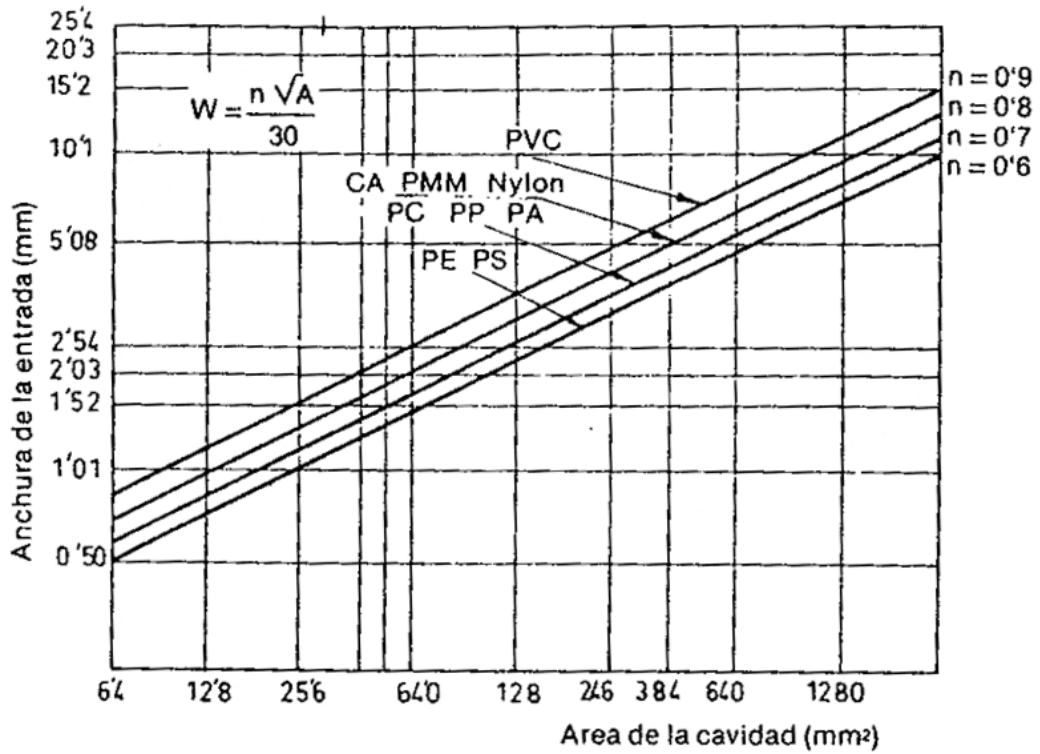


Figura 2.32 Grafica para determinar el ancho de la entrada³⁰.

b) Entrada lateral múltiple

Se utiliza, para todo tipo de materiales, cuando por diseño de la pieza, el molde lleva zonas frágiles con flujo limitado. Con este diseño se mejora el flujo y se equilibra la presión alrededor de las zonas frágiles del molde

La profundidad de estas entradas puede variar entre 0,25mm y 1mm, y la anchura entre 0,4mm y 3mm.

³⁰O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 80

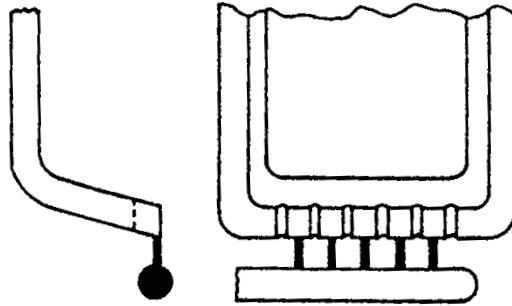


Figura 2.33 Ejemplo de una pieza con una entrada lateral múltiple³¹

c) Entrada directa.

En piezas con una sola cavidad se emplea generalmente el tipo de entrada directa, que consiste en la alimentación directa desde el bebedero. Casi siempre debe estar situada en el centro de la cavidad para que el material se reparta uniformemente, eliminando las soldaduras y la oclusión de aire. El desplazamiento del centro puede dar lugar a un desequilibrio del molde, peligroso para la máquina de inyección durante el curso de producción, pero que a veces, y compensado el desequilibrio, puede ser interesante.

Sus dimensiones varían entre 1,59mm y 12,7mm de longitud, con una conicidad mínima de un grado, a mayor conicidad, mayor es el tiempo para que la entrada solidifique.

La separación del mazarote que resulta en este tipo de entrada no suele ser fácil, y exige un trabajo mecánico. La marca que deja en la pieza depende de las dimensiones del bebedero.

³¹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 80

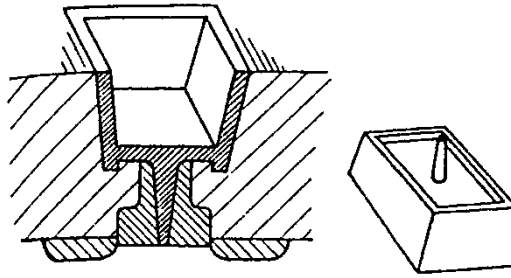


Figura 2.34 Ejemplo de una pieza con entrada directa desde el bebedero³².

d) Entrada superpuesta

Puede considerarse como una variación de la entrada lateral. Tiene forma rectangular y se mecaniza en el plato plano del molde. Esta entrada queda unida a la superficie de la pieza, y por consiguiente, requiere un mayor cuidado en su separación y acabado.

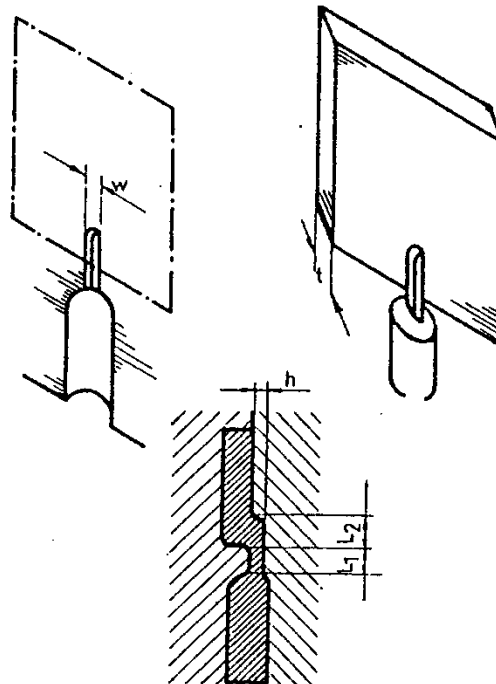


Figura 2.35 Ejemplo de una pieza con entrada superpuesta³².

³²O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 81

Dimensiones:

Pueden tomarse las mismas que para las entradas rectangulares:

Longitud $L_1 = 0,5 - 0,7$ mm. (Distancia entre el final del canal y la pared de la cavidad)

$$\text{Anchura } W = \frac{n \cdot \sqrt{A}}{30} \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Profundidad $h = n \cdot t$ (ver imágenes 40 y 41)

Longitud de entrada $L_2 = h + (W/2)$

t = espesor de la pieza

e) Entrada en Abanico.

Es otro tipo de entrada lateral, pero cuya profundidad y anchura no se mantienen constantes. La anchura, W , aumenta (normalmente, desde el final del canal), y la profundidad, h , disminuye, manteniendo, de esta forma, una sección transversal constante durante toda la longitud de la entrada. Este tipo de entrada permite que el material fluya a la cavidad a través de un área grande, pero con poco espesor. Se utiliza para piezas cuyo molde contiene zonas frágiles o para objetos de gran superficie en los que el material puede inyectarse en la cavidad a través de una entrada amplia para llenar el molde con rapidez. Las dimensiones suelen estar comprendidas entre 0,25 y 1,59mm de espesor y una anchura cuyo valor oscila entre $\frac{1}{4}$ y el 25% respecto a la longitud de la cavidad.

La longitud debe ser ligeramente superior a la de las entradas rectangulares ($\approx 1,25$ mm)

$$\text{Anchura } W = \frac{n \cdot \sqrt{A}}{30} \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Sin embargo, se debe usar una anchura algo mayor que la calculada.

$$h_1 = n \cdot t$$

$$h_2 = (W \cdot h_1) / D$$

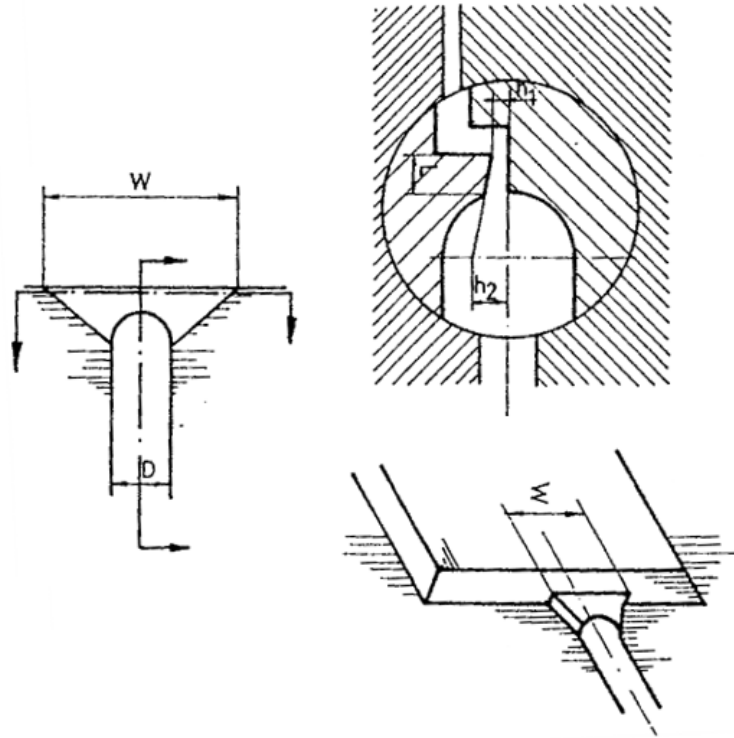


Figura 2.36 Ejemplo de pieza con entrada en abanico³³.

f) Entrada de lengüeta.

La pequeña área de la entrada permite que la temperatura del material aumente por fricción, y la lengüeta forma una cámara que permite que el material caliente choque contra sus paredes para, finalmente, llenar la cavidad con un flujo constante y uniforme de material bien plastificado. E emplea frecuentemente para el moldeo de SAN, ABS, acrílicos y policarbonatos.

³³O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 82

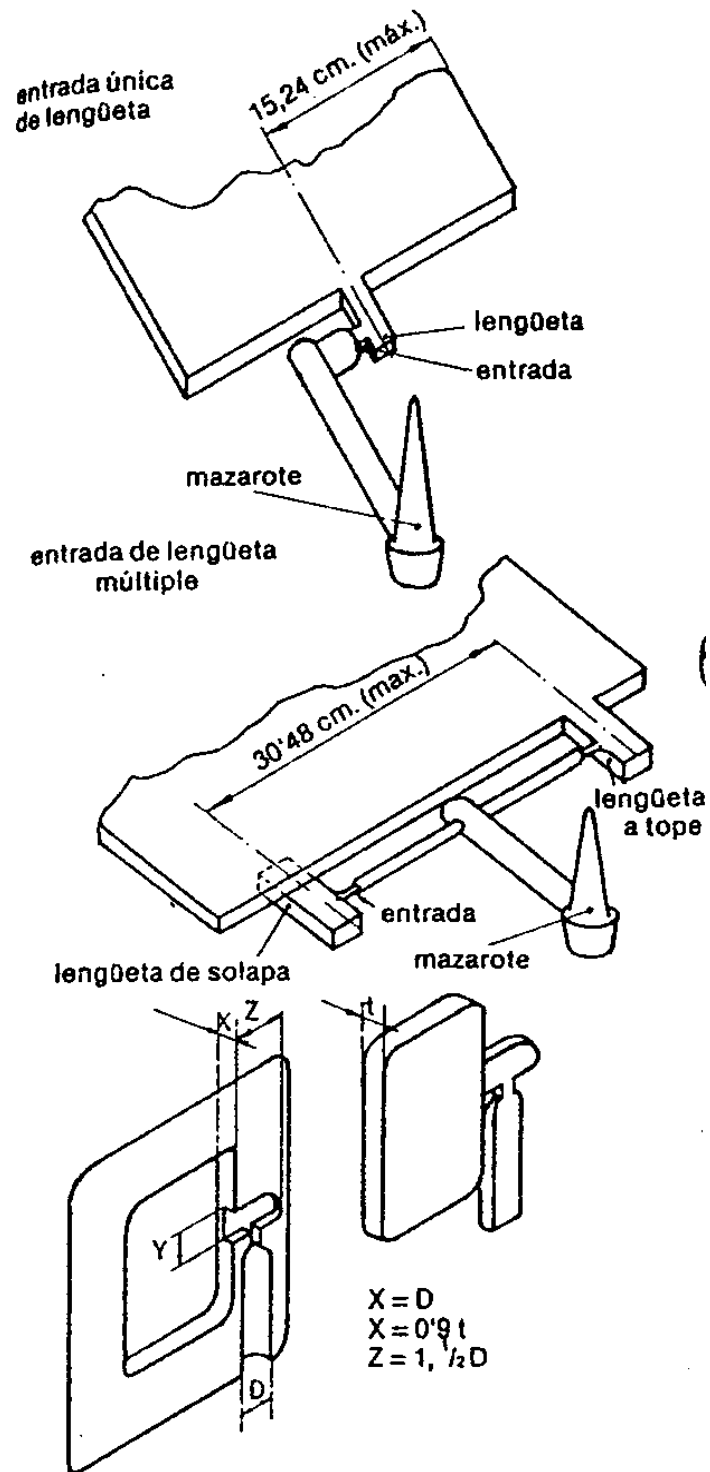


Figura 2.37 Ejemplo de pieza con entrada de lengüeta³⁴

³⁴O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 83

g) Entrada de túnel, de espita o submarina.

Es similar al sistema de entrada con lengüeta vertical, con la diferencia de que, en general, se utiliza una entrada de espita prolongada redonda y cónica. El tamaño de la espita cónica suele ser:

- Diámetro menor 3,18mm
- Diámetro mayor 6,35mm

Los expulsores se sitúan debajo de la espita, en la figura 47, podemos observar la rotura automática de la entrada, mediante expulsor central y en la figura 48 podemos observar una entrada submarina con borde de corte para separar el mazarote.

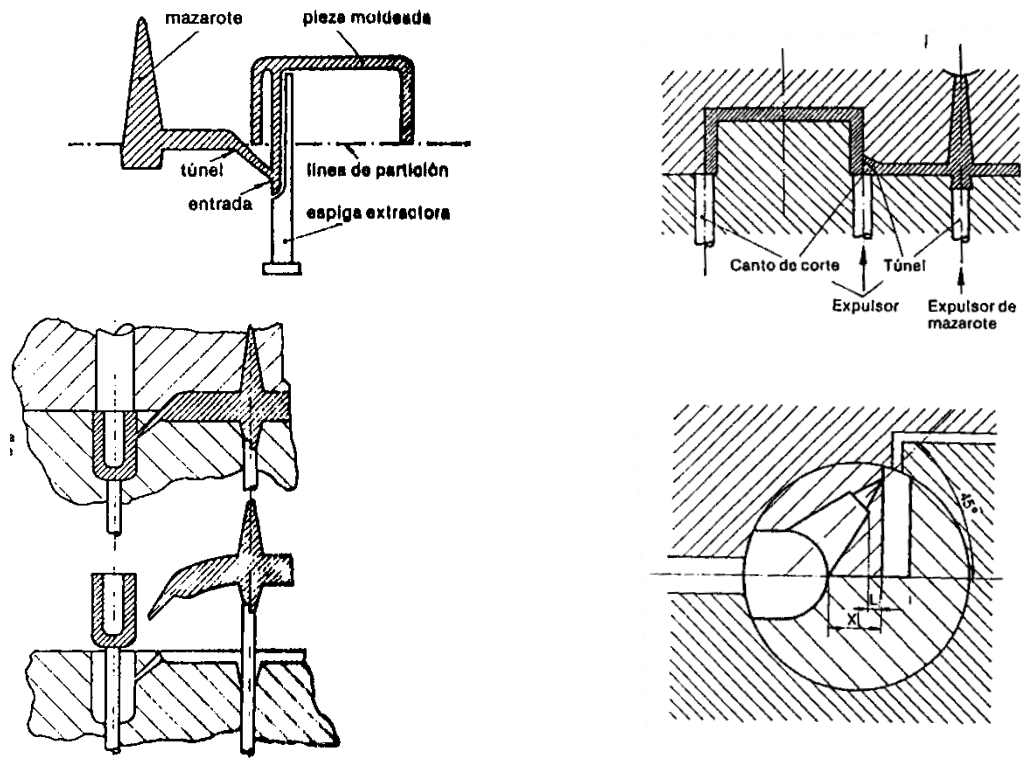


Figura 2.38 Ejemplo de rotura automática de la entrada³⁵

Figura 2.39 Ejemplo de entrada submarina con borde de corte³⁵

³⁵O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 83

h) Entrada de disco o diafragma

Se emplea en piezas con orificios de gran superficie. De esta forma evitamos la línea de soldadura. El disco o diafragma se elimina después del moldeo.

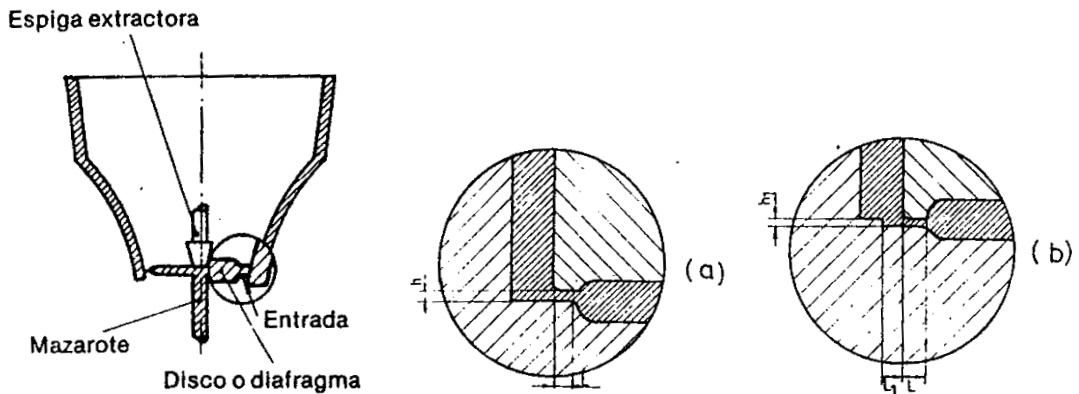


Figura 2.40 Ejemplo de formas de como cortar el disco o diafragma³⁶

Se puede apreciar en la anterior figura, dos formas de cortar el disco: en el núcleo o en la cavidad. La elección de un tipo u otro de corte dependerá de la superficie (interior o exterior) que nos interese tenga mejor acabado. El espesor en la zona de la entrada suele ser entre 0,25 y 1,25mm.

Las dimensiones que hemos de considerar son:

Diseño (a):

Longitud – L, debe tener la mínima consistencia, de 0,75 a 1mm

Profundidad – h, un poco inferior a lo recomendado en entradas rectangulares, $h = 0,7 n \cdot t$

Diseño (b)

Longitud – L, debe ser mayor

Longitud superpuesta – L_1 , este valor será por lo menos, igual a

h_1

Profundidad – h_1 , este valor se lo calculara así: $h_1 = n \cdot t$

³⁶O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 84

i) Entrada radial o en estrella

Consiste en una serie de entradas múltiples situadas conforme indica la figura 50. Tiene la ventaja de utilizar menos material. Estas entradas presentan entre ellas líneas de soldadura, pero la pieza resulta más sólida que con una sola entrada lateral. Se aconseja, cuando es básico que el núcleo central guarde una alineación perfecta. Sus dimensiones oscilan entre 0,78 a 4,76mm para el espesor y 1,59 a 6,35mm para la anchura.

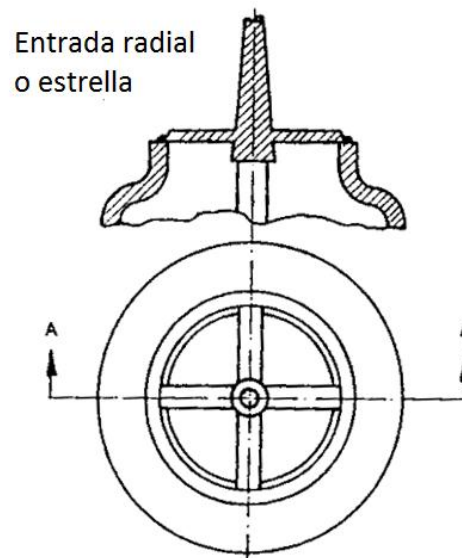


Figura 2.41 Ejemplo de una entrada radial o en estrella³⁷

j) Entrada de anillo

Se emplea para moldeado de piezas tubulares. El material fluye libremente alrededor del núcleo antes de moverse uniformemente hacia abajo para llenar el molde, de una forma similar a la extrusión de una tubería. El canal (en forma de anillo trapecoidal) se mecaniza en el plato del molde. Las dimensiones son idénticas a las indicadas para la entrada de diafragma ($L=0,75 \div 1\text{mm}$. $h=0,7n \cdot t$)

³⁷O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 84

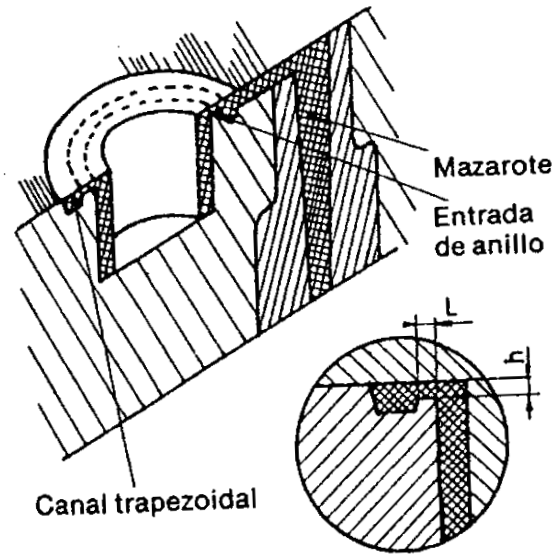


Figura 2.42 Ejemplo de una entrada de anillo³⁸

k) Entrada de membrana.

Se emplea en piezas de gran superficie en las que el alabeamiento debe ser mínimo. En principio, es similar a la entrada de diafragma o a la de anillo, ya que proporciona un área de flujo muy grande y el tiempo de llenado es corto.

La profundidad (h) puede ser menor que para una entrada rectangular; sin embargo, se suele utilizar la misma relación $h=0,7n \cdot t$. la longitud de la entrada debe ser pequeña ($\approx 0,6\text{mm}$).

³⁸O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 85

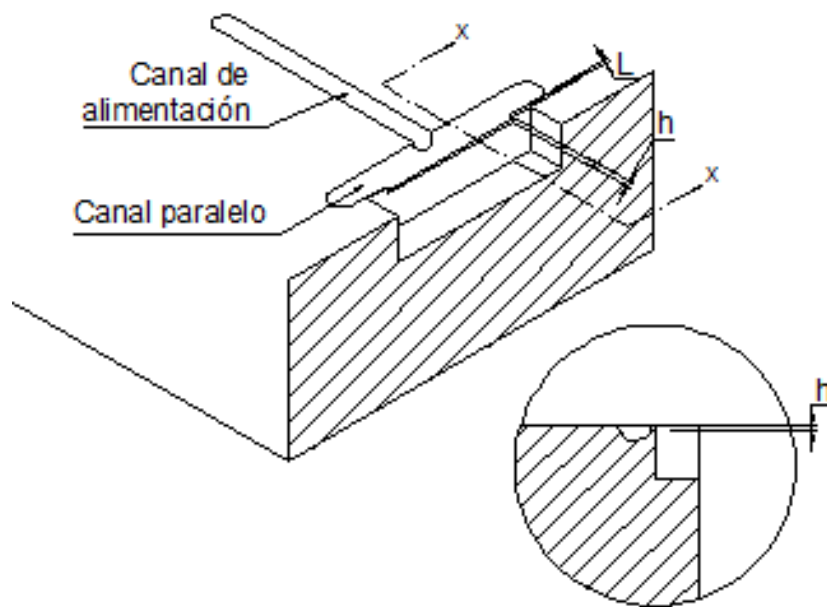


Figura 2.43 Ejemplo de una entrada de membrana³⁹

l) Entrada capilar.

Está constituida por un conducto cónico de pequeño diámetro, practicando en el molde.

Teniendo en cuenta la teoría del flujo en el interior de los canales de inyección, la zona central está siempre más caliente que la periferia. La apertura capilar, por encontrarse en el eje del canal de inyección, recibe e introduce directamente en la cavidad la vena central del flujo. De esta forma, la inyección se verifica en las mejores condiciones, pues el material caliente tiene mayor fluidez y se distribuye uniformemente sin dejar huellas de soldadura.

Por otra parte, no es necesaria ninguna operación para eliminar el mazarote, pues no deja huella.

En nuestro caso no estudiaremos este tipo de entrada así que pasaremos al siguiente punto.

³⁹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 81

2.3.1.4. CAVIDADES

La cavidad del molde es la que proporciona el plástico fundido la forma deseada. Normalmente, es la primera pieza del molde que se diseña.

Unas veces, las cavidades van formadas en un solo bloque porta cavidades, otras en varios bloques que posteriormente se fijan a una placa de sujeción, estos procedimientos pueden tener dificultades, posteriormente, para la alineación de las espigas – guía, espigas de posición, etc. Por ello, algunos matriceros son partidarios de montar las cavidades, como unidades separadas, en una placa de retención; pieza que debe estar templada para resistir la acción abrasiva del material plástico.

El material con el que se construye debe estar dispuesto para resistir presiones del orden de 700 a 1300 Kg/cm².

En el caso de que las tolerancias dimensionales de la pieza sean muy críticas, el material de la cavidad de moldeo debe ser muy rígido y el modulo de la sección muy alto para evitar deformaciones que impedirían la producción de piezas dentro de tales limites de tolerancias.

Considerando las contracciones que sufre el material de moldeo al enfriarse, las dimensiones de la cavidad deben ser mayores que las correspondientes de la pieza terminada. Es difícil calcular el efecto total de los diferentes factores que controlan la contracción total de la pieza moldeada, por lo que los proyectistas han de confiar en la experiencia para determinar las tolerancias por contracción.

Consecuentemente a lo que veníamos indicando, es factor primordial el considerar el tipo de material que se va a inyectar. Los polímeros cristalinos tienen márgenes de contracción muy altos, ya que al cristalizar disminuyen su volumen. Por otra parte, el grado de cristalización varía durante el enfriamiento y depende de numerosos factores.

Otro factor importante es el agarre o sujeción de la pieza. Piezas cilíndricas delgadas de nylon o polietileno, pueden contraer solo 0,005cm. Por cada cm. El

núcleo interior del molde evita la contracción del material plástico en la proporción que lo haría si no estuviera presente dicho núcleo. La cristalización es menor, al ser más rápido el enfriamiento, pero las tensiones de contracción se relajan cuando el material fluye en frío, por la dimensión más larga, debido a la sujeción impuesta por el núcleo.

Finalmente, hemos de resaltar la necesidad de un buen acabado superficial de la cavidad. El brillo de la pieza está directamente relacionado con el acabado de la superficie de la cavidad de moldeo. Para conseguir esto y evitar la formación de herrumbre sobre el acero, se suele dar una delgada capa de cromo, después de haber pulido el acero perfectamente.

No olvidemos que la pieza será tal cual sea la cavidad, incluyendo los defectos, deformaciones o golpes que sufra la cavidad.

2.3.1.4.1 Determinación del número de cavidades

Para determinar el número máximo de cavidades en un molde de inyección es necesario, en primer lugar, conocer las siguientes características de la máquina:

- I. Capacidad de inyección
- II. Fuerza y diámetro del pistón de inyección
- III. Fuerza de cierre
- IV. Superficie máxima de moldeo
- V. Longitud de apertura
- VI. Dimensiones de los platos porta moldes o separación entre columnas

La capacidad de inyección viene definida como la cantidad máxima (en gramos) de material que la máquina puede inyectar de una sola vez. En función de esta característica de la máquina podemos calcular, en primera aproximación, el número de cavidades (N°)

$$N^\circ = \frac{\text{capacidad de inyección}}{\text{peso de la pieza}} \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Ahora bien, otras circunstancias como por ejemplo, el peso del material de los canales y mazarote, así como la conveniencia de considerar solamente el 70% de la capacidad de la maquina, nos conduce a un cálculo más exacto:

$$N_i^\circ = \frac{0,7 \text{ capacidad de inyeccion} - \text{peso de mazarote y canales}}{\text{peso de la pieza}} \quad \text{(Ec. 2.10)}$$

Otra característica que hemos de tener en cuenta es la superficie máxima de moldeo prescrita para la maquina. Calculando la superficie proyectada sobre el plano de unión del molde, de las piezas a moldear, este valor no puede sobrepasar al de la superficie máxima de moldeo de la maquina, pues corre el riesgo de que el molde se abra bajo la presión de inyección.

También podemos calcular el número de cavidades en función de la fuerza de cierre. Este factor limita el número de cavidades cuando se trata de moldear objetos planos de poca sección. Es conveniente disponer de una presión de cierre de unos 750 kg/cm², referida al área transversal de las cavidades. Según esto, el número máximo de cavidades vendrá dado por:

$$N^\circ = \frac{\frac{\text{Fuerza de cierre (Tm)}}{0,75} - \text{area proyectada de bebedero y canales}}{\text{area proyectada de la pieza (cm}^2\text{)}} \quad \text{(Ec. 2.11)}$$

Se denomina fuerza o presión de cierre a la presión suministrada por el mecanismo de cierre de la maquina, que sirve para mantener unidas y cerradas las dos mitades del molde durante la inyección.

Si consideramos la capacidad de plastificación de la maquina, que viene definida como el numero de kilogramos por hora que es capaz de plastificar de un material determinado, es decir, el numero de kg/hora que es capaz de calentar a la temperatura adecuada para la inyección, el numero de cavidades (N°) vendrá dado por:

$$N_p^\circ = \frac{\frac{\text{capacidad de plastificacion } \left(\frac{g}{h}\right) - \text{ciclo (seg)}}{3600} - \text{peso mazarote y canales}}{\text{Peso de la pieza moldeada (g)}} \quad \text{(Ec. 2.12)}$$

Lógicamente, entre los valores del número de cavidades N_i° y N_p° no debe haber una gran diferencia. Si N_i° es inferior al 50% del valor de N_p° los tiempos de permanencia del material en el cilindro son muy largos y pueden producirse fenómenos de degradación. Si por el contrario N_p° es muy inferior a N_i° habrá que contar con errores en la dosificación.

2.3.1.4.2 Factores económicos

Los cálculos expuestos hasta ahora se basan exclusivamente en las características técnicas de la maquinaria, pero hay que considerar otros factores tales como horas de trabajo, coste de la operación, amortización de máquinas, coste de moldes, etc.

El precio de una pieza, en función del número de cavidades y considerando todos los factores indicados, sigue una línea que presenta un mínimo y que indica el número máximo de cavidades que se debe utilizar

En todo caso, el número de cavidades elegido teniendo en cuenta el factor económico no puede ser mayor que el calculado por cualquiera de los otros procedimientos descritos, ya que estos valores están determinados por las características propias de la máquina. “contamos con una fórmula empírica de F. Dralle y H. Gemmes”

$$K = (K_1 + K_2) \frac{t \cdot V}{3600 \cdot n} + n \cdot K_3 \quad \text{(Ec. 2.13)}$$

En la que: K_1 = Coste por hora de máquina

K_2 = coste por hora de mano se obra

K_3 = Coste de una cavidad

n = número de cavidades

t = tiempo de ciclo

V = número de piezas que se han de fabricar

Y en la que no se ha considerado el coste del material. Con esta fórmula se confecciono un nomograma que permite realizar los cálculos con rapidez, este nomograma está elaborado con valores de precio en pesetas, por lo que se lo

tomara en cuenta como una referencia que a futuro se la modificara en función de los valores reales en dólares.

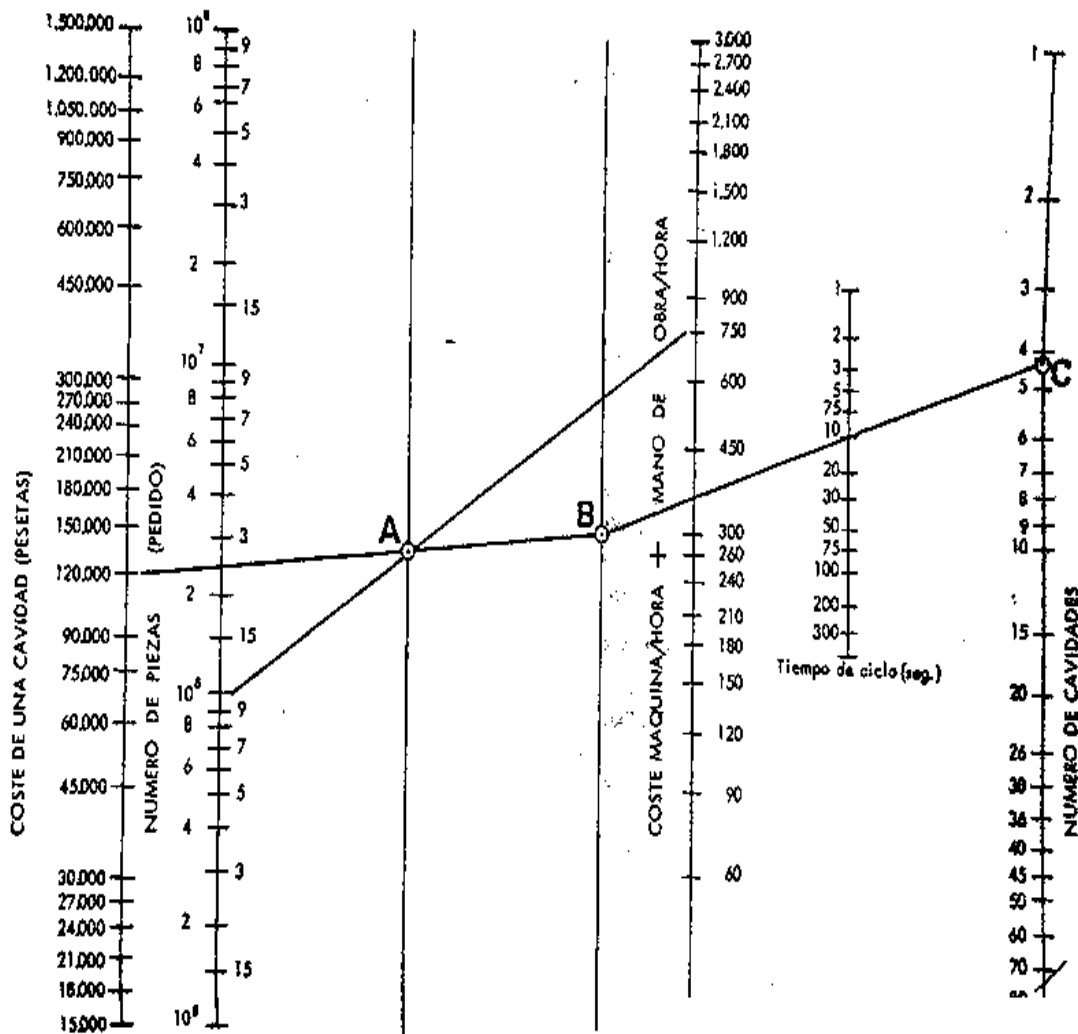


Figura 2.44 Nomograma de cálculo de número de cavidades para un costo óptimo⁴⁰.

Ejemplo para el uso del nomograma

Supongamos que se desea fabricar 1000000 de piezas, y que el coste horario de maquina junto con la mano de obra es de 750 pesetas. Unimos ambos puntos. La recta corta en el punto A.

⁴⁰O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 91

Supongamos también, que el coste de una cavidad es de 120000 pesetas. Unimos este punto con el punto A y prolongamos hasta el punto B.

Finalmente supongamos que el ciclo de inyección es de 10 segundos. Unimos B con este valor y prolongamos hasta el punto C. este valor es el número óptimo de cavidades, desde el punto de vista económico, en este caso nos refleja que el número de cavidades adecuado es de: 4 cavidades.

2.3.1.4.3 Superficie mínima de cierre y de apoyo del molde

La superficie de cierre del molde es aquella de contacto efectivo entre las dos partes y sobre la cual se ejerce la fuerza de cierre:

Superficie de cierre = Superficie total del molde – superficie proyectada de las cavidades

Dada por supuesta la conveniencia de que el acero de que este construido el molde no sea comprimido por encima de los 1000 Kg/cm². La superficie de cierre del molde debe ser amplia, a fin de que la relación:

$$\frac{\text{Fuerza de cierre}}{\text{Superficie de cierre}} \quad (\text{Ec. 2.14})$$

No sea superior a la presión específica de cierre.

La superficie de apoyo del molde es aquella en la que este se pone en contacto con los platos de la prensa, y su valor viene dado por la diferencia:

Superficie de la base del molde - área del orificio del plato de la maquina.

2.3.1.5. RESPIRADEROS

Antes de comenzar el proceso de inyección y una vez cerrado el molde, las cavidades del mismo están, lógicamente, llenas de aire. Al inyectar el material, parte del aire puede quedar atrapado en alguna zona de la cavidad, impidiendo que el material rellene la totalidad de la misma y obteniendo piezas con zonas de poca solidez, mala apariencia y extracción difícil. Paralelamente, el ciclo obtenido es poco eficiente.

Por regla general, el material, inyectado a altas presiones, comprime el aire ocluido en los puntos más alejados a la entrada a la cavidad, sufriendo una compresión adiabática que da lugar a un aumento de la temperatura y que ocasiona señales de quemaduras sobre la superficie de la pieza moldeada.

Este inconveniente se manifiesta más ampliamente en cavidades profundas o de forma complicada, en moldes con piezas metálicas insertadas y en ciclos de producción muy rápidos.

Los respiraderos suelen ser unos pequeños surcos trazados en las superficies de unión de las placas del molde o sobre las espigas extractoras, o bien pequeños orificios situados en aquellas zonas de la cavidad que lo requieran.

El escape de aire, o gases desde el molde, es fundamental. En ocasiones puede llegar a ser necesario el empleo de vacío para eliminar el aire atrapado durante el tiempo de la inyección.

2.3.1.5.1 Situación de los respiraderos

La situación adecuada de los respiraderos es fundamental. Un respiradero situado en un lugar no adecuado puede ser cerrado por el flujo de material antes de que el aire haya sido expulsado de la cavidad.

En líneas generales, podemos indicar que los respiraderos se deben colocar en los puntos más alejados de la entrada a la cavidad, es decir, en aquellas zonas donde se reúnan los distintos frentes convergentes de flujo y las piezas tienen mejor acabado y mejores propiedades mecánicas.

2.3.1.5.2 Diseño de respiraderos.

Si el aire queda atrapado en una zona de unión del molde, por ejemplo, en el fondo de una cavidad con núcleo, el respiradero se puede realizar mediante rebajes de unos 0,01mm situados como lo indica la siguiente figura:

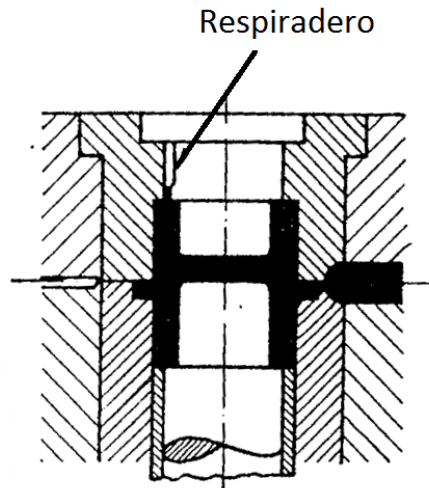


Figura 2.45 Ubicación de un respiradero para un molde con núcleo⁴¹

En cavidades profundas se emplea un sistema de espigas, en las que se practica un pequeño surco longitudinal. La espiga se debe colocar de forma que la pequeña marca que deje sobre el objeto quede en una de las superficies internas.

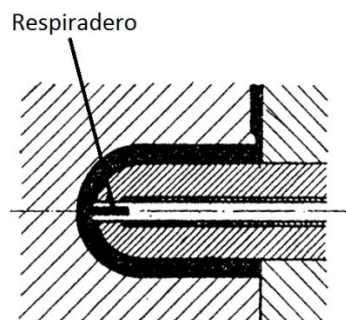


Figura 2.46 ejemplo de un respiradero para una pieza de cavidad profunda⁴²

A veces los respiraderos se realizan en los extractores del molde, y en otras se aprovechan como tales la holgura en los ajustes de los mismos.

⁴¹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 92

⁴²O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 92

Siempre que sea posible es preferible utilizar cavidades abiertas y con el fondo cerrado por una placa acoplada, sobre la que se prevén los respiraderos necesarios. Sin embargo, cuando no ocurre así y es necesario practicar cavidades profundas ciegas en el bloque, se debe abrir en el fondo de la cavidad un respiradero de diámetro no superior a 0,6mm, que comunica con otro orificio mayor que termina en el exterior

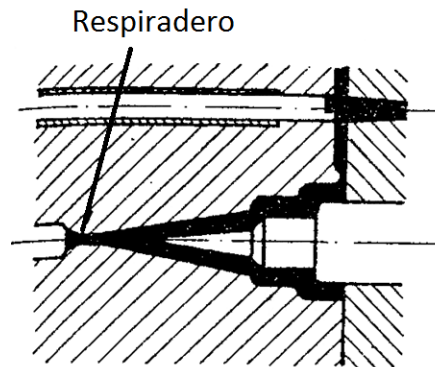


Figura 2.47 ejemplo de respiradero⁴³

Dimensiones

Como es lógico, las dimensiones de los respiraderos dependerán de la fluidez del material. En líneas generales podemos realizarlos con profundidades comprendidas entre 0,1 y 0,2mm y anchuras de 3 a 6mm. Sin embargo, para determinados polímeros habrá que disminuir estas dimensiones. Así, por ejemplo para el poliestireno la profundidad debe ser 0,05mm y para poliamidas y polietileno de 0,03mm.

2.3.2 SISTEMAS DE REFRIGERACION Y ATEMPERADO DE MOLDES

El principio básico del moldeo por inyección es que el material entra caliente en el molde y debe enfriarse rápidamente, a una temperatura tal que solidifique y mantenga la forma que ha adquirido dentro de la cavidad. La temperatura del molde es tan importante que precisamente es ella la que rige gran parte del ciclo de moldeo. Cuanto más caliente fluya el material, mayor será el tiempo de enfriamiento requerido para que la pieza solidifique y pueda ser desmoldeada.

⁴³O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 93

Por otra parte, si el enfriamiento es enérgico, puede ocurrir la solidificación antes del llenado total de la cavidad. Es, pues, necesario un equilibrio justo entre ambos extremos, para obtener el ciclo óptimo de inyección.

La temperatura de trabajo en un molde de determinado diseño depende de una serie de factores, tales como:

- a) Tipo de material que se va a moldear
- b) Camino que ha de seguir el flujo de material dentro de la cavidad
- c) Espesor de pared de la pieza moldeada
- d) Longitud del sistema de alimentación, etc.

Normalmente, se aconseja trabajar a temperaturas ligeramente superiores a las que se necesitan para el llenado total de la cavidad, a fin de obtener un mejor acabado superficial, como consecuencia de la disminución de las líneas de soldadura, marcas de flujo, etc.

La duración del ciclo de moldeo es siempre demasiado breve para que el calor del material pueda ser dispersado por simple conducción a través de la masa metálica del molde. El calor, al no poder ser dispersado con suficiente rapidez, se acumula en el molde, retardando el intercambio térmico entre este y el material, e impidiendo, por consiguiente, el enfriamiento y endurecimiento de los objetos moldeados.

Por este motivo, es necesario refrigerar los moldes mediante circulación de agua a través de canales practicados, por la regla general, en la parte fija y en la placa porta-cavidades de la parte móvil de los moldes.

La disposición de los canales de refrigeración debe hacerse de forma que la absorción del calor del molde sea uniforme y, generalmente, la colocación de otras partes del molde, tales como espigas de extracción, etc., deben estar supeditadas a ellos.

La entrada y salida de los canales estarán provistas de los correspondientes racores, para ser unidos a las tuberías del sistema termostático o refrigerante.

El diámetro de los canales de refrigeración depende del peso de la pieza que se va a moldear. En términos generales, se puede necesitar de 7 a 10 mm para pieza de 300 a 100 gramos y de 12 a 16 mm para piezas superiores a los 300 gramos.

Además de los platos, deben refrigerarse los núcleos internos de los moldes cuando tengan un diámetro superior a 16 mm y sean de gran longitud.

2.3.2.1 INTERCAMBIO DE CALOR.

El problema de enfriamiento de un molde viene determinado por:

- a) Un intercambio de calor entre el material plástico y el acero del molde
- b) Un intercambio de calor entre el acero y el líquido refrigerante
- c) Disipación del calor hacia la atmósfera

2.3.2.1.1 Intercambio de calor entre el material plástico y el molde

Depende de:

- a) La masa de la pieza o piezas que se van a moldear
- b) La diferencia de temperatura entre la materia plástica y la superficie del molde. Teóricamente, la temperatura final del material es igual a la del molde
- c) De la naturaleza de la materia a moldear, es decir, de su peso específico y calor de solidificación.

En la gráfica de la figura 57 se puede determinar para varios de los polímeros más corrientes la cantidad de calor cedida durante su enfriamiento entre dos temperaturas determinadas. En ella podemos observar la existencia de un gran calor de solidificación para el polietileno de baja presión.

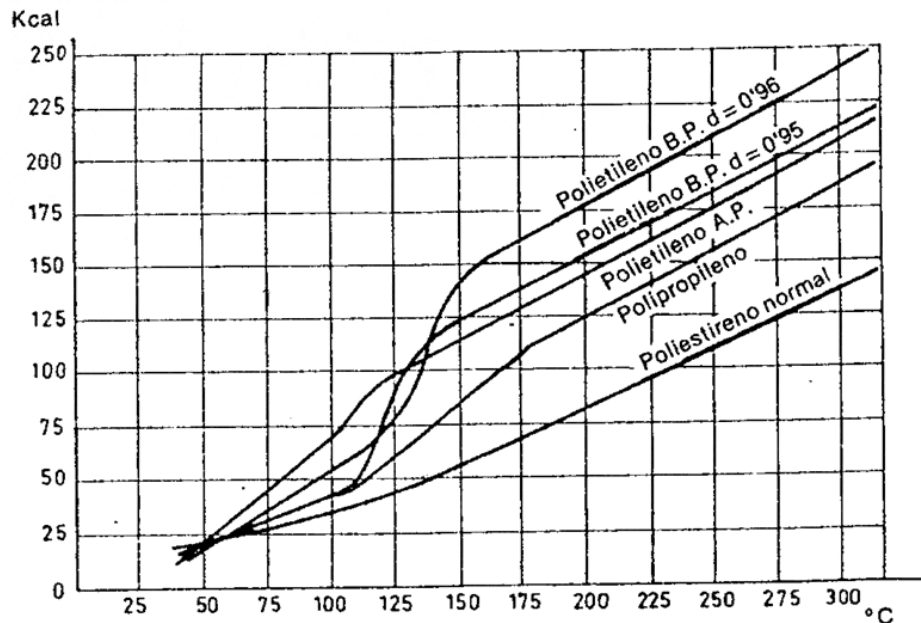


Figura 2.48 Cantidad de calor de ciertos polímeros Vs. Temperatura⁴⁴.

Fuera de la zona de solidificación, la variación del calor en función de la temperatura esta representado por una recta, pero los puntos son diferentes antes y después de la zona de fusión o de solidificación, debido a la variación del calor específico con la temperatura.

El intercambio de calor entre el material plástico y el acero del molde es rápido, ya que, generalmente, los objetos moldeados tienen un espesor bastante reducido. Sin embargo, el tiempo de enfriamiento depende del espesor de la pieza y de la naturaleza del material.

La temperatura de la superficie no puede ser constante. En el momento de la inyección aumenta rápidamente al contacto con el material caliente, después desciende según la eficacia del fluido refrigerante. La temperatura de la superficie del molde disminuye, aun más, durante los periodos de apertura y cierre, volviendo a subir en la siguiente inyectada. Por consiguiente, si representamos estas oscilaciones en un grafico, el perfil del mismo tomara un aspecto de "diente de sierra" como lo muestra la figura 2.49, y la temperatura del molde será la media de los máximos y mínimos hallados.

⁴⁴O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 95

Para el estudio de las condiciones de refrigeración del molde, esta temperatura media debe ser considerada como una temperatura constante en la superficie de la cavidad del molde.

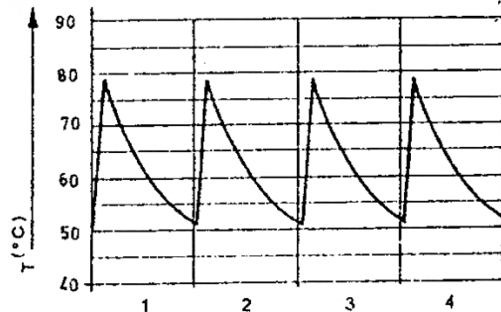


Figura 2.49 Oscilaciones de temperatura del molde Vs tiempo⁴⁵

Leyes de enfriamiento de la pieza moldeada.

Si consideramos una pieza como la indicada en la figura 2.50:

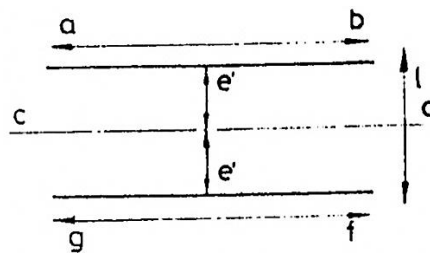


Figura 2.50 Ejemplo de pieza moldeada para cálculo de enfriamiento⁴⁶.

Suponiendo que la pieza tiene un espesor “e”, una zona de longitud “ab”, en el instante en que la pieza es inyectada. Las zonas “ab” y “gf” están en contacto con la superficie metálica del molde, y la acción refrigerante se supone se ejerce a partir de ab y gf, justo hasta la mitad del espesor cd.

La temperatura máxima del material se encontrara en “cd” y en cada una de las caras existe una diferencia de temperatura ΔT_1 y se supone que sobre el espesor “ e' ” existe una gradiente de temperatura, es decir, la variación de temperatura por unidad de longitud es constante.

⁴⁵O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 95

⁴⁶O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 95

Si T permanece constante, la cantidad de calor “ Q ” eliminada en un tiempo “ t ”, a través de las superficies “ ab ” y “ gf ” es:

$$Q = 2 \cdot \frac{K \cdot s \cdot \Delta t \cdot t}{e'} \quad \text{(Ec. 2.15)}$$

K = Coeficiente de conductividad

s = superficie.

t = tiempo de enfriamiento

En realidad, ΔT disminuye a medida que la temperatura desciende con el tiempo en cd , por lo que la cantidad de calor real eliminado en un tiempo t es la suma de las cantidades parciales Q_1 , Q_2 , Q_3 , correspondientes a fracciones de tiempo bastante pequeñas, por lo que la temperatura puede considerarse constante en “ cd ” para cada uno de estos periodos.

El incremento de temperatura ΔT va en disminución con el tiempo y , cuando aquel se hace pequeño, la velocidad de enfriamiento desciende bastante y , prácticamente, el tiempo total “ t ” necesario para obtener el equilibrio de temperatura en todo el espesor es infinito.

Sin embargo, para los espesores que normalmente encontraremos en las piezas moldeadas, la mayor parte del calor se elimina en un tiempo relativamente corto u no tiene interés el tener a un equilibrio de la temperatura en toda la masa. Lo verdaderamente necesario es alcanzar un enfriamiento suficiente que asegura la rigidez necesaria para extraer la pieza sin deformación. Podemos entonces admitir que en un tiempo finalmente corto, el calor “ Q ” almacenado se corresponde con el intervalo de ΔT , y es eliminado conforme se describe a continuación.

La cantidad de calor “ Q ” almacenado es también igual a la cantidad de calor $Q = M_c \cdot \Delta T$ que sería necesaria para elevar la temperatura en ΔT sin considerar la temperatura de solidificación del material, ya que estos fenómenos solamente representan una pequeñísima parte del proceso. Siendo M la masa del volumen V de material y “ c ” el calor específico del mismo, se puede escribir:

$$2 \cdot \frac{K \cdot S \cdot \Delta T \cdot t}{e'} = M \cdot c \cdot \Delta T \quad \text{(Ec. 2.16)}$$

Y si la superficie de refrigeración $S = 2s$

$$\frac{K \cdot S \cdot t}{e'} = M \cdot c = V \cdot \gamma \cdot c \quad \text{(Ec. 2.17)}$$

Siendo $\gamma =$ peso específico

$$\frac{K \cdot t}{e'} = \frac{V}{S} \cdot \gamma \cdot c \quad \text{(Ec. 2.18)}$$

Pero

$$\frac{V}{S} = e' \quad \text{(Ec. 2.19)}$$

Luego

$$\frac{K \cdot t}{e'^2} = \gamma \cdot c$$

Y

$$\frac{t}{e'^2} = \frac{\gamma \cdot c}{K} = \text{Constante}$$

Si t_1 y t_2 son los tiempos de enfriamiento correspondientes a las dos mitades de espesores e'_1 y e'_2

$$\frac{t_1}{e'^2_1} = \frac{t_2}{e'^2_2} = \frac{\gamma \cdot c}{K} = \text{Constante} \quad \text{(Ec. 2.20)}$$

Considerando el valor

$$\frac{S}{V} = \frac{1}{e'} = \omega \text{ (índice de superficie)} \quad \text{(Ec. 2.21)}$$

Se llega a la relación

$$t_1 \cdot \omega^2_1 = t_2 \cdot \omega^2_2 = \dots \dots \dots = \frac{\gamma \cdot c}{K} = \text{Constante} \quad \text{(Ec. 2.22)}$$

Esta expresión corresponde al enunciado de la ley de EULITZ que dice: “el producto del tiempo de enfriamiento por el cuadrado del índice de superficie es constante para piezas moldeadas con un mismo material”

En consecuencia, y de acuerdo con la ley anteriormente expuesta, podemos indicar que:

1. Dos piezas diferentes podrán moldearse en el mismo tiempo, siempre que sean de igual material y tengan el mismo índice de superficie
2. En moldes de cavidades múltiples no podrán obtenerse correctamente piezas de distinto índice de superficies
3. El tiempo de mantenimiento de la presión de inyección, una vez llena la cavidad, no puede ser superior al tiempo de solidificación.
4. Los tiempos de enfriamiento son independientes de ΔT , ya que si ΔT disminuye, la velocidad de enfriamiento disminuye pero el número de calorías a eliminar "Q" se reduce en la misma proporción.

Ejemplo:

Si hemos calculado correctamente el tiempo t_1 de mantenimiento de la presión de inyección para una pieza de índice de superficie $\omega_1 = 0,8$, para otra pieza de índice $\omega_2 = 1,2$, el tiempo t_2 vendrá dado por:

$$t_2 = \frac{t_1 \cdot \omega_1^2}{\omega_2^2} = t_1 \cdot \frac{0,8^2}{1,2^2} = 0,445 t_1$$

En la figura 60 podemos observar varios tiempos de enfriamiento correspondientes a varios materiales y diversos espesores, de acuerdo con la ley de EULITZ y con índices de superficie comprendidos entre 4 y 0,4.

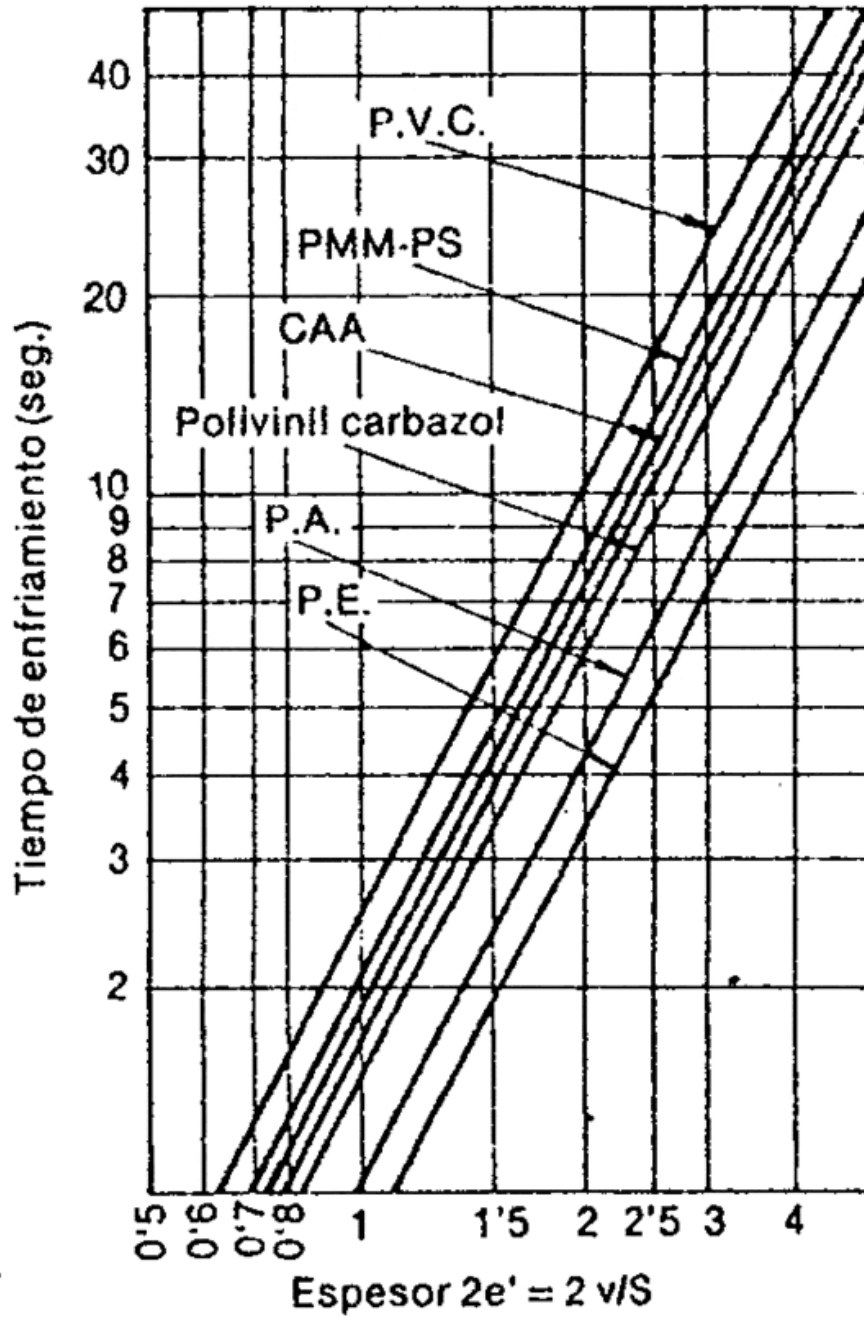


Figura 2.51 Tiempo de enfriamiento Vs. Índice de superficie⁴⁷

⁴⁷O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 97

2.3.2.1.2 Intercambio de calor metal – líquido refrigerante

Por razones de facilidad de ejecución, los canales suelen tener sección circular. Supongamos un canal cilíndrico destinado a eliminar las calorías cedidas por una cavidad plana AB como lo muestra la figura 61. Para conseguir una velocidad constante de refrigeración sobre esta superficie, hay que mantener una temperatura media constante, con variaciones mínimas en esta zona.

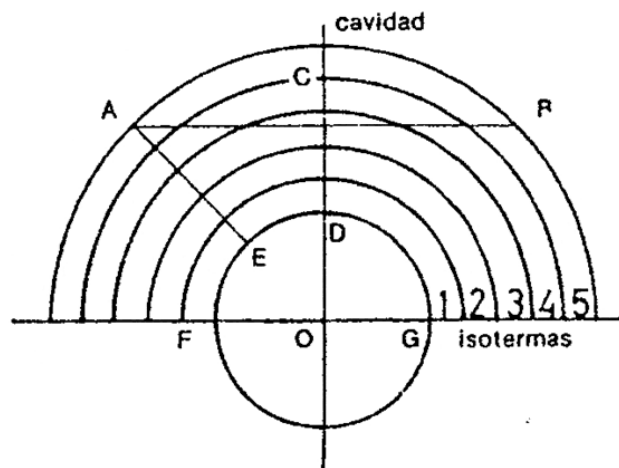


Figura 2.52 Calor cedido de una superficie plana a un conducto circular⁴⁸

Se establecerá un gradiente de temperatura entre los diferentes puntos de AB y la circunferencia FDG que representa la zona de eficacia de la sección del canal.

Si Q es la cantidad de calor eliminado por una pequeña superficie ΔS en torno a cada punto en un tiempo t, podemos escribir que:

$$Q = \frac{K' \cdot \Delta S \cdot \Delta T \cdot t}{l} \quad (\text{Ec. 2.23})$$

K' = coeficiente de conductividad del acero.

ΔT = intervalo de temperatura entre ΔS y la superficie FDG

l = Distancia entre S y FDG

⁴⁸O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 97

Según podemos observar en la figura, la distancia varía para cada uno de ellos y las temperaturas no serán idénticas, existiendo un máximo en A y B y un mínimo en C. Las isotermas son concéntricas al canal de refrigeración. Sin embargo, si la diferencia entre AE y CD es pequeña, como ocurre para el diámetro FG, cuya longitud no es muy inferior a AB, las dispersiones encontradas son aceptables.

Por consiguiente, para obtener un enfriamiento regular y fácilmente controlable es preciso utilizar canales grandes y próximos a las superficies de la cavidad.

Si una pieza consta de espesores diferentes, será necesario disponer en esas zonas canales de mayor diámetro y aumentar el caudal de líquido refrigerante para mantener una misma velocidad de enfriamiento en toda la pieza. Habrá que utilizar circuitos independientes.

2.3.2.2 REFRIGERACION DEL MAZAROTE

El canal de entrada, o bebedero del molde, es la zona por donde pasa todo el material que se inyecta, a temperatura elevada, quedando en el mismo una determinada cantidad, que hemos llamado "mazarote". Este mazarote constituye una masa de material de gran espesor, generalmente superior al de cualquier otra parte de la pieza que se va a inyectar, por lo que se presenta el problema de que se produzca un aumento del ciclo de moldeo si no se refrigera adecuadamente.

Para moldes pequeños o medios es suficiente hacer pasar por esta zona uno de los circuitos de refrigeración, pero en el caso de moldes grandes es necesario realizar el enfriamiento por medio de un circuito independiente.

2.3.2.3 DISEÑO DE LOS CANALES DE REFRIGERACION

Es difícil dar reglas concretas para cada tipo de molde, por lo que solamente podremos indicar algunas formas generales que, con ligeras variantes, serán fáciles de aplicar a cualquier problema de refrigeración.

- a) La superficie transversal de los canales de refrigeración oscilarán entre 25 y 300mm², según sea la superficie de la pieza moldeada.
- b) Los circuitos de refrigeración deben ser cortos, a fin de que la diferencia de temperatura entre la entrada y la salida del medio refrigerante sea de 3 a 5°C.
- c) Evitar la construcción de circuitos con número excesivo de espirales o ángulos rectos
- d) La distancia óptima entre la superficie de la cavidad y los canales de refrigeración depende del diámetro de estos últimos. Para un taladro de 12mm, corresponderá una distancia de 12mm, para diámetros de 15 y 16mm, las distancias serán de 25 y 26mm.
- e) Las distancias entre canales serán una vez y media su diámetro
- f) En piezas planas rectangulares, inyectadas por un lado, se recomiendan canales transversales al sentido de la pieza. La circulación del fluido de refrigeración se efectúa en sentido inverso a la inyección, para compensar temperaturas y evitar transiciones bruscas.

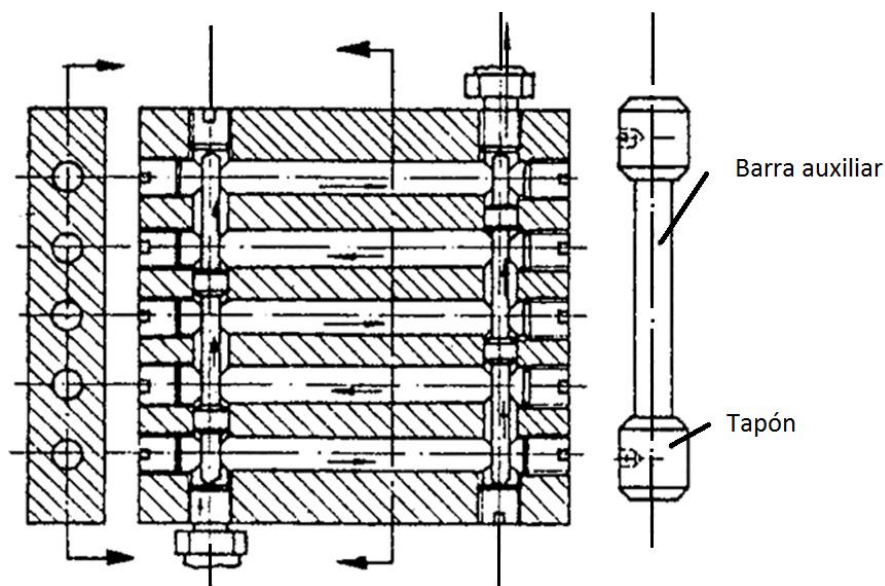


Figura 2.53 Canales de enfriamiento para piezas rectangulares inyectadas por un lado⁴⁹

⁴⁹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 99

- g) En piezas planas rectangulares, inyectadas por el centro, el sistema de enfriamiento ha de dividirse de modo que el líquido tenga que recorrer el mismo camino para el enfriamiento de la zona izquierda que para la derecha. En este caso se podría utilizar también un sistema de refrigeración en espiral, pero habría que aumentar las dimensiones del molde, con el consiguiente incremento del coste.

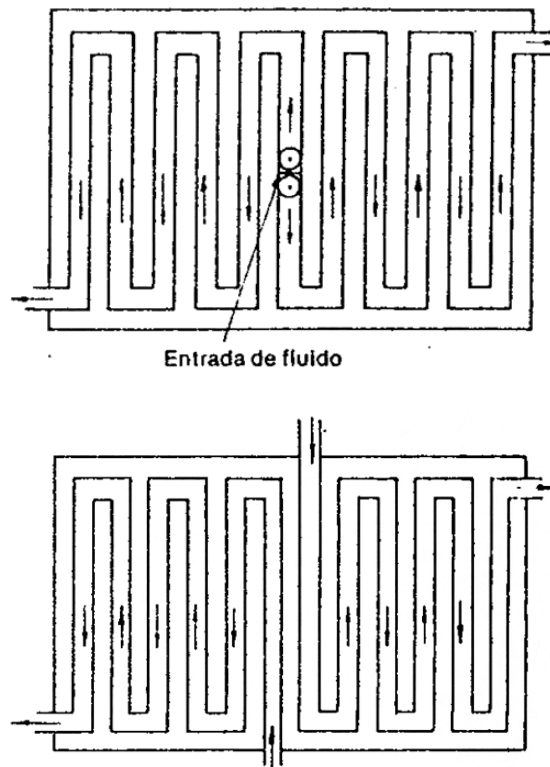


Figura 2.54 Canales de enfriamiento para piezas rectangulares inyectadas desde el centro⁵⁰

- h) La distribución de temperaturas en los diferentes circuitos, para el caso de refrigeración de moldes por debajo de la temperatura ambiente, deben mantenerse inferiores en la periferia del molde, mientras que sin el moldeo exige temperaturas superiores a la del medio ambiente (atemperado del molde), se deben mantener temperaturas mas elevadas en los circuitos periféricos para compensar en parte las perdidas por radiación.

⁵⁰O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 99

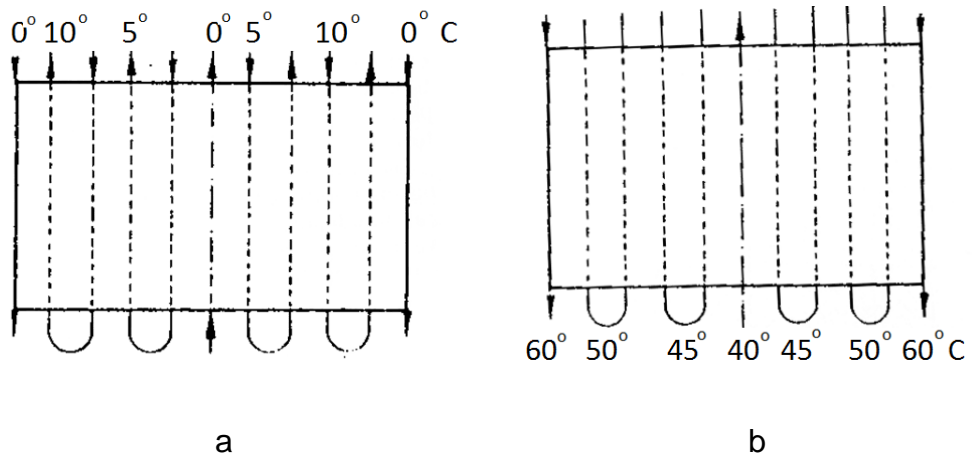


Figura 2.55 Canales de enfriamiento para: a) temperaturas por debajo de la temperatura ambiente, b) temperaturas superiores a la temperatura ambiente⁵¹.

2.3.2.4 REPRESENTACION DE ALGUNOS CIRCUITOS DE REFRIGERACION.

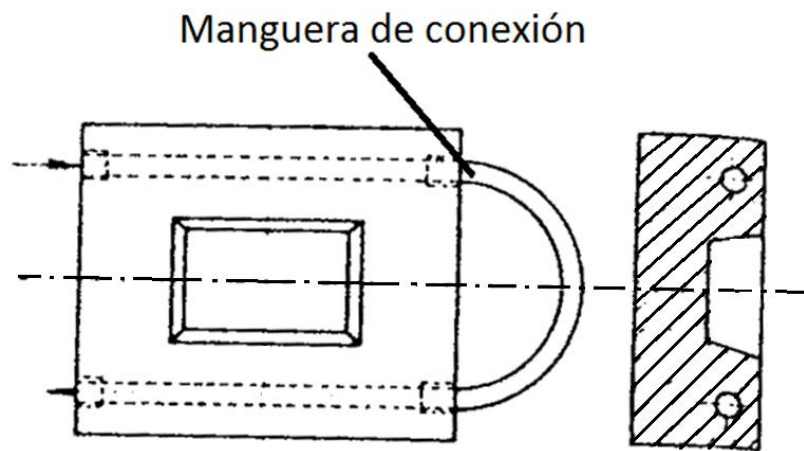


Figura 2.56 Circuito simple con adaptador⁵²

⁵¹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 99

⁵²O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 100

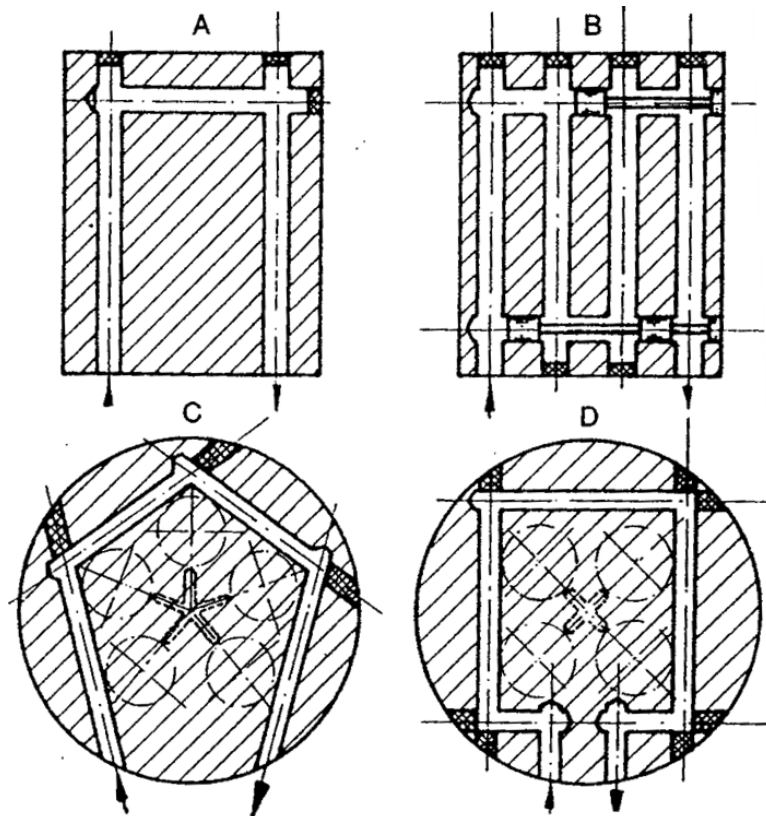


Figura 2.57 Circuitos con canales transversales (A y B) y circuitos con adaptación para cavidades múltiples (C y D)⁵³

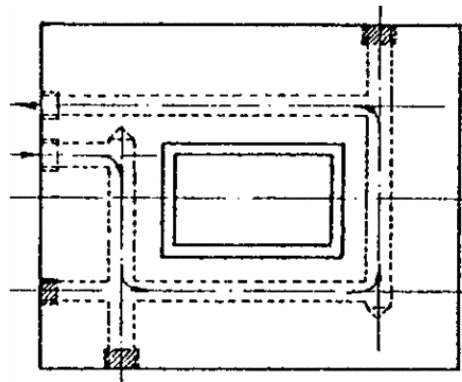


Figura 2.58 Circuito rectangular para un mayor control de la temperatura en las proximidades de las paredes de la pieza⁵⁴

⁵³O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 100

⁵⁴O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 101

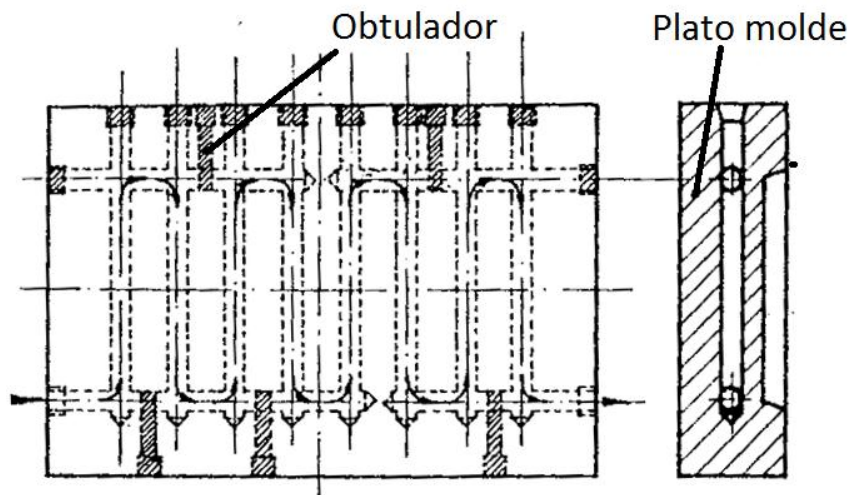


Figura 2.59 Circuito en Z para superficies grandes y poco profundas⁵⁵

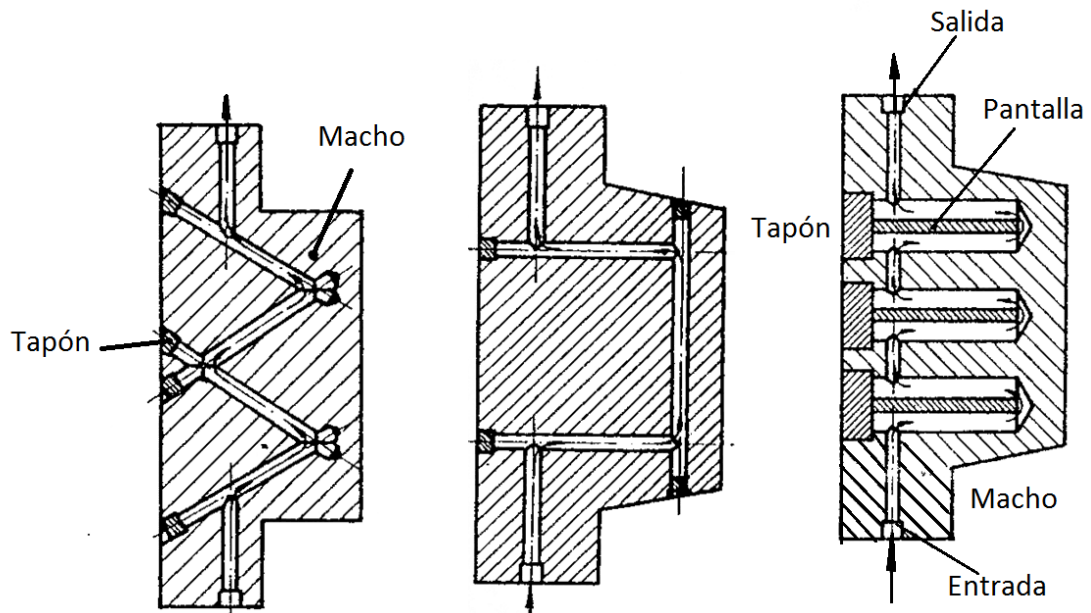


Figura 2.60 Circuitos para refrigeración de núcleos⁵⁶

⁵⁵O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 102

⁵⁶O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 103

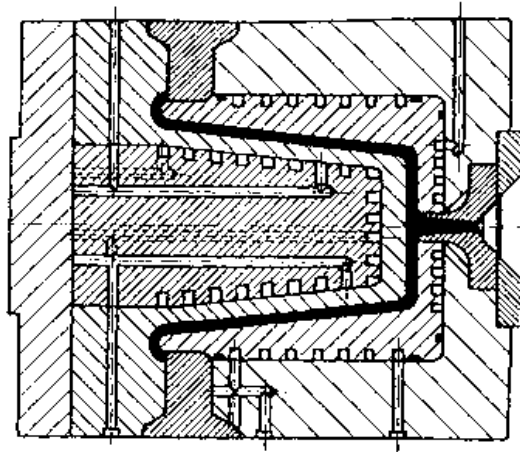


Figura 2.61 Circuito en espiral para el moldeo de piezas circulares⁵⁷.

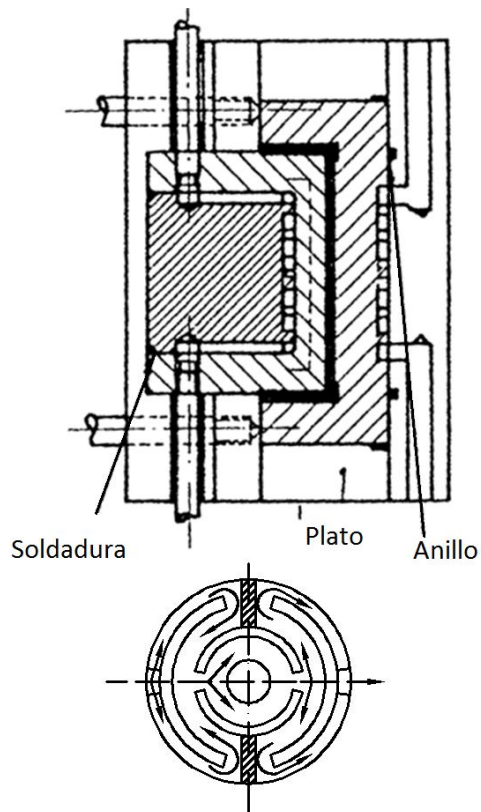


Figura 2.62 Refrigeración con inserciones acanaladas dentro del bloque de la cavidad y del núcleo⁵⁸

⁵⁷O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 104

⁵⁸O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 104

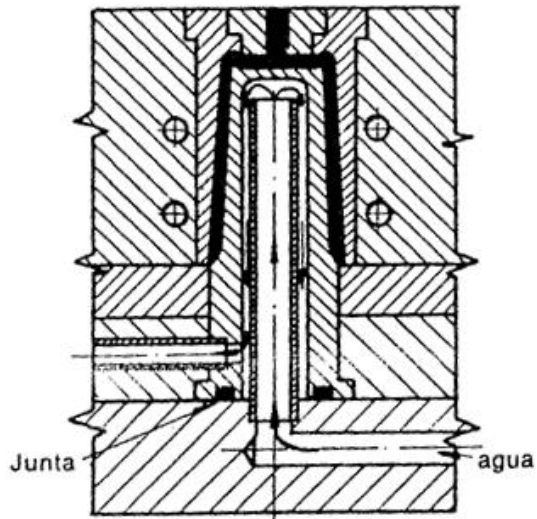


Figura 2.63 Circuito de refrigeración para núcleos largos⁵⁹

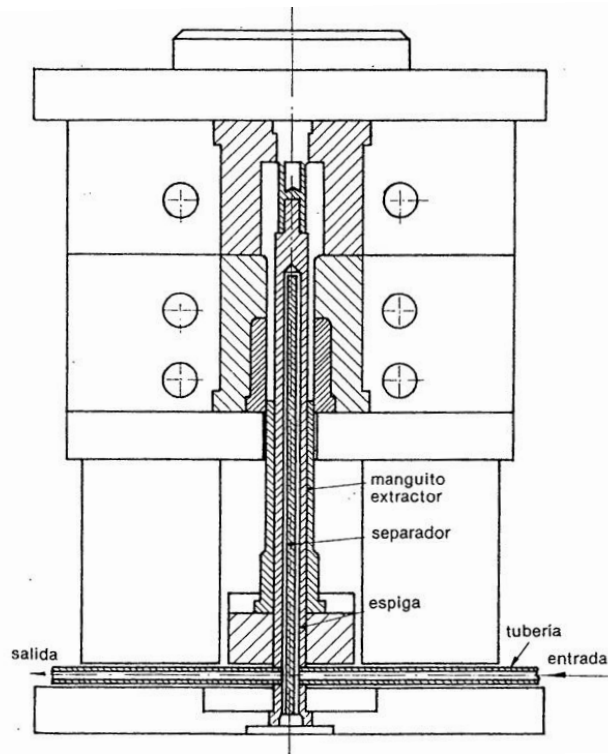


Figura 2.64 Sistema de refrigeración para un núcleo largo, estacionario, con un manguito extractor deslizante⁶⁰.

⁵⁹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 104

⁶⁰O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 105

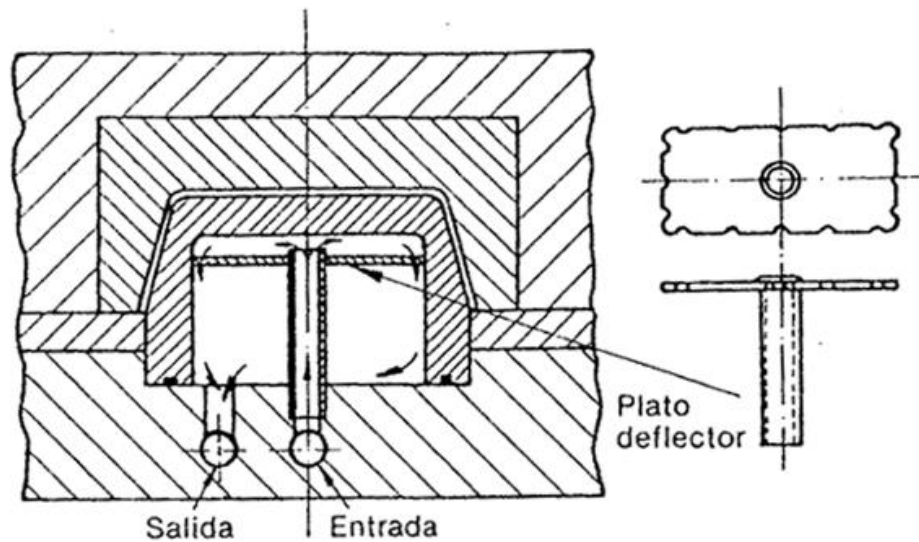


Figura 2.65 Refrigeración con plato deflector para núcleos de tamaño largo o mediano⁶¹

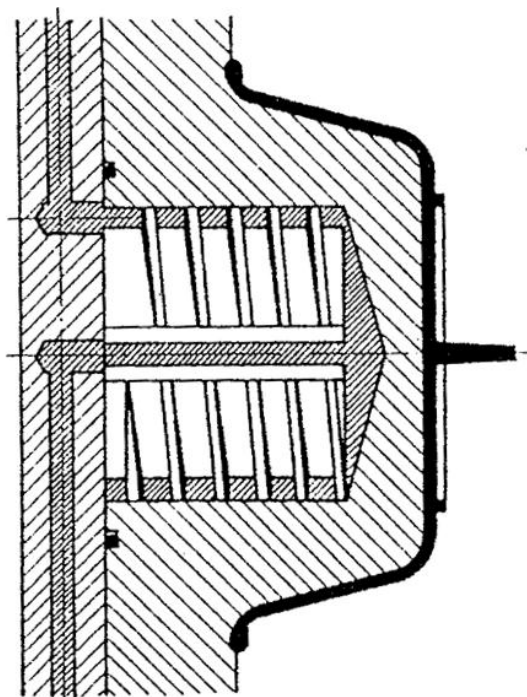


Figura 2.66 Refrigeración de núcleos de gran diámetro, mediante elementos de perfil helicoidal⁶²

⁶¹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 106

⁶²O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 106

2.3.2.5 TEMPERATURAS DE PROCESADO Y DE MOLDE PARA LOS MATERIALES PLASTICOS

Tabla 2.9: temperaturas de procesamiento de material y molde

MATERIAL	Temp. Procesado (°C)	Temp. Molde (°C)
	-----	-----
P.E. baja densidad	170 – 260	0 – 70
P. E. alta densidad	220 – 320	0 – 70
Poliestireno	200 – 250	30 – 60
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
Polimetacrilatos	170 – 230	40 – 90
Policarbonatos	280 – 310	85 – 120
Copolímero acetal	180 – 230	70 – 130
PVC plastificado	180	20 – 80
PVC rígido	160 - 190	20 – 80
Polipropileno	180 – 280	0 – 80
ABS	180 – 240	50 – 80
Acetato de celulosa	180 – 230	40 – 80
Acetobutirato de celulosa	180 – 220	40 – 80
Propionato de celulosa	180 - 220	40 - 80

Fuente: O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 101.

2.3.2.6 DEFECTOS DEBIDOS A TEMPERATURA INADECUADA DEL MOLDE

Si la temperatura del molde es alta:

- a) Contracciones en la pieza
- b) Rechupados en las superficies
- c) De la pieza al molde y dificultades para el desmoldeo.

Si la temperatura del molde es baja

- a) Burbujas o bolsas en el interior de la pieza.
- b) Moldeo incompleto
- c) Aspecto laminar o estratificado
- d) Fragilidad y tensiones internas en la pieza
- e) Superficie de la pieza velada o débil transparencia
- f) Falta de brillo superficial

2.3.3 SISTEMAS EXTRACTORES O EXPULSORES

Una vez inyectada y enfriada la pieza hay que extraerla del molde. Lo ideal sería que al producirse la temperatura del mismo, la pieza cayera por gravedad, separándose de la cavidad o del núcleo, pero debido a las contracciones que sufre el material al enfriarse, a la conicidad insuficiente de la cavidad, a resaltes o a efectos neumáticos causados por la configuración de las piezas moldeadas, estas tienen a quedarse adheridas a las cavidades, siendo necesario disponer en el molde de un sistema de extracción para efectuar el desmoldeo de la pieza.

Generalmente, los extractores se montan en la parte móvil del molde a fin de aprovechar la carrera de apertura de la máquina de inyección. La carrera de los expulsos debe ser suficiente para permitir la retirada de la pieza moldeada de las partes fijas del molde.

En estas partes fijas, se pueden mecanizar unos entrantes o estrías a fin de que la pieza adherida a la parte del molde que lleva el dispositivo extractor.

Otro procedimiento para que la pieza quede adherida a una u otra parte del molde, consiste en disminuir la temperatura en aquella que queremos quede adherida.

Si este accionamiento mecánico no fuera suficiente, pueden acoplarse sistemas neumáticos o hidráulicos de expulsión.

2.3.3.1 COLOCACION DE LOS EXPULSORES

Los expulsos deben actuar:

- a) Cerca de puntos que opongan una gran resistencia a la extracción, ya que los materiales termoplásticos son bastante deformables y de resistencia mecánica limitada. Se hace preciso actuar en las proximidades de los núcleos o entradas que sean relativamente largos o de poca salida.
- b) En zonas muy rígidas de las piezas, a fin de evitar deformaciones. Por ello se suelen colocar los extractores o expulsores frente a las paredes de mayor espesor o zonas con nervios. Si la pieza es poco rígida, como en el caso de piezas planas, los puntos de empuje deben ser muy numerosos
- c) En zonas donde no importe el acabado superficial o puede disimularse la marca de los expulsores.

2.3.3.2 CUALIDADES DE UN SISTEMA DE EXPULSION

- a) No debe ser brusco
- b) Ha de ser de funcionamiento seguro, por lo que los dispositivos de resorte no son recomendados.
- c) Resistentes al desgaste
- d) Sencillos y económicos
- e) Tener buen rendimiento
- f) Dejar el mínimo de marcas en las piezas moldeadas

2.3.3.3 TIPOS DE EXPULSORES

A continuación vamos a explicar un poco el funcionamiento y las aplicaciones de los distintos tipos de expulsores que se utilizan en moldes de inyección de plástico, aclarando, que es muy complicado tipificar de forma específica ya que para cada caso se podrán presentar varias opciones o incluso nuevas formas de expulsión de la pieza moldeada.

2.3.3.3.1 Espigas o vástagos extractores

El sistema está formado por dos placas unidas, alojadas en la parte posterior de la mitad móvil del molde. En las placas se fijan las espigas extractoras, que pasando a través de los orificios realizados en el molde llegan a la cavidad

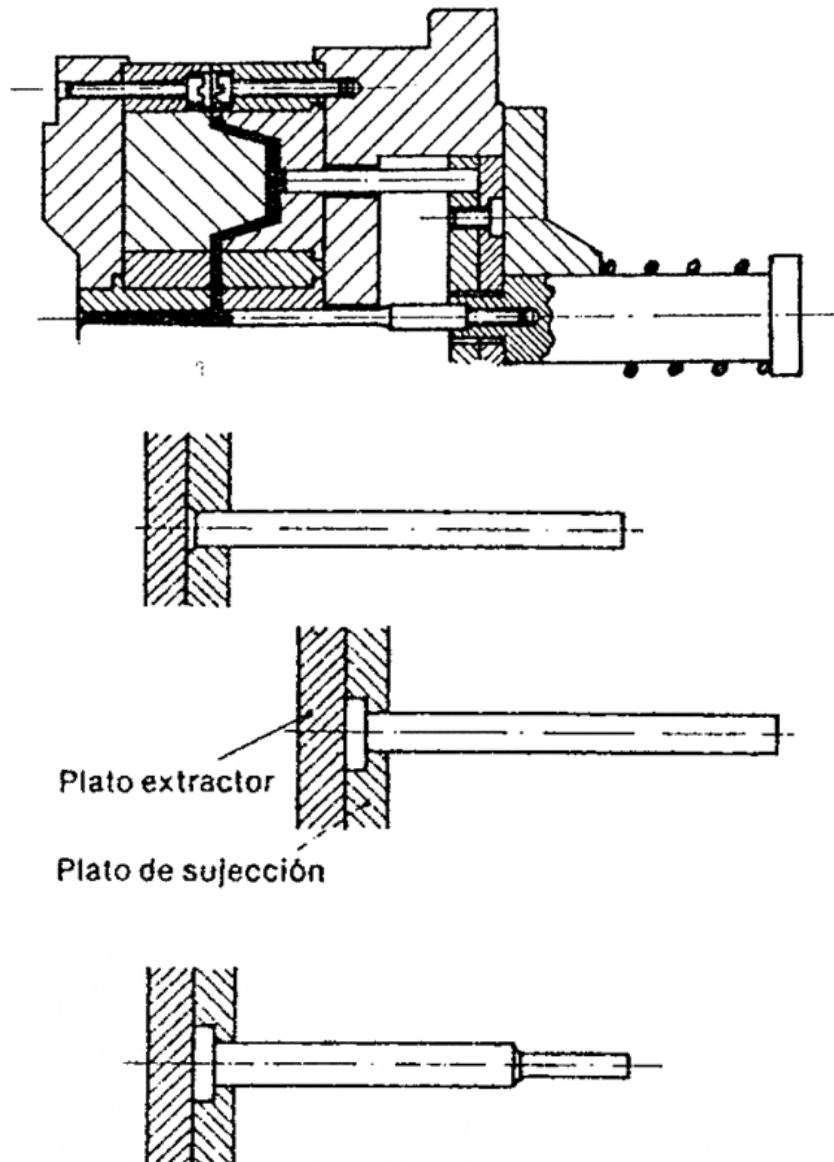


Figura 2.67 Ejemplo de espigas o vástagos extractores⁶³

En el centro de las placas acopla un eje que sobresale por la parte trasera del molde. Durante la carrera de apertura, y al final de la misma, el eje choca contra un tope, de forma que los extractores detienen su recorrido, mientras que la parte móvil del molde continúa su retroceso. Las espigas se deslizan sobre sus orificios y expulsan el objeto moldeado. Los extractores vuelven a su posición primitiva mediante un muelle de retroceso, durante la carrera de cierre del molde.

⁶³O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 107

El diámetro de las espigas debe ser proporcional a su longitud y al esfuerzo que han de realizar.

Los orificios para alojar las espigas han de ser ligeramente mayores que el diámetro de estas, siendo la tolerancia admisible de 0,50 a 0,1mm, hasta una distancia de unos dos centímetros de la cara de la cavidad, a fin de facilitar la alineación y funcionamiento de la espiga.

A veces es necesario colocar las espigas extractoras al fondo de pequeños vaciados de la cavidad, por lo que su diámetro ha de ser muy pequeño y estarán, por consiguiente, sujetas a deformaciones o roturas. Para evitar esto, en lo posible, se aconseja utilizar espigas que solo tienen el pequeño diámetro en su parte anterior y en una longitud suficiente para permitir el desplazamiento en los orificios de las cavidades. El resto de la espiga tiene un diámetro mayor. El paso de un diámetro al otro ha de ser gradual

Cuando se han de utilizar espigas largas y delgadas se suelen reforzar con casquillos adecuados.

La colocación de las espigas es esencial, ya que por regla general dejan marcas en el objeto moldeado, que en muchos casos deben eliminarse. También es necesario eliminar toda posibilidad de deformación del objeto, o que se quede agarrado a la espiga.

Cuando se quiere mantener intacta la superficie del objeto, y su forma lo permite, hay que colocar las espigas extractoras al ras del macho del molde, de forma que actúen solamente sobre el borde de la pieza.

Sujeción de las espigas al plato extractor

En la figura 2.68 podemos observar el sistema más utilizado para sujetar las espigas al plato extractor, en él, el plato de sujeción G esta unido al plato extractor H. todas las espigas extractoras y de retroceso se colocan en este plato. El montaje es sencillo, ya que las piezas pueden montarse una por una en el plato de la cavidad de moldeo. Cuando se trata de grandes moldes, con

gran número de pequeñas espigas, es muy difícil su construcción a no ser que sea posible la colocación individual de las mismas.

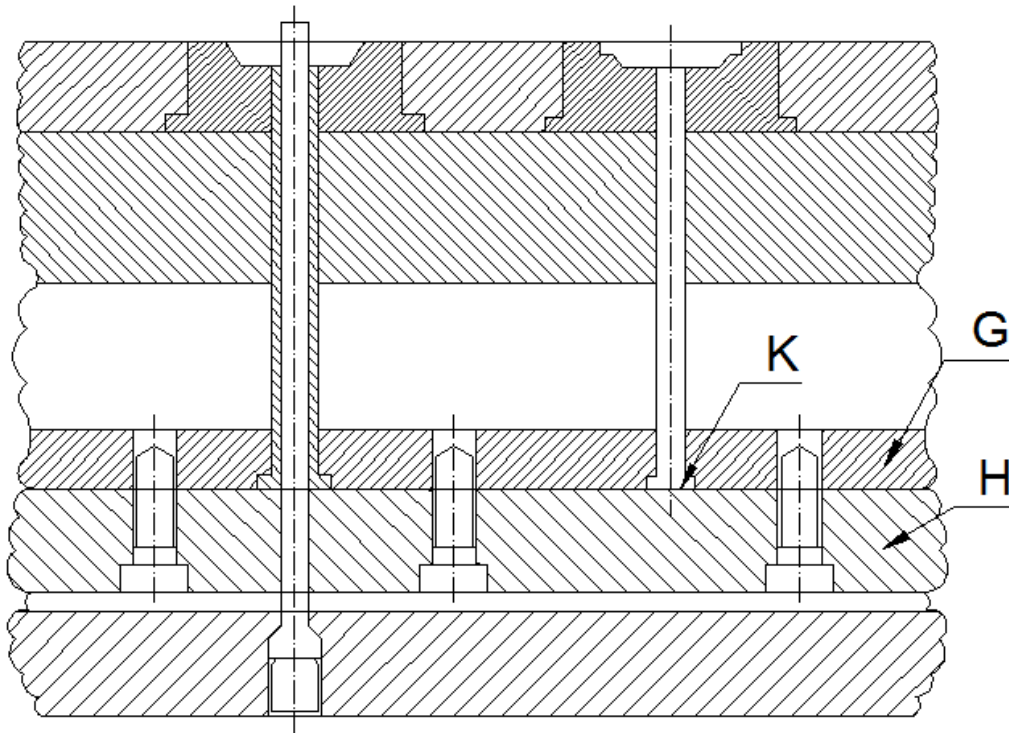


Figura 2.68 Ejemplo de sujeción de las espigas al plato extractor⁶⁴.

Las espigas de retroceso deben colocarse rígidas, si no se dispone de otras guías para el plato extractor. Alrededor de las cabezas de las espigas se debe dar una tolerancia de 0,4 a 0,8mm. Y de 0,2mm en K, ya que casi siempre la alineación entre los orificios del plato de la cavidad y de los del plato extractor suele ser muy deficiente.

En la figura 2.69 (a) podemos ver otro tipo de sujeción de las espigas. Este sistema de dos platos es muy práctico cuando hay que colocar espigas muy juntas (C). En el valor (A) de la misma figura, se observa la sujeción de varias espigas mediante una barra y en (B), está representado el diseño de una espiga extractora para detenerse en una posición determinada mediante una espiga de detención.

⁶⁴O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 108

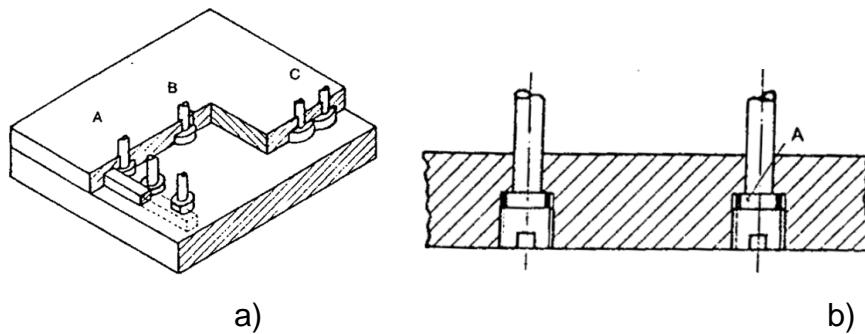


Figura 2.69 Ejemplos de sujeción de espigas⁶⁵.

En la figura 2.69 (b) esta representado un sistema de sujeción con un solo plato. Este sistema es muy económico y se utiliza cuando se necesita pocas espigas y de pequeño diámetro es posible ajustar las espigas a la longitud conveniente, rebajando el saliente (A) hasta donde haga falta.

En la figura 2.70, podemos observar un diseño de sujeción de espiga, con un solo plato. Su construcción es más cara pero resulta más resistente.

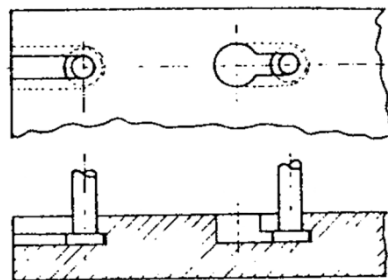


Figura 2.70 Sujeción de espiga por medio de un solo plato⁶⁶

Recorrido del sistema extractor.

Depende de las necesidades, y se determina, fundamentalmente, por la forma de la pieza. En general, suele ser suficiente una carrera de unos pocos milímetros, pero si las piezas son profundas se necesitaran recorridos largos.

La longitud de las espigas ha de ser exacta, ya que tanto por defecto como por exceso, se producirán marcas que perjudicarían el aspecto de la pieza.

⁶⁵O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 109

⁶⁶O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 109

El control del recorrido puede realizarse mediante pernos limitadores de retroceso.

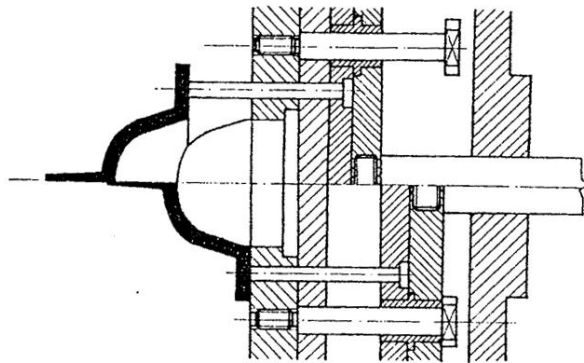


Figura 2.71 Pernos limitadores de retroceso de expulsores⁶⁷.

2.3.3.3.2 Casquillos o manguitos extractores

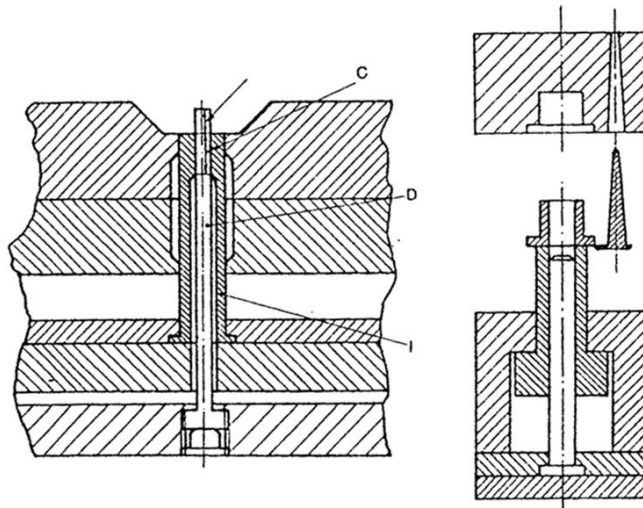


Figura 2.72 Ejemplo de casquillos o manguitos extractores⁶⁸

Este tipo de extractores se emplea en moldes para objetos de forma tubular. Es parecido al de las espigas con la diferencia de que, en el lugar de estas, las placas móviles están equipadas con manguitos que se deslizan sobre los vástagos del molde que están fijos en el fondo posterior.

⁶⁷O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 110

⁶⁸O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 110

Para los casquillos extractores es conveniente elegir un acero adecuado, pues están sometidos a grandes esfuerzos y a un contiguo desgaste. Tanto la superficie interior como la exterior han de ser muy duras. El diámetro interior será 0,02 – 0,04mm., más pequeño que el orificio de la cavidad y esta tolerancia se mantendrá durante la longitud (C) entre el núcleo y el casquillo.

El diámetro interior será de 0,4 a 0,8mm mayor que el núcleo, dejado una tolerancia como se muestra en la longitud (D). El núcleo (A) tendrá unas dimensiones tales que la porción que se extiende dentro del articulo moldeado (D) será por lo menos de 0,4mm de menor diámetro que la parte más baja. La distancia (C) debe ser \approx 1cm más larga que el recorrido completo del plato extractor. Alrededor del diámetro exterior del casquillo es necesaria una tolerancia de 0,4mm. Para facilidad de montaje, en todos los orificios que vayan situados espigas o casquillos, debe realizarse un chaflán suficientemente grande (I)

2.3.3.3.3 Placas expulsoras

Este sistema permite la extracción uniforme de objetos moldeados profundos, con fondo cerrado y paredes delgadas como por ejemplo cajas, la placa se acopla sobre el macho del molde y es movida por medio de vástagos fuertes, fijos a la placa del dispositivo extractor como lo muestra en la figura 2.73 (a), o unida a la parte fija del molde por medio de tirantes como lo muestra en la figura 2.73 (b)

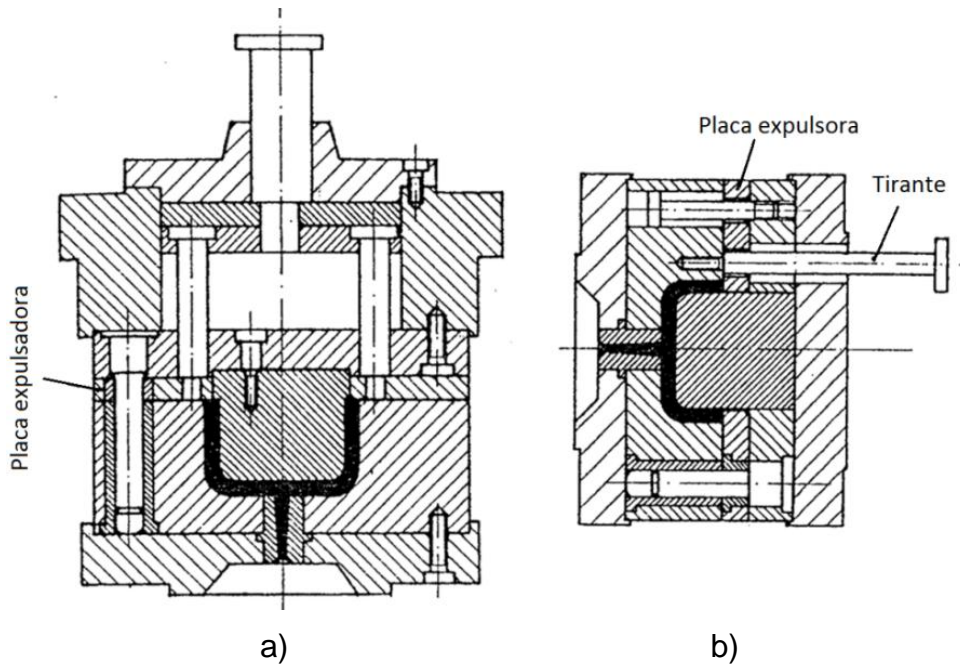


Figura 2.73 Ejemplo de placas expulsoras a) con vástagos fijos a la placa del extractor, b) con vástagos unidos a la parte fija del molde⁶⁹.

Cuando el macho del molde, esta situado en la parte fija, la placa expulsora se tiene que colocar también en esta parte del molde, y la placa se acciona por tirantes fijos a la parte posterior del mismo como se muestra en la figura 83, la placa debe guiarse por tetones robustos y es conveniente limitar al mínimo su recorrido para evitar que se salga del macho.

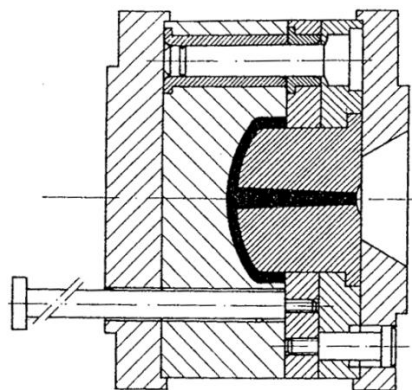


Figura 2.74 Ejemplo de placas expulsoras colocadas en la parte fija del molde⁷⁰.

⁶⁹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 111

⁷⁰O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 112

2.3.3.3.4 Sistemas combinados

Por necesidad o conveniencia del diseño, algunas veces es necesario acoplar en un mismo mecanismo, diversos sistemas de extracción, que pueden estar formados de placa y espigas extractoras, o de placa y manguitos extractores

Dentro de los sistemas combinados, cabe también la posibilidad de utilización de sistemas mecánicos junto con sistemas neumáticos como lo muestra la figura 84. En el proceso de apertura, la pieza se separa, primero, mecánicamente del núcleo, después se expulsa por medio de un mecanismo neumático, este proceso es más económico y la pieza sufre menos esfuerzos, ya que el aire actúa sobre toda la superficie de la misma. Se emplean, fundamentalmente, con piezas profundas, en la que el recorrido del expulsor no basta para el desmoldeo total de las mismas.

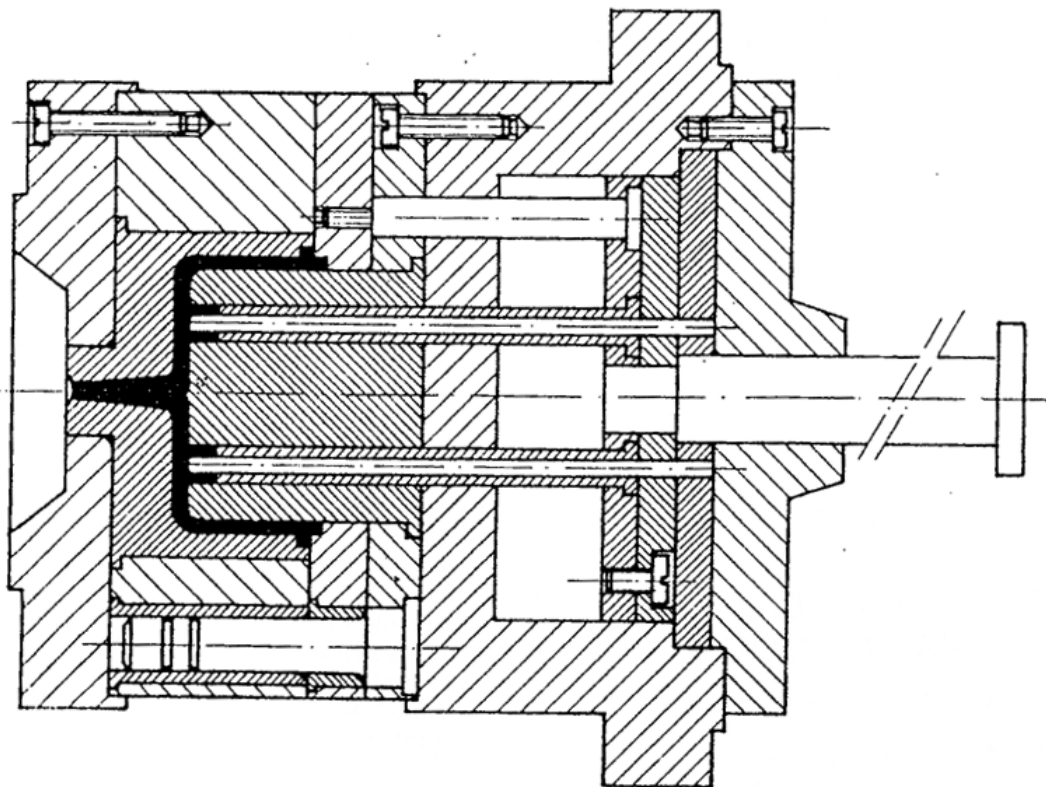


Figura 2.75 Ejemplo de sistema de extracción combinado⁷¹.

⁷¹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 112

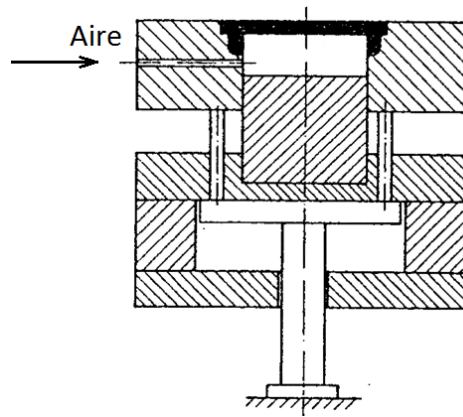


Figura 2.76 Ejemplo de sistema de extracción combinado sistema mecánico con neumático⁷².

2.3.3.3.5 Espiga extractora de válvula

En la siguiente figura se representa el mecanismo de espiga extractora de válvula, tiene una forma de válvula con vástago, presenta una gran superficie de expulsión y se suele emplear con materiales flexibles y en moldes con entrada de disco.

El aire comprimido eleva el plato y expulsa la pieza.

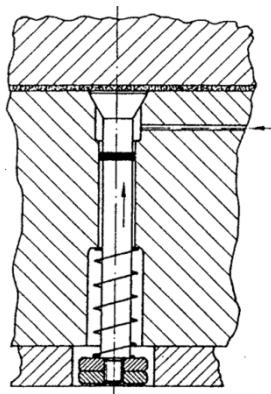


Figura 2.77 Ejemplo de sistema de expulsión por medio de espiga extractora de válvula⁷³

⁷²O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 113

⁷³O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 113

2.3.3.3.6 Sistemas neumáticos

Este sistema es muy conveniente en casos en que por causa del diseño se crea un vacío en la cavidad. Para la extracción se introduce aire a presión por el interior del núcleo que soporta la pieza.

La válvula, se acciona mediante una espiga móvil que va unida a una barra extractora y que al abrir el molde permite el paso de aire. Para el retroceso, la válvula se acciona por medio de un muelle.

Este tipo de mecanismo se suele utilizar para plásticos flexibles y para piezas con superficie de desmoldeo profunda.

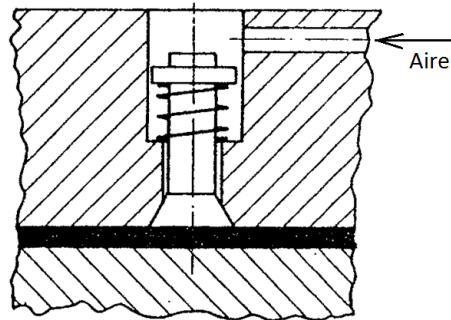


Figura 2.78 Ejemplo de sistema neumático de expulsión⁷³.

2.3.3.4 COLUMNAS SOPORTE

Los sistemas de extracción crean en el molde una necesidad de una zona de alojamiento, en la marte móvil, que debilita su parte central, que es la que sufre con más intensidad la presión de moldeo en el momento de la inyección. Por este motivo, puede ceder o sufrir deformaciones que darían lugar a la formación de rebabas en las piezas moldeadas.

Para evitar estos inconvenientes, se disponen unos apoyos en la cámara de los extractores, generalmente de forma cilíndrica y lo más cerca posible del eje central del molde, que se denominan "Columnas soporte".

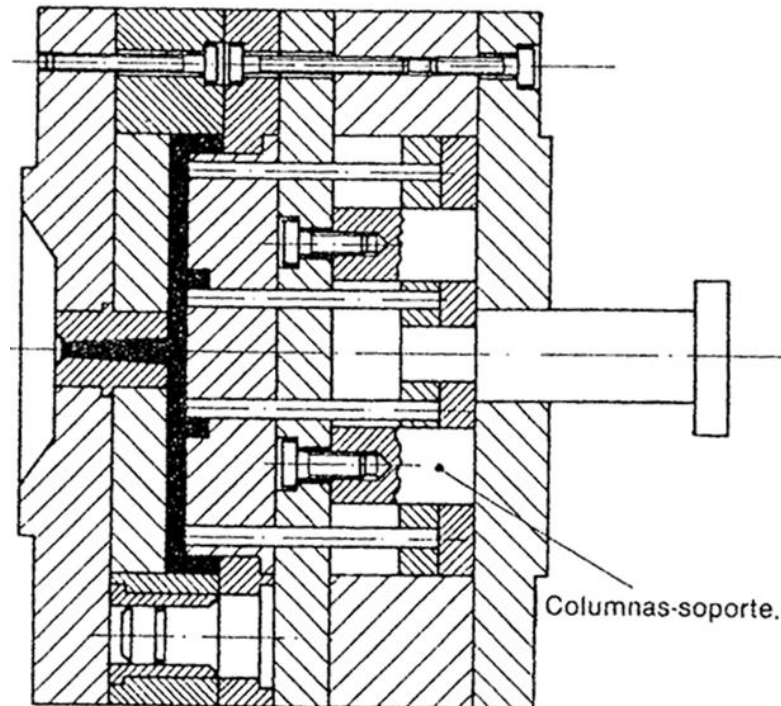


Figura 2.79 Ejemplo de columnas soporte de un molde⁷⁴.

2.3.3.4.1 Determinación de las características de las columnas soporte y cálculo de la superficie admisible de la cavidad.

W = Carga máxima sobre la placa – soporte (Kg).

S = tensión permitida ($\approx 850 \text{ kg/cm}^2$)

M = Distancia entre los soportes (cm)

Z = Modulo de flexión (cm^3)

L = longitud de la placa soporte (cm)

G = Espesor de la placa soporte (cm)

P = Ancho de las paralelas (cm)

U = Unidad de presión máxima sobre la placa soporte (490 kg/cm^2)

A = Superficie máxima de la cavidad (cm^2)

$$W = \frac{8 \cdot Z \cdot S}{M} ; Z = \frac{L \cdot G^2}{6} ; A = \frac{W}{U} \quad (\text{Ec. 2.24, 2.25, 2.26})$$

⁷⁴O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 114

Para el cálculo se utilizara un portamoldes normalizado DME3540 que se muestra en la siguiente figura, sin columnas soporte con las siguientes dimensiones:

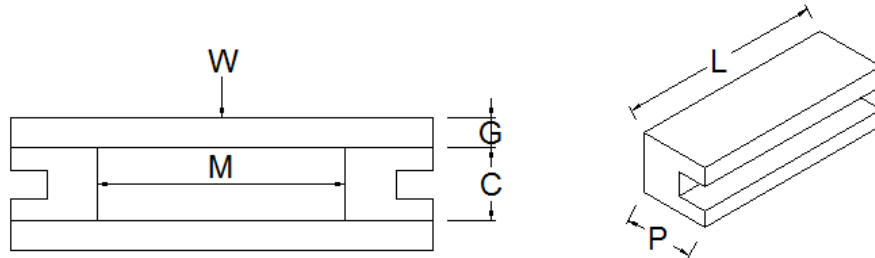


Figura 2.80 Portamoldes normalizado DME3540⁷⁵

$$L = 40\text{cm}$$

$$M = 36,6 - 2 \times 4,6 = 25,4 \text{ cm}$$

$$S = 850 \text{ kg/cm}^2$$

$$G = 4,6 \text{ cm}$$

$$P = 4,6 \text{ cm}$$

$$U = 490 \text{ kg/cm}^2$$

Procediendo con el cálculo:

$$Z = \frac{L \cdot G^2}{6} = \frac{40 \cdot 4,6^2}{6} = 141 \text{ cm}$$

$$W = \frac{8 \cdot Z \cdot S}{M} = \frac{8 \cdot 141 \cdot 850}{25,4} = 37,750 \text{ Kg}$$

$$A = \frac{W}{U} = \frac{37,750}{490} = 77 \text{ cm}^2$$

Es decir, la superficie máxima admisible de la cavidad seria de 77 cm².

Pero ahora si hacemos el mismo calculo pero colocando una columna soporte central:

⁷⁵O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 114

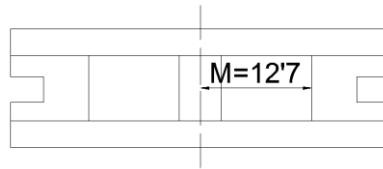


Figura 2.81 Portamoldes normalizado DME3540 con una columna – soporte central⁷⁶

$$M = \frac{25,4}{2} = 12,7 \text{ cm}$$

$$W = \frac{958,800}{12,7} = 75,496 \text{ Kg}$$

$$A = \frac{75,496}{490} = 154 \text{ cm}^2$$

Para la mitad de la placa soporte, es decir, que la cavidad total sería de $2 \times 154 = 308 \text{ cm}^2$, lo que indica que su valor sería cuatro veces al permitido sin la columna soporte.

Y en el caso en el que se coloquen dos columnas soporte:

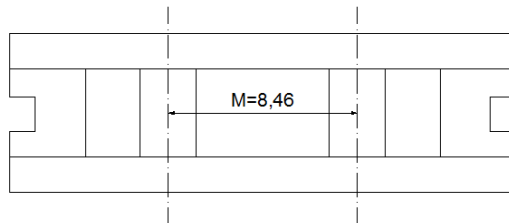


Figura 2.82 Portamoldes normalizado DME3540 con dos columnas – soporte⁷⁶

$$M = \frac{25,4}{3} = 8,46 \text{ cm}$$

$$W = \frac{958,800}{8,46} = 37,750 \text{ Kg}$$

$$A = \frac{113,333}{490} = 231 \text{ cm}^2$$

Es decir, la superficie total de la cavidad podría ser de 693 cm^2

⁷⁶. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 114

2.3.4 SISTEMA DE CENTRADO Y GUIAS DE MOLDE

En el estudio de los bebederos, indicamos que los anillos de centrado o ajuste, considerándolos, además, como elementos del centrado exterior del molde para asegurar la alineación del mismo respecto a la boquilla de la máquina y al sistema de cierre.

Para conseguir la máxima precisión y evitar su deterioro, los moldes necesitan de unos elementos propios de centrado y guía interiores.

En moldes sencillos, este problema se resuelve simplemente con unas espigas – guía que sobresalen de una de las mitades cuando están abiertos, y que, al efectuar el cierre se introducen en unos casquillos y manguitos de acero templado, situados en la otra mitad.

En moldes con vaciados profundos, con núcleos largos y delgados, podrían producirse desplazamientos de los mismos, a pesar del perfecto centrado de las espigas – guía, y por ello, hay que disponer de otros sistemas adicionales de centrado de los núcleos.

2.3.4.1 ESPIGAS Y MANGUITOS GUIAS

Las espigas guías y sus correspondientes manguitos se emplean para asegurar la alineación y el centrado de las dos mitades del molde. Se utilizan en todos los moldes, excepto en los manuales más sencillos y baratos.

Se deben usar al menos tres espigas guías y, siempre que sea posible, cuatro. A veces se emplea solamente dos, y en este caso, el diámetro de una de ellas debe tener unos 3mm más que el de la otra, con el fin de que no se pueda montar el molde indebidamente.

La colocación debe realizarse cerca de los bordes del molde, lo más alejadas posibles unas de las otras, con objeto de disminuir el efecto de la holgura entre la espiga y el manguito.

Cuando se emplean tres o cuatro espigas, la colocación debe ser asimétrica para evitar el error de montaje de una mitad sobre la otra, que podría ocasionar

daños importantes en el molde. Las formas más generales son las indicadas en la figura 2.83

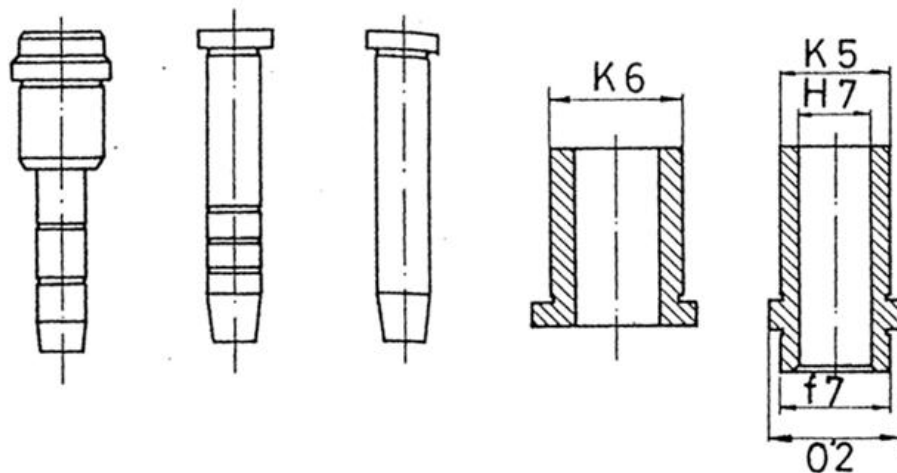


Figura 2.83 Formas generales de guías de moldes⁷⁷.

El diámetro varía entre 12mm para moldes pequeños, utilizados en prensas de 5 a 10 Tm y 76mm para moldes grandes y prensas de 1500 Tm. En caso de posible empuje lateral, debido a condiciones de flujo no simétricas, deben emplearse espigas de mayor diámetro. Para moldes de tamaño medio, el diámetro de las espigas oscila entre 19mm y 38mm.

Para facilidad de construcción y centrado perfecto, los diámetros exteriores del manguito y espiga deben ser iguales.

La longitud de la espiga debe ser tal, que la porción recta de la misma penetre en el manguito en una cantidad igual a su diámetro, antes de que el macho penetre en la cavidad de moldeo, a fin de que estos queden eficazmente protegidos. Durante el cierre del molde, las espigas deben penetrar en sus manguitos antes de que los salientes más pronunciados del molde comiencen a introducirse en las cavidades.

⁷⁷O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 116

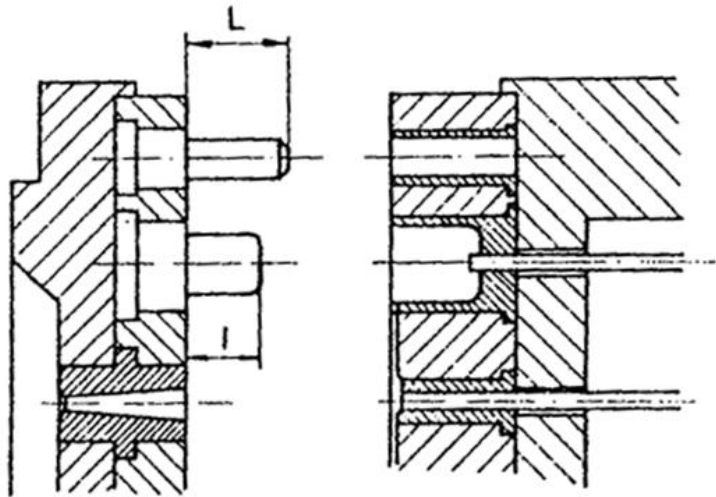


Figura 2.84 Ejemplo de guía en molde con saliente pronunciado⁷⁸

La longitud de los manguitos debe ser al menos igual al diámetro de la espiga. En el caso de espigas muy largas no es necesario que los manguitos tengan mucha longitud, a fin de evitar ajustes y desgastes inútiles.

Naturalmente, en este caso, el orificio de acoplamiento del manguito debe estar prolongado hasta permitir el paso de toda la espiga, tal como lo muestra la siguiente imagen.

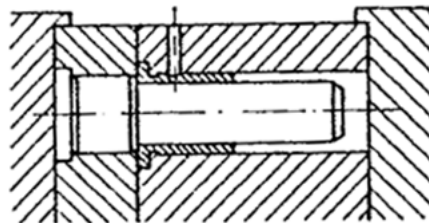


Figura 2.85 Longitud prolongada de orificio de acoplamiento⁷⁹

Además las espigas y manguitos deben ajustarse a presión en las placas del molde.

Cuando la longitud es pequeña se pueden utilizar tornillos de fijación que deben apoyar en un rebaje realizado en el lateral de la espiga.

⁷⁸O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 116

⁷⁹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 116

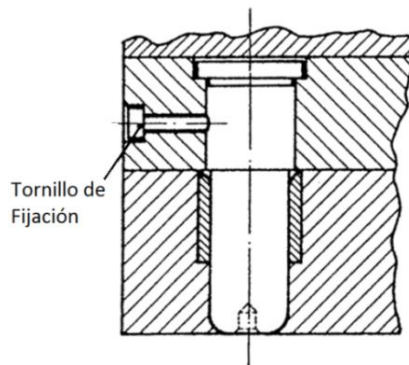


Figura 2.86 Tornillo de fijación de guía de longitud corta⁸⁰.

Los manguitos y espigas guías deben mecanizarse muy bien y estar templados y rectificadas para reducir su desgaste al mínimo.

Para garantizar su perfecto funcionamiento hay que evitar la acción de fuerzas laterales. Si no existieran estas fuerzas no es necesario el cálculo de la sección de las espigas, sin embargo, este cálculo es necesario en el caso de espigas inclinadas o correderas laterales.

2.4 TIPOS DE MOLDES PARA INYECCION DE PLASTICO

Los moldes de inyección y de compresión para elementos moldeados son generalmente clasificados de forma básica siguiendo este criterio:

- Moldes estándar (moldes de dos placas)
- Molde de cavidad dividida (moldes divididos y con eje guía)
- Moldes con extractor de placa
- Molde de tres placas
- Molde de pisos
- Moldes de canal caliente.

Generalmente, los moldes de inyección se utilizan para procesar

- Termoplásticos,
- Termoestables y
- Elastómeros.

⁸⁰O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 117

Además existen moldes de canal frío para el tratamiento de las resinas termoestables en analogía a los moldes de canal caliente se utilizan para el procesamiento de termoplásticos compuestos y elastómeros.

Si no es posible localizar los corredores en el molde en la línea de separación o en cada una de las partes en un molde de cavidad múltiple es ser de centro cerrado, una segunda línea de separación (Tres-placa de molde) es necesario para eliminar el material solidificado o fusión, debe ser transmitida por medio de un sistema de canal caliente.

En moldes de pisos, dos moldes están conectados uno detrás del otro para todos los propósitos prácticos, sin necesidad de duplicar la fuerza de sujeción.

Un requisito previo para dichos moldes es un gran número de relativamente simple así como las partes superficiales.

Los bajos costes de producción son la ventaja particular de funcionamiento de dicho molde. Hoy en día, moldes de pisos están equipados exclusivamente con sistemas de canal caliente que deben satisfacer requisitos muy estrictos con respecto a la homogeneidad térmica en particular.

Los pernos expulsores se utilizan con más frecuencia para expulsar las piezas moldeadas. A menudo también sirven para ventilar la cavidad. Con mecanizado por descarga eléctrica (EDM) de haber llegado a ser tan común, la ventilación adecuada se ha convertido cada vez más importante. Considerando que las cavidades se construyeron previamente hasta de varios componentes con la posibilidad de incorporar ventilación eficaz en las superficies de contacto respectivas, es posible hoy por medio de electroerosión producir cavidades en un bloque sólido en muchos casos. El cuidado especial por lo tanto se debe tomar para asegurar que la masa fundida desplaza el aire completamente. También deben tomar medidas para asegurar que el aire atrapado se evite, sobre todo en los lugares críticos. Una cavidad mal ventilada puede conducir a la formación de depósitos en el molde, ardor e incluso problemas de corrosión. El tamaño de un respiradero está determinado principalmente por la viscosidad del fundido.

Los respiraderos son por lo general entre 0,01 mm y 0,02 mm de tamaño. Con rejillas de ventilación extremadamente fáciles de flujo resinas, del orden de $\geq 0,001$ mm en el tamaño ya puede ser suficiente. Hay que señalar, sin embargo, que el enfriamiento efectivo generalmente no es posible siempre que sea un respiradero se coloca. Partes de ventilación, tales como insertos de metal sinterizado - necesitan un mantenimiento regular, sin embargo, debido a que los poros se obstruyen con material con el tiempo. La colocación correcta de las piezas de ventilación en la cavidad tanto, es importante.

Los componentes móviles del molde deben ser guiados y centrados. La orientación proporcionada por los barandales para la platina móvil de una máquina de moldeo por inyección debe ser considerada como alineación aproximada en el mejor. "Alineación interna" dentro del molde de inyección es necesario en cualquier caso.

Aceros de herramienta son el material preferido para moldes de inyección. La selección del material debe ser muy cuidadosamente sobre la base de las resinas que deben procesarse. Requisitos que deben cumplir los aceros para herramientas incluyen:

- Elevada resistencia al desgaste,
- Resistencia a la corrosión,
- Alta estabilidad dimensional, etc

Los moldes de aleaciones de aluminio, tales como AlZuMgCu1.5, están ganando en popularidad, sobre todo a causa de:

- Bajo peso,
- Una buena maquinabilidad (alta velocidad de corte),
- Resistencia a la corrosión,
- Alta conductividad térmica (posibilidad de tiempo de ciclo de corte), y
- La facilidad de erosión.

2.4.1 MOLDES NORMALIZADOS.

Es evidente que uno de los problemas fundamentales de la industria de transformación es el precio de los moldes, junto con su calidad y rapidez de fabricación. Por otra parte, si el molde no ha podido ser amortizado en una primera serie de producción, el almacenamiento del mismo representa una inversión no rentable.

Por este motivo, surgió la idea de simplificar la fabricación construyendo moldes normalizados. Con este sistema disponemos de piezas prefabricadas que pueden ser utilizadas en moldes diferentes, que sean de fácil reposición en caso de deterioro y que se puedan montar con gran rapidez.

Naturalmente, el molde normalizado no cubre todas las necesidades de la técnica de inyección, pero, en todo caso, siempre se podrán utilizar algunas de las piezas normalizadas en los moldes más complicados.

El empleo de piezas normalizadas proporciona al constructor de moldes una serie de ventajas, tales como:

- 1) Disponer de elementos intercambiables mediante el desmontaje de los moldes
- 2) Menor riesgo en el error de cálculo de costos, por disponer de precios fijos para los diversos elementos.
- 3) Eliminar, en parte, la necesidad de disponer de un costoso almacén de materiales.
- 4) Posibilidad de emplear maquinaria moderna y sofisticada, como rectificadoras por coordenadas y máquinas de erosión eléctrica, en lugar de tener que disponer de una gran serie de máquinas.

El desarrollo de los elementos normalizados partió de Estados Unidos, donde se elaboró un útil programa, con gran diversidad de medidas.

Las normas desarrolladas en Europa, se deben a la iniciativa de algunos fabricantes, apoyándose en el ejemplo americano.

En España, el primer intento de normalización fue realizado por el departamento de plásticos de patronato Juan de la Cierva, realizándose, el año 1961, un cuidadoso estudio del problema y dando al dominio publico un tipo de molde normalizado cuyo esquema general y características las tomaremos como ejemplo en las siguientes figuras y tablas.

En la actualidad existen muchos suministradores comerciales que fabrican armazones normalizados y diferentes componentes universales para moldes. Incluso, algunos talleres transformadores utilizan sus propios armazones normalizados.

Cuando se va a comenzar el diseño de un molde es muy recomendable estudiar cuidadosamente los diseños específicos de armazones y accesorios.

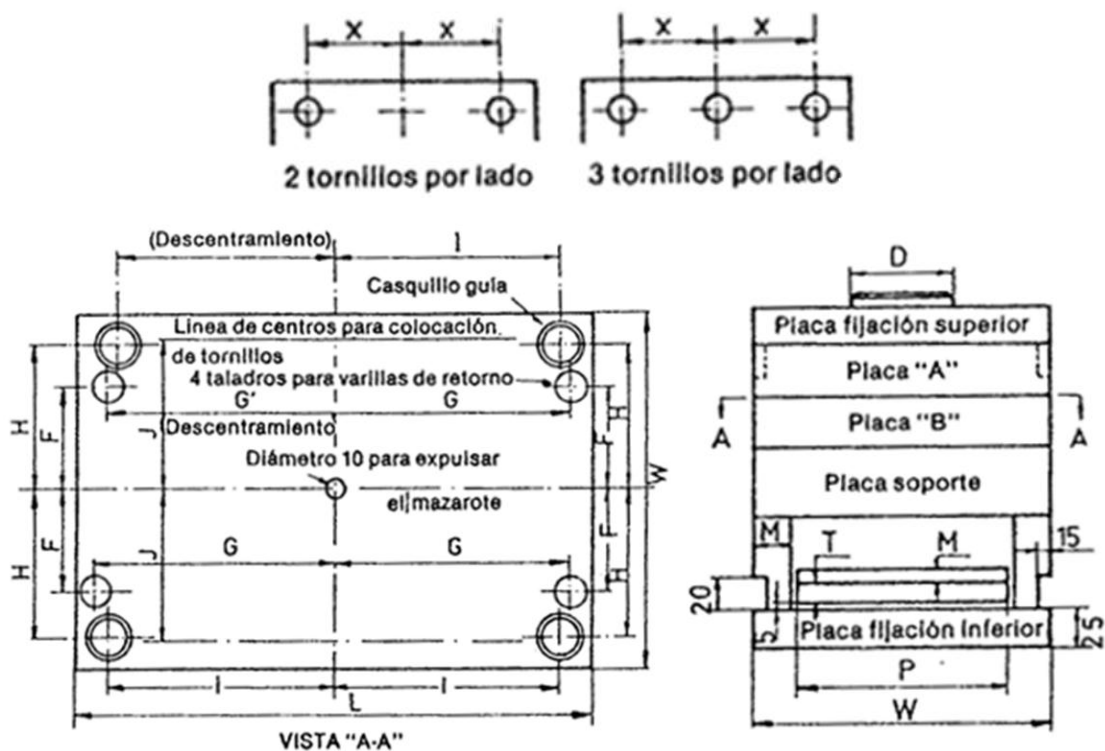


Figura 2.87 Esquema general de un molde normalizado⁸¹.

⁸¹ LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 134

Tabla 2.10: Espesores de placas normalizadas

Placa "A"	Placa "B"	(*) Placa "X"	Placa soporte	Placa superior e inferior de alineación	Placa expulsora superior	Placa expulsora Inferior
25	25					
35	35	25	50			
50	50					
60	60			25	12	25
75	75					
85	85	35	60			
100	100					

(*) La placa (X) se utiliza como placa auxiliar, en el caso de moldes complicados.

Fuente: O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 136.

Tabla 2.11: Características y valores del molde normalizado

W	L	Columnas Guía				Varillas de retorno				Placa soporte	Datos complementarios				Tornillos				
		Día	H	I	I'	Día	F	G	G'		Placa de fijación	P	N	M	T	N° por lado	Métrica	J	X
200	225	15	78	90	87	10	55	98	95	50	25	128	35	12	25	2	12	75	60
	250	15	78	103	100	10	55	111	108	50	25	128	35	12	25	2	12	75	72
	275	15	78	116	113	10	55	124	121	50	25	128	35	12	25	2	12	75	84
	300	15	78	128	125	10	55	136	133	50	25	128	35	12	25	2	12	75	96
	325	15	78	140	137	10	55	148	145	50	25	128	35	12	25	2	12	75	108
225	250	15	90	103	100	10	65	111	108	50	25	153	35	12	25	2	12	97	70
	275	15	90	116	113	10	65	124	121	50	25	153	35	12	25	2	12	97	83
	300	15	90	128	125	10	65	136	133	50	25	153	35	12	25	2	12	97	95
	325	15	90	140	137	10	65	148	145	50	25	153	35	12	25	2	12	97	107
	350	15	90	152	149	10	65	161	158	50	25	153	35	12	25	2	12	97	120
250	275	20	100	113	109	15	60	118	114	50	25	178	35	12	25	2	12	100	75
	300	20	100	125	121	15	60	130	126	50	25	178	35	12	25	2	12	100	87
	325	20	100	138	134	15	60	143	139	50	25	178	35	12	25	2	12	100	100
	350	20	100	150	146	15	60	155	151	50	25	178	35	12	25	2	12	100	112
	375	20	100	163	159	15	60	168	164	50	25	178	35	12	25	2	12	100	125
275	300	20	112	125	121	15	70	130	126	50	25	183	45	12	25	2	12	112	87
	325	20	112	138	134	15	70	143	139	50	25	183	45	12	25	2	12	112	100
	350	20	112	150	146	15	70	155	151	50	25	183	45	12	25	2	12	112	112
	375	20	112	163	159	15	70	168	164	50	25	183	45	12	25	2	12	112	125
	400	20	112	175	171	15	70	180	176	50	25	183	45	12	25	2	12	112	138
300	325	25	120	133	128	20	80	140	135	50	25	198	50	12	25	2	12	120	90
	350	25	120	145	140	20	80	152	147	50	25	198	50	12	25	3	12	120	103
	375	25	120	158	153	20	80	165	160	50	25	198	50	12	25	3	12	120	115
	400	25	120	170	165	20	80	177	172	50	25	198	50	12	25	3	12	120	128
	425	25	120	183	178	20	80	190	185	50	25	198	50	12	25	3	12	120	140
325	350	25	132	145	140	20	92	152	147	50	25	223	50	12	25	3	12	132	103
	375	25	132	158	153	20	92	165	160	50	25	223	50	12	25	3	12	132	115
	400	25	132	170	165	20	92	177	172	50	25	223	50	12	25	3	12	132	128
	425	25	132	183	178	20	92	190	185	50	25	223	50	12	25	3	12	132	140

Tabla 2.11 (Continuación): Características y valores del molde normalizado

	450	25	132	195	190	20	92	202	197	50	25	223	50	12	25	3	12	132	152
	375	25	145	158	153	20	105	165	160	50	25	248	50	12	25	3	12	145	115
350	400	25	145	170	165	20	105	177	172	50	25	248	50	12	25	3	12	145	128
	425	25	145	183	178	20	105	190	185	50	25	248	50	12	25	3	12	145	140
	450	25	145	195	190	20	105	202	197	50	25	248	50	12	25	3	12	145	152
	400	30	152	185	160	20	102	180	175	50	25	273	50	12	25	3	12	157	114
375	425	30	152	178	173	20	102	193	188	50	25	273	50	12	25	3	12	157	125
	450	30	152	190	185	20	102	205	200	50	25	273	50	12	25	3	12	157	138
400	425	30	165	178	173	20	115	193	188	60	25	298	50	12	25	3	12	170	125
	450	30	165	190	185	20	115	205	200	60	25	298	50	12	25	3	12	170	138

Fuente: O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes inyección. 1ra ed. Patronato Juan de la Cierva, 1978, pág. 135.

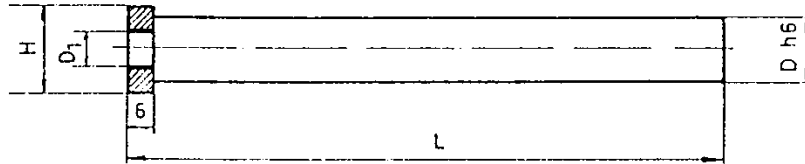


Figura 2.88 Espigas extractoras y varillas de retención⁸².

Tabla 2.12: Valores Normalizados para espigas extractoras y varillas de retención

Espigas extractoras D = 15												
L	105	115	130	140	155	165	180	190	205			
H	20	20	20	20	20	20	20	20	20			
D1 ...	M8	M8	M8	M8	M8	M8	M8	M8	M8			
Espigas extractoras D = 20												
L	125	140	150	165	175	190	200	215	230	240		
H	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		
D1 ...	M8	M8	M8	M8	M8	M8	M8	M8	M8	M8		
Varillas de retención D = 10												
L	100	110	125	135	150	160	175	190	200	215	225	240
H	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
D1 ..	M6	M6	M6	M6	M6	M6	M6	M6	M6	M6	M6	M6

Fuente: O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 136.

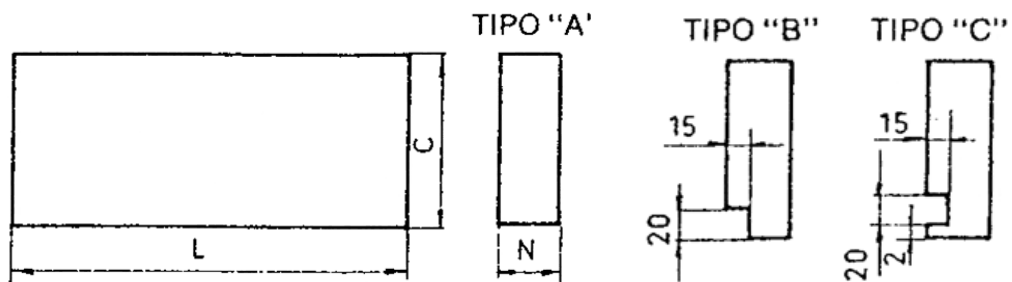


Figura 2.89 Paralelas o espaciadores⁸²

⁸²O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 138

Tabla 2.13: Valores normalizados para paralelas o espaciadores:

C	N	L
60	35	225
	45	250
75	50	275
	35	300
	45	325
90	50	350
	35	375
	45	400
100	50	425
	35	450
	45	
115	50	
	35	
	45	
135	50	
	35	
	45	
150	50	
	35	
	45	

Fuente: O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes inyección. 1ra ed. Patronato Juan de la Cierva, 1978, pág. 137.

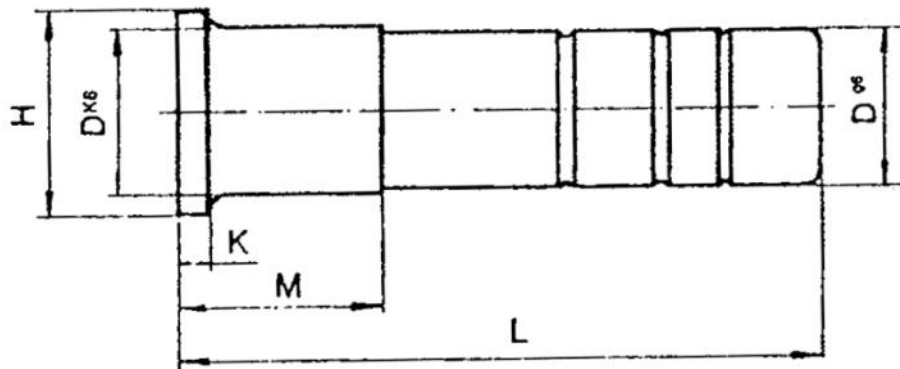


Figura 2.90 Columna – guía normalizada⁸³

⁸³O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 139

Tabla 2.14: valores normalizados para columnas – guía

D	H	M	K	L
15	23	20	5	45
		30		60
20	28	45	5	70
		55		85
25	33	70	5	95
		80		110
30	38	95	5	120
				135
				145
				160
				170
				185
				190

Fuente: O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes inyección. 1ra ed. Patronato Juan de la Cierva, 1978, pág. 137.

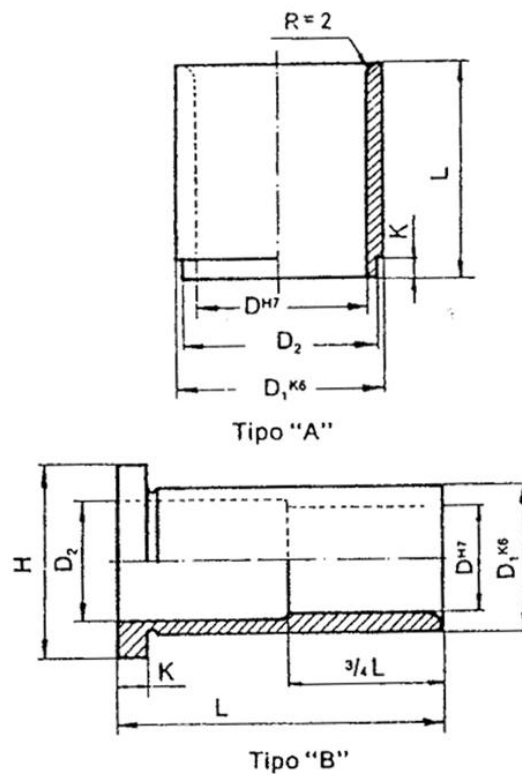


Figura 2.91 Casquillos – guía normalizados⁸⁴

⁸⁴O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 139

Tabla 2.15: valores normalizados para casquillos guía

TIPO (A)					TIPO (B)					
D	D1	D2	K	L	D	D1	D2	H	K	L
15	20	18	5	20	15	20	16	28	5	25
20	25	23	5	25	20	25	21	33	5	35
25	30	28	5	30	25	30	26	38	5	50
30	35	33	5	35	30	35	31	43	5	60
										75
										85
										100

Fuente: O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes inyección. 1ra ed. Patronato Juan de la Cierva, 1978, pág. 137.

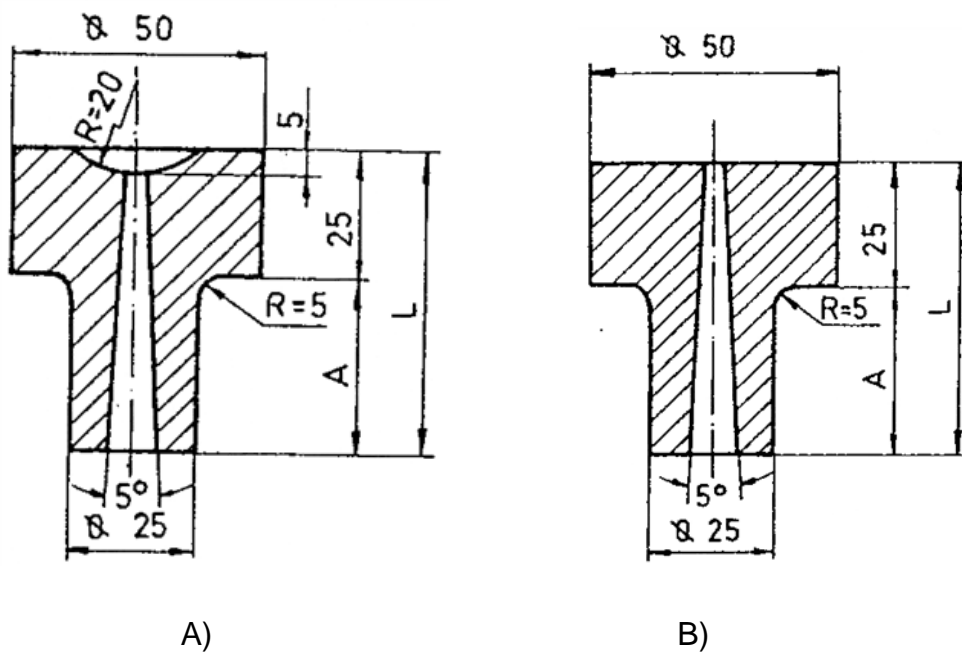


Figura 2.92 Bebederos Normalizados A y B⁸⁵

⁸⁵O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 137

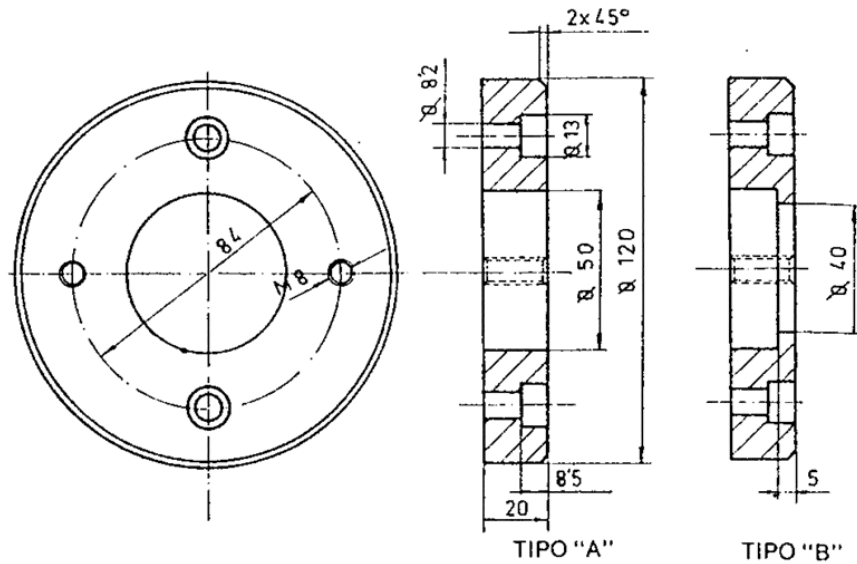
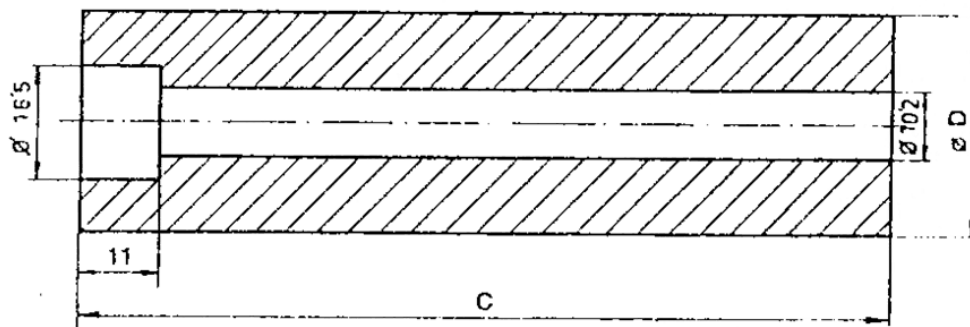
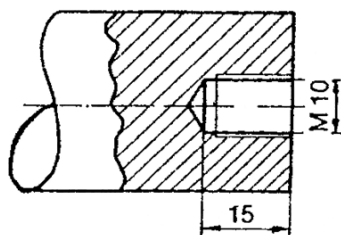


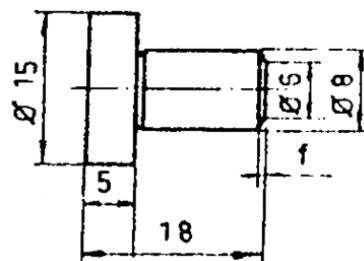
Figura 2.93 Anillos de centraje normalizados⁸⁶



(A)



(B)



(C)

Figura 2.94 (A) Columna soporte tipo "A", (B) Columna soporte tipo "B",
(C) Topes⁸⁷

⁸⁶O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 138

⁸⁷O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 139

Tabla 2.16: valores normalizados para columnas - soporte

\varnothing D	C
-----	-----
	60
	75
30	90
40	100
50	115
	135
	150

Fuente: O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes inyección. 1ra ed. Patronato Juan de la Cierva, 1978, pág. 140.

2.5. MATERIALES USADOS PARA MOLDES DE INYECCION DE PLASTICO

2.5.1. INTRODUCCION

Los fabricantes de matrices deben poseer un conocimiento básico de los materiales que se utilizan para la fabricación de los mismos, a la vez deben preocuparse de estar al día de los nuevos métodos y materiales que aparecen en el mercado.

El material que generalmente se utiliza en la construcción de matrices es el acero.

El costo de un acero utilizado en un matriz es el factor menos importante, pero las horas de trabajo empleadas en la fabricación de las diferentes partes de la matriz representan una inversión muy importante, la misma que puede perderse si el diseño es malo o los materiales no son adecuados, por lo que es importante la correcta elección de los materiales empleados en la fabricación de un molde.

2.5.2. ACEROS UTILIZADOS EN LA FABRICACION DE MOLDES

Para la elaboración de materiales plásticos, por el proceso de inyección, son indispensables moldes de gran calidad y, en parte, la parte técnica y económica de los transformados de plástico dependen de la disponibilidad y

utilización apropiada de los aceros para la construcción de útiles correspondientes.

Desde hace tiempo los fabricantes de aceros se han ocupado a fondo de las características y tecnología de los materiales plásticos, a fin de poder tomar las disposiciones pertinentes para que la fabricación de los aceros responda a las exigencias específicas planteadas por la industria de los materiales plásticos.

Los moldes se fabrican actualmente en acero, metales no férricos y materiales de colada no metálicos, obtenidos galvánicamente. En un futuro, es posible que llegue a construirse en materiales cerámicos.

El empleo de uno y otro material viene determinado fundamentalmente por consideraciones de rentabilidad, en función de las exigencias de la pieza, costo de fabricación del molde y número de piezas que se han de fabricar.

2.5.2.1. ACEROS

En base a la experiencia, y de lo que se deduce de la literatura técnica, resulta que para la fabricación de moldes para inyección se utilizan hasta unos cuarenta tipos de aceros, que en líneas generales pueden ser clasificados dentro de alguno de estos grupos:

- Aceros de cementación.
- Aceros nitrurados.
- Aceros de tratamiento térmico.
- Aceros resistentes a la corrosión.
- Aceros de mínima variación dimensional.

2.5.2.2. CARACTERÍSTICAS QUE EXIGEN AL ACERO

Los aceros que se han de utilizar en la fabricación de moldes han de poseer ciertas características esenciales. Estas son:

- Pureza
- Solidez
- Estructura uniforme
- Buena capacidad de mecanizado

- Facilidad de embutición en frío
- Seguridad en el tratamiento térmico
- Capacidad de templado
- Posibilidades de pulido
- Resistencia al desgaste
- Dureza de núcleo
- Resistencia a la corrosión

2.5.2.2.1. Mecanizado

Los moldes para materias plásticas se pueden mecanizar bien por arranque de viruta, por lavado en frío o por electroerosión.

Para la mecanización de los útiles por arranque de viruta, se utiliza el material en estado de recocido blando, entre resistencias de 600 y 800 N/mm² (61-81 Kg/mm²).

El tratamiento térmico posterior, que se vislumbra necesario para poder obtener una dureza elevada en la superficie y una resistencia suficiente en el núcleo, es siempre muy costoso y lleva consigo numerosos problemas; por otra parte, no es raro que las piezas deban ser rectificadas debido a variaciones dimensionales inaceptables.

Es pues comprensible que se utilicen cada vez más aceros tratados, que presentan una resistencia del orden de 1000 N/mm².

Al objeto de poder asegurar una facilidad de mecanizado suficientemente buena por arranque de viruta tales aceros se elaboran generalmente con un contenido de azufre más elevado que lo normal, lo que a veces va en contra de la obtención de un buen pulido. Por otra parte se pueden presentar ciertas dificultades si tales aceros son posteriormente sometidos a un tratamiento de cromado duro, o a una mecanización por electroerosión.

2.5.2.2.2. Embutición en frío

A menudo, los útiles para el moldeo de las materias plásticas son obtenidos por el sistema de embutición en frío. Este procedimiento es singularmente interesante cuando se trata de conseguir varias piezas en serie.

El costo de la fabricación, a su vez, puede ser reducido sensiblemente. Los aceros que se utilizan para este procedimiento se prestan igualmente en estado recocido, con una dureza de recocido inferior, en lo posible a 600 N/mm².

Gracias a esta ligera dureza se pueden conseguir embuticiones en frío, profundas, sin tener que efectuar un recocido intermedio. Durezas más elevadas solo permiten embuticiones menos profundas, o necesitan de un recocido intermedio, totalmente necesario.

En la operación de embutición en frío se presiona el “punzón de forma” sobre el tocho preparado para tal efecto, que se presenta en estado recocido, aumentando la presión de forma continua a mínima velocidad (del orden de 0.001 hasta 0.5 mm por segundo). El “punzón de forma” deberá tener una dureza elevada, una tenacidad suficiente y excelente acabado superficial. En principio hay dos variantes, que pueden verse en la figura 104, bien dejando el tocho libre bajo el punzón, o bien guarneciéndolo por un zuncho antes de efectuar la embutición en frío.

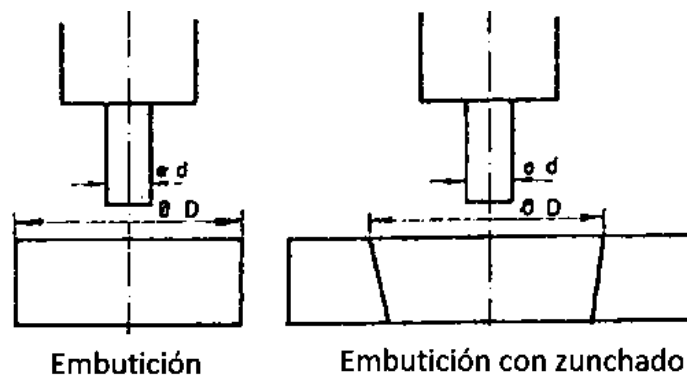


Figura 2.95 Embutición⁸⁸

En la figura 2.96 podemos ver la posible profundidad de embutición en frío, en función de la resistencia del acero y de la presión específica de embutición que se ejerza.

⁸⁸O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 162

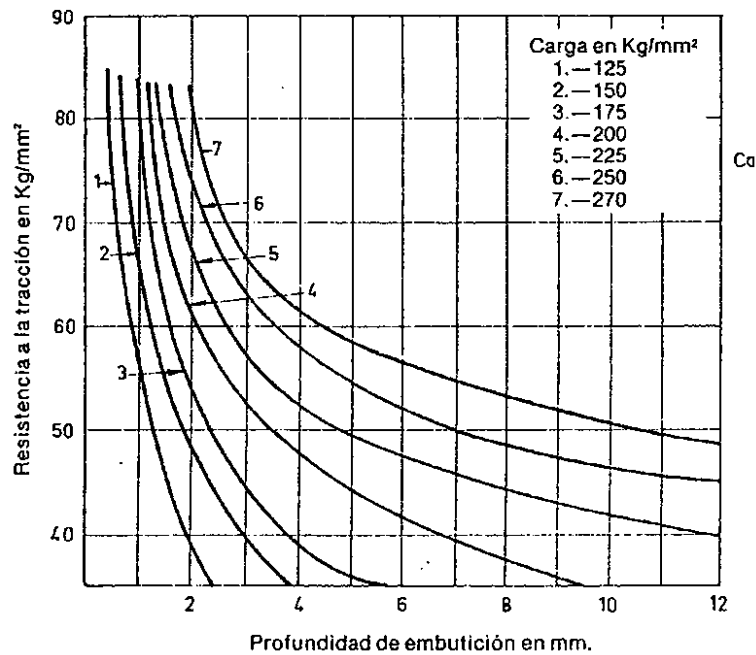


Figura 2.96 Profundidad de embutición en frío según resistencia a la tracción y carga⁸⁹.

2.5.2.2.3. Mecanizado por electroerosión

En contraposición a la embutición en frío, el procedimiento de electroerosión adquiere una importancia cada vez mayor en la fabricación de moldes. La gran ventaja, o el hecho más significativo de este procedimiento reside en que se puede aplicar después de las operaciones de templado y revenido del acero, lo que permite evitar los peligros y riesgos que lleva consigo dicho tratamiento.

A menudo se utiliza este procedimiento combinado con la mecanización por arranque de viruta, en razón a los precios de coste. En primer lugar se procede al desbastado y arranque de viruta en el acero en estado recocido; luego se realiza el templado y revenido y finalmente se mecaniza el útil por electroerosión.

La condición previa para una buena fabricación de los útiles por electroerosión, reside en una manipulación muy cuidada de la instalación o máquina de electroerosión.

⁸⁹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 163

La puesta en marcha defectuosa o inapropiada de la maquina produce un efecto de temple superficial, dando origen a una martensita amorfa que presenta una gran fragilidad, apareciendo fisuras o grietas en el material.

Así pues es aconsejable se tenga sumo y particular cuidado en la puesta a punto de la maquina a fin de evitar tales efectos en el mecanizado por electroerosión. Una vez terminado el trabajo de electroerosión hay que someter las piezas a un revenido distensional, a temperaturas que se deberán situar, en lo posible, cerca del último revenido dado para la obtención de la dureza deseada.

2.5.2.2.4. Tratamiento térmico

Al objeto de dar a los útiles las propiedades precisas para su utilización, aquellos que han sido fabricados partiendo de acero recocido, bien por arranque de viruta o por embutición en frio, deben ser sometidos a un tratamiento térmico. Todo tratamiento térmico origina una modificación de forma: de una parte, a una deformación a consecuencia de tensiones terminas y de otra, una modificación volumétrica, debido a las transformaciones estructurales.

Al objeto de reducir al mínimo las tensiones térmicas, se utilizaran con preferencia aceros que pueden templarse al aire, o al aceite, aplicando, a estos últimos un temple por etapas, en baño caliente.

No obstante la mínima variación dimensional solo se podrá conseguir con el empleo de los aceros denominados “de mínima variación dimensional” o “indeformables”.

Los mayores aumentos volumétricos se manifiestan en los aceros templados al agua, donde llegan a valores de 0,85 a 1 por 100. Siguen los aceros medianamente aleados, para temple al aceite, con un aumento volumétrico del orden de 0,30 a 0,50 por 100, y finalmente valores del orden del 0,10 a 0,30 por 100 para los aceros fuertemente aleados y de mínima variación dimensional, y sobre todo para los aceros ledeburíticos de alto contenido de cromo y otros diversos elementos de aleación, con contenido en carbono algo inferior. En la

figura 2.97 vemos las modificaciones volumétricas después del templado de diversos aceros.

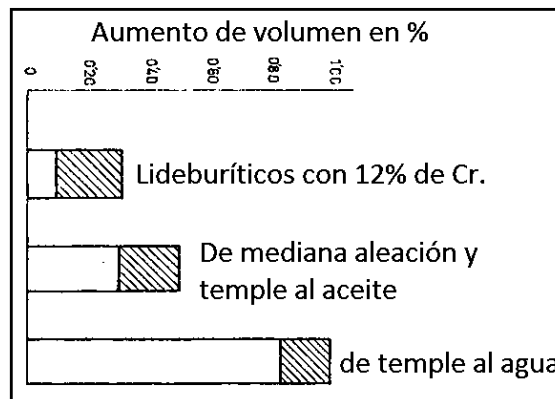


Figura 2.97 Modificaciones volumétricas de varios aceros después del templado⁹⁰

En la relación existente entre el aumento volumétrico y la profundidad de temple conseguida hay que señalar el hecho de que cuando mayor sea el espesor de la pieza tratada, menor es la posibilidad de penetración profunda del temple y únicamente es esta la zona que se halla afectada por un aumento de volumen.

El aumento de volumen de la pieza entera es, por lo tanto, menor al que aparece en la figura 106. Esto se explica por el hecho de que la austenita presenta el volumen específico menor, y la martensita el volumen mayor, por lo que después del templado hay un aumento consecutivo de volumen a la formación de martensita, cuyo grosor de grano está determinado por diversos factores.

En la figura número 2.98 se presenta la influencia de la templabilidad en profundidad, sobre el aumento de volumen, después de templado de planos de diferentes espesores.

⁹⁰O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 165

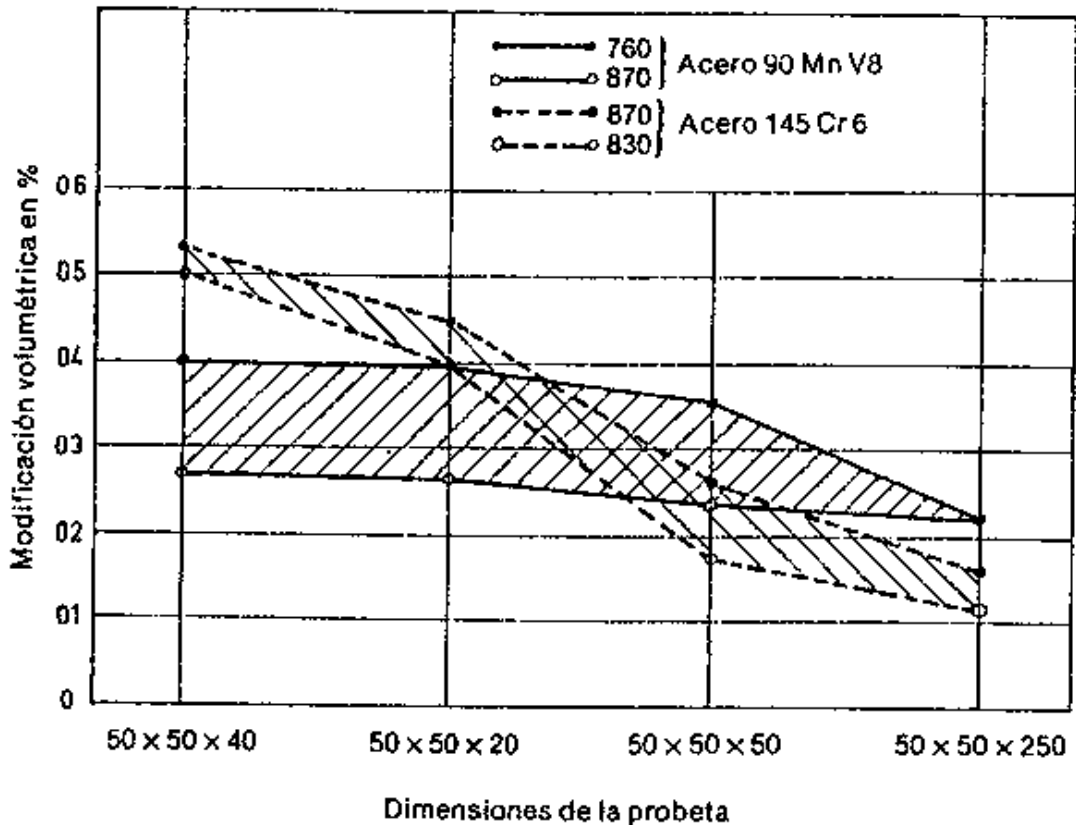


Figura 2.98 influencia de la templabilidad en profundidad vs aumento de volumen después del templado⁹¹.

Un acero de templabilidad elevada, como por ejemplo el 90 MnV⁸ no modifica su volumen hasta cierta dimensión límite, es decir, hasta la dimensión en la que no se puede asegurar un temple hasta el núcleo.

En el acero que presente una templabilidad tal como por ejemplo el tipo 145 Cr6, el aumento de volumen disminuye según va aumentando el espesor, y ello partiendo de un espesor de 10 milímetros. Tras la operación de templado, se aplica, generalmente un revenido. La temperatura de revenido se situara, para los útiles destinados al trabajo de los materiales plásticos, superior en algunos grados a la temperatura que alcanzan estos utillajes en el curso de su utilización.

⁹¹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 166

Tal como lo hemos visto, junto con la modificación estructural, se producen al propio tiempo modificaciones de volumen y de las dimensiones iniciales. Las modificaciones dimensionales que se producen tras el tratamiento de templeado propiamente dicho, sufren a su vez una nueva modificación bajo el efecto de la operación de revenido. La figura 108 nos muestra de que firma se manifiestan estas modificaciones dimensionales, tanto en los aceros de temple al aceite como en los de media aleación.

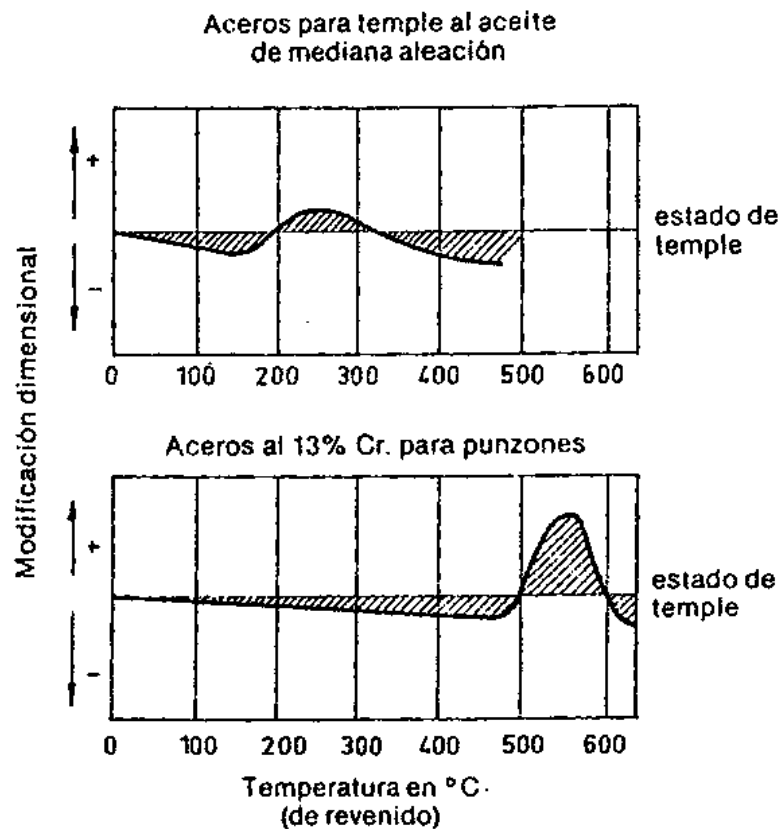


Figura 2.99 Modificaciones dimensionales en aceros de temple al aceite y en los de media aleación⁹²

Después del revenido a temperaturas inferiores a 200 °C, se produce una pequeña reducción de volumen, como consecuencia de la modificación de la estructura de la martensita, por lo que todas las cotas disminuyen en relación a las determinadas después de la operación de templeado.

⁹²O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 166

Con un revenido entre 200 y 300 °C, la alteración de la austenita produce aumentos de volumen, y por ello, las modificaciones dimensionales, que han sido provocadas por la distensión de la martensita, pueden ser compensadas.

Revenidos a temperaturas más elevadas, produce fuertes disminuciones de volumen como consecuencia de la alteración de la martensita.

En cuanto a los aceros de cementación, es mucho más difícil el poder prever con antelación las modificaciones dimensionales que se producirán tras el tratamiento térmico, ya que existe un mayor número de factores que influyen en estas modificaciones.

En la figura 2.100 nos muestra algunos ejemplos de modos de proceder para el tratamiento térmico de piezas cementadas.

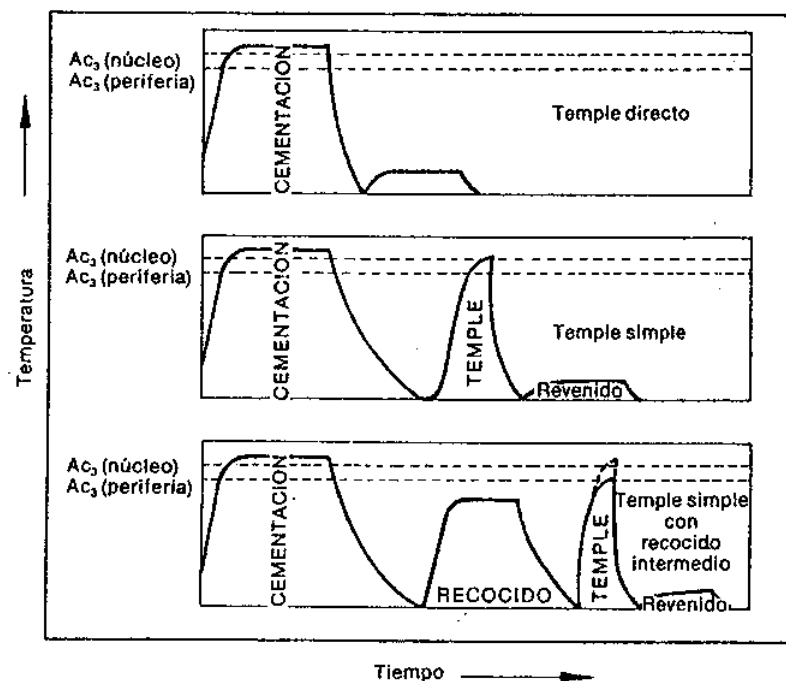


Figura 2.100 Tratamiento para piezas cementadas⁹³

En general, los mejores resultados se obtienen por un temple directo, evitando un doble templado, a la vista de los peligros de deformaciones.

⁹³O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 167

Cuando se trata de utillajes que presentan secciones o conformaciones singularmente críticas, está probado que un tratamiento térmico preciso, como un templado y un revenido prolongado de la pieza desbastada, permite reducir la modificación dimensional, dándole una regularidad.

Naturalmente esta operación ocasiona gastos suplementarios. De manera general, hay que insistir sobre la gran importancia que tiene la operación de precalentamiento para el tratamiento térmico de todos los aceros.

El flujo térmico a traves de un cuerpo, y en nuestro caso, a través del utillaje, se modifica con el tiempo, en función de la modificación progresiva del campo térmico en la pieza. El flujo térmico en el útil está influenciado de una manera determinante por la conductibilidad térmica de la aleación: por ejemplo: dada una diferencia de temperatura concreta entre el horno y el útil, o respectivamente, entre las caras del útil y su núcleo, el flujo térmico será proporcional a la conductibilidad térmica.

La figura 2.101, nos indica valores orientativos en relación a la modificación de la conductividad térmica de ciertos aceros para útiles, en función de la temperatura.

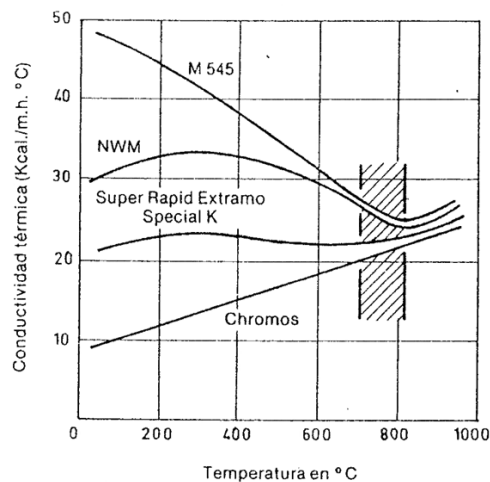


Figura 2.101 Modificación de conductividad térmica de ciertos aceros vs temperatura⁹⁴

⁹⁴O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 168

2.5.2.2.5. Pulido

La pieza terminada en material plástico debe presentar una superficie brillante y prácticamente exenta de defectos. Ello condiciona a que la cavidad del molde este perfectamente pulida

Las condiciones metalúrgicas para una buena posibilidad de pulido, residen en el alto grado de pureza y regularidad de la estructura. Es por esa razón por la que los aceros destinados a la fabricación de moldes para materiales plásticos son elaborados y colocados con prescripciones particulares y sometidos a exámenes y controles muy severos. Entre estos controles podemos citar el grado de pureza, la aptitud que presenta la colada para un buen pulido, el examen de homogeneidad sobre probetas sometidas a un ataque de ácido en caliente, dureza y ultrasonidos.

Si bien hay que tener en cuenta el factor económico, los aceros destinados a la fabricación de moldes para materias plásticas deben elaborarse por el procedimiento de colada en vacío y desgasificados. En la figura 2.102 se muestra el esquema de una instalación de desgasificación en vacío, pudiendo ser efectuada la desoxidación en crisol después de haber efectuado el vacío.



Figura 2.102 Sistema de desgasificación en vacío⁹⁵.

⁹⁵O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 169

Cuando existen exigencias particularmente elevadas en cuanto a la calidad de la superficie de los moldes, tal como sucede por ejemplo para el moldeo de materias plásticas transparentes, se utilizan materiales elaborados por el procedimiento de re fusión bajo escoria electro conductora.

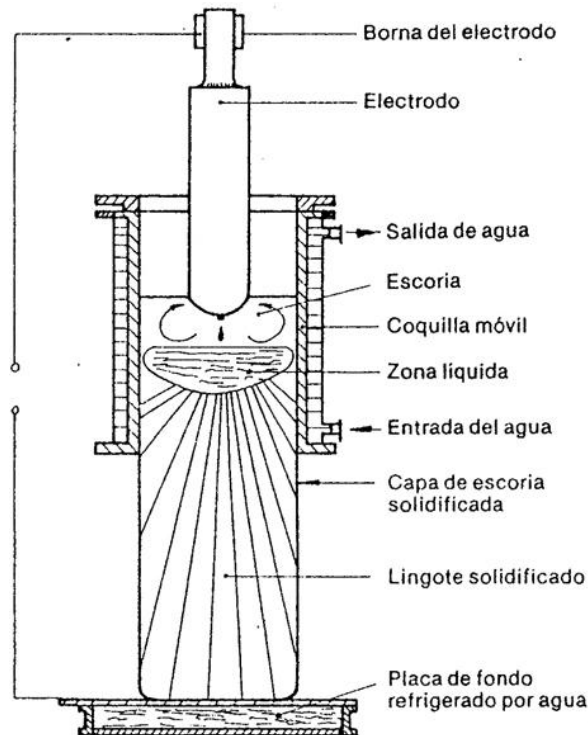


Figura 2.103 Sistema de re fusión bajo escoria electro-conductora⁹⁶

En este caso se procede con un electrodo auto consumible, de manera similar al que se utiliza en la refusión al vacío en horno de acto.

Estos electrodos auto-consumibles se sumergen en un baño de escoria líquida. El calor preciso para la fusión se crea con el paso de corriente eléctrica a través de la escoria, formando una resistencia.

Cuando la temperatura de la escoria líquida sobrepasa a la correspondiente de fusión del acero, el electrodo comienza a fundirse en el acero que se separa, cae gota a gota a través de la escoria, reaccionando, para irse a solidificar rápidamente en una lingotera refrigerada por agua.

⁹⁶O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 170

Se selecciona la composición de la escoria, obteniéndose una disminución notable de su contenido en azufre y oxígeno, así como una reducción de inclusiones no metálicas. El enfriamiento rápido de la lingotera refrigerada por agua tiene como consecuencia una mejora sensible de la homogeneidad, así como del frado de segregación. Además, por el sistema de refusion bajo escoria electroconductora, las características de tenacidad del acero se sitúan a niveles más elevados.

Los aceros, elaborados bajo escoria electroconductora, debido a su sistema de fabricación, fusión, transformación en caliente y tratamiento térmico está prácticamente exentos de segregaciones cristalinas, presentando una estructura muy homogénea, y una gran regularidad, y como consecuencia, unas posibilidades excelentes para el pulido.

La figura 2.104 compara la frecuencia de micro inclusiones de tipo B, tales como se encuentra en un acero de fabricación convencional al horno eléctrico, de un acero elaborado por desgasificación al vacío y de un acero elaborado por fusión bajo escoria electroconductora.

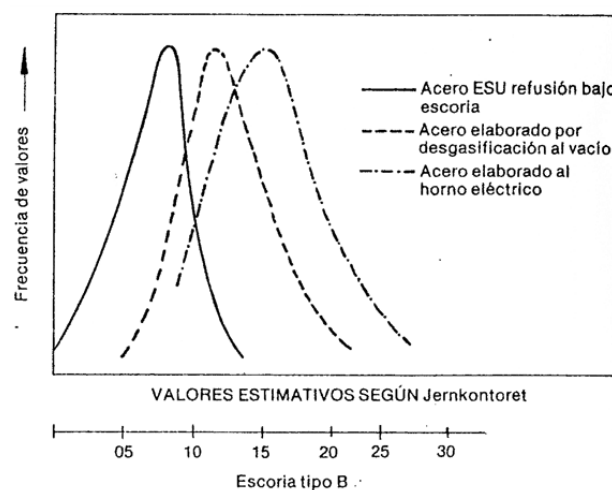


Figura 2.104 Frecuencia de valores de intrusiones tipo B según tipo de acero⁹⁷.

⁹⁷O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 171

2.5.2.2.6. Resistencia al desgaste

La duración y la precisión de las diferentes cotas, así como la calidad superficial de las piezas moldeadas, depende, en gran parte de la resistencia al desgaste y del estado de la superficie de los útiles empleados.

El moldeo de materiales termoplásticos y sobre todo los materiales termoplásticos reforzados con fibra de vidrio, exigen la utilización de útiles que presenten una gran resistencia al desgaste. Por otra parte, una superficie dura de los últimos ofrece una protección contra cualquier deterioro que pueda originarse en el desmoldeo, por medios mecánicos, por residuos de materiales moldeados o más aun, por las diversas manipulaciones de los utillajes.

En el caso de que la dureza superficial, conseguida tras el tratamiento térmico, o la que pueda presentar el útil en estado de suministro del material, se considere insuficiente, puede ser mejorada por procedimientos de galvanoplastia (cromado duro o niquelado, o bien procedimientos de difusión, como la nitruración gaseosa o en baños, así como la nitruración, deposición bórica, etcétera).

Por el cromado duro se obtiene una capa superficial dura, que presenta medidas de 800 a 1100 HV en una profundidad de 0,02 a 0,05 mm. Siempre es difícil el obtener una capa regular en el cromado duro, por el hecho de que la intensidad de corriente y en consecuencia la deposición del cromo, es en general más elevada en los ángulos y cantos vivos. Los aceros con adición de azufre debieran, en lo posible, ser cromados.

Actualmente, se ha recurrido al niquelado químico, es decir, sin intervención de electricidad.

Este procedimiento de niquelado sin electrolisis (como por ejemplo, el procedimiento NIBODUR), se muestra especialmente ventajoso cuando se trata de recubrir, con una capa de níquel de espesor regular, piezas que presentan una geometría complicada, con cavidades y agujeros. Estas deposiciones de níquel, sin efecto de corriente eléctrica; están indicadas especialmente como protección contra el desgaste y la corrosión, por sus características mecánicas y químicas se

constituyen un complemento avanzado de los baños galvánicos de cromado duro.

Otro procedimiento empleado es la nitruración. La figura 114 muestra la formación de la capa nitrurada, por el procedimiento Tenifer, así como la microdureza medida en probeta, con tiempos de mantenimiento diferentes, en un acero ZCDV05-01.

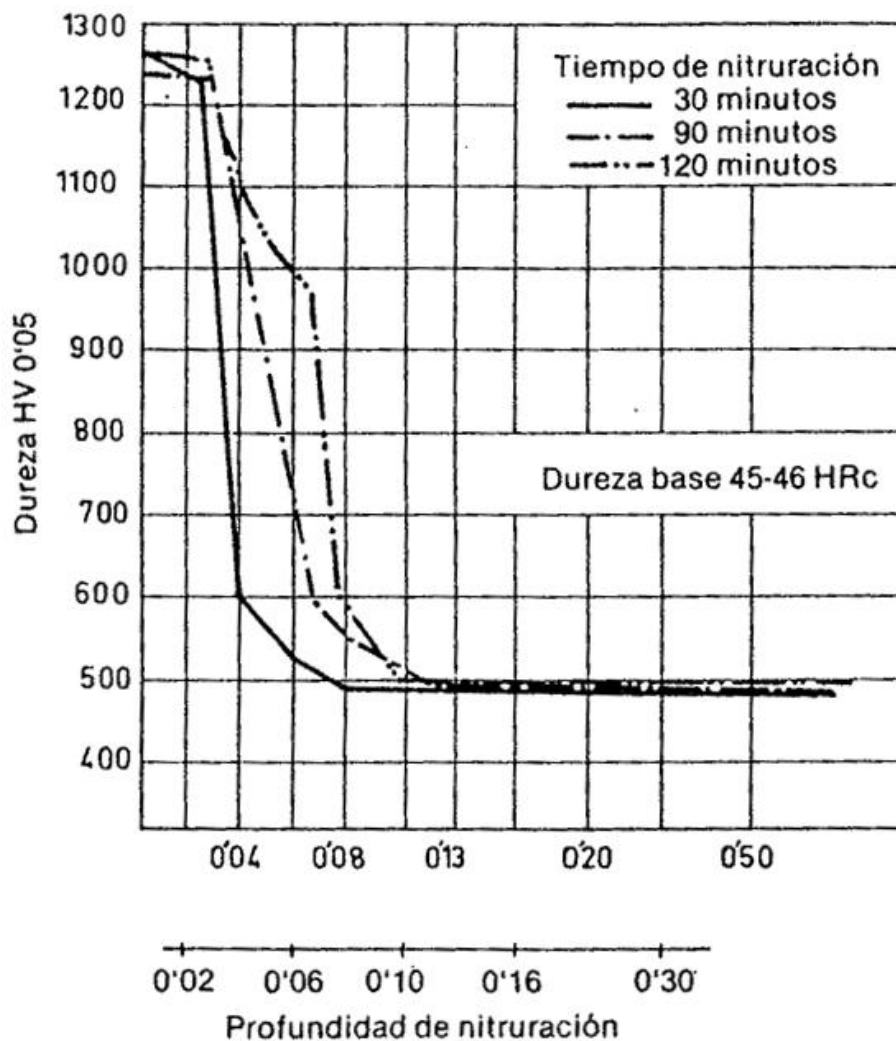


Figura 2.105 Dureza VS profundidad de nitruración de un acero ZCDV05-01⁹⁸

⁹⁸O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 172

2.5.2.2.7. Dureza del núcleo

Independientemente de una dureza elevada en la superficie, el acero utilizado debe presentar una resistencia suficiente en el núcleo. Esto, es necesario no solo cuando se trata de moldes para el moldeo por compresión de materiales termo-endurecibles, sino también, en moldes para inyección de termoplásticos, por razón de la elevada presión de cierre. Para la elección del acero debe tenerse en cuenta tanto la sección del útil, como la resistencia necesaria del núcleo.

2.5.2.2.8. Resistencia a la corrosión

Cuando existen dudas acerca de la posible corrosión de la superficie del acero por la materia plástica o por sus aditivos, los útiles deben ser protegidos por procedimientos tales como el cromado duro o el niquelado, o bien deben utilizarse aceros resistentes a la corrosión. Los útiles destinados al moldeo del PVC están especialmente expuestos a la corrosión debido al desprendimiento de ácido clorhídrico.

En este caso se aconseja la utilización de aceros resistentes a la corrosión, que presentan un contenido del 12 al 17 por 100 de cromo, así como molibdeno. En general un pulido brillante ofrece cierta protección contra el efecto corrosivo de la humedad del aire, protección que se acrecienta por una nitruración.

2.5.2.3. ELECCION DE ACEROS PARA LOS MOLDES DE MATERIALES PLASTICOS

Vamos a referirnos a algunos de los aceros más utilizados en la fabricación de los moldes para materiales plásticos.

El acero 15NiCr14 es un acero al Cromo – Níquel, de Cementación, que presenta una tenacidad elevada y una buena templabilidad en aceite. Se utiliza para la fabricación de moldes o partes de moldes complicados, de tamaño mediano o grande y que presentan un gravado profundo, sometidos a una fuerte presión. Este acero se mecaniza, fundamentalmente, por arranque de viruta y hay también posibilidades de mecanizarlo por embutición en frío.

Para la fabricación de moldes de cavidades múltiples se utilizan, a menudo, aceros de cementación, especialmente indicados para embutición en frío. El X6CrMo4 ha sido desarrollado a este objeto, y su composición ha sido estudiada a fin de obtener una dureza, en estado recocido, inferior a 390 N/mm² (40 Kg/mm²) y conseguir, por otra parte, las características que permitan un templado al aire. La buena templabilidad y la resistencia elevada al desgaste están aseguradas por los contenidos correspondientes en cromo y molibdeno.

La calidad 21CrMnMo5, acero al Manganeso – Cromo – Molibdeno, abarca el mismo campo de aplicación que el 15NiCr14.

El acero 33CrMo74 se debe considerar como representativo (desde el punto de vista económico) de los aceros para moldes, que son suministrados sin tratamiento térmico ulterior. Este acero se presta, aun en secciones muy gruesas (hasta aproximadamente 400mm) al tratamiento térmico, de manera que se puede asegurar la resistencia mecánica necesaria en moldes con figuras o gravados profundos. Por otra parte, este acero se presta a la nitruración, consiguiéndose en la superficie una dureza que puede llegar hasta unos 700Hv.

El X40CrMoV5 es un acero que da excelentes resultados en diversos campos de aplicación; de aleación múltiple, se presta a su utilización en estado tratado, consiguiendo una buena dureza de temple, poca variación dimensional y que acepta un excelente pulido, al mismo tiempo que presenta una gran tenacidad y elevada resistencia a la abrasión.

El tipo 90MnV8 se trata de un acero para útiles de templado al aceite y de mínima variación dimensional en el tratamiento térmico, y se utiliza, sobre todo, cuando se trata de moldes pequeños que tienen cavidades planas y que están sometidas a efectos de desgaste.

El acero X36CrMo17 responde en general a las exigencias solicitadas en cuanto a resistencia a la corrosión. Este acero se suministra normalmente en

estado recocido y se alcanzan, en estado templado, durezas del orden de 50 HRc.

Si es necesaria una resistencia elevada al desgaste, este acero puede ser sometido a un tratamiento de nitruración, pero hay que tener en cuenta que esto suele reducir la resistencia a la corrosión.

Es obvio que, en el transcurso de esta enumeración de aceros, solamente hemos visto algunos de los materiales que pueden considerarse típicos representantes de las diversas categorías. Tal como hemos dicho anteriormente, existen muchas calidades de aceros que se prestan para su utilización en este amplio campo que es la transformación de los materiales plásticos.

2.5.3. MATERIALES NO FERRICOS

Dentro de este grupo estudiamos las coladas de cobre y sus aleaciones, coladas de cinc y sus aleaciones, de aluminio y sus aleaciones, de estaño – bismuto y materiales cerámicos.

2.5.3.1. COLADAS DE COBRE, DE CINCO, DE ALUMINIO Y DE ESTAÑO-AL.

El empleo del cobre y sus aleaciones como materiales para la fabricación de moldes, o partes de los mismos, se basa en su elevada conductividad térmica y flexibilidad, que permite equilibrar las tensiones producidas por calentamientos no uniformes.

El cobre, por sí solo, no cumple con las exigencias de las características mecánicas requeridas para la fabricación de moldes. Sin embargo, ciertas aleaciones con cinc, estaño, cobalto o berilio, dan resultados satisfactorios.

Las aleaciones de cobre – berilio se elaboran perfectamente. Pueden fabricarse elementos de moldes negativos o positivos, por colada, sobre modelos de madera, escayola o plástico, con una dureza de hasta 420 Brinell.

Las aleaciones de Cobre-Cinc se emplean solamente en la fabricación de boquillas para moldes con canales calientes.

CINC

Se emplean solo para moldes experimentales, debido a sus reducidas características mecánicas.

ALUMINIO

Debido a sus características mecánicas, raramente se utiliza en la fabricación de moldes para inyección. Ahora bien, las aleaciones de cobre y níquel, cobre-magnesio y magnesio-silicio pueden emplearse para moldes experimentales y temperaturas no muy superiores a los 120°C.

ESTAÑO-BISMUTO

De bajo punto de fusión, permiten su fundición normal a presión por gravedad y al vacío. Se pueden aplicar con pistola para proyección metálica.

El punto de fusión oscila entre 138 y 170°C. Se solidifica sin contracciones permitiendo reproducciones muy fieles en cuanto a dimensiones.

De bajas características mecánicas, solo se emplean para moldes experimentales.

2.5.3.2. MATERIALES CERAMICOS.

Los primeros ensayos se han realizado con carbón sintético electrografitado, caracterizado por una excelente estabilidad frente a cambios de temperatura, muy buena resistencia química, superficie muy deslizante, poca densidad y buena conductividad térmica.

La obtención se realiza a partir del coque de petróleo, coque de brea de alquitrán de hulla, grafito, negro de humo y antrasita. Después de una serie de operaciones, el carbón sintético se transforma en electrografito a unos 280°C y se impregna a presión con metal blanco, bronce de plomo, plata o antimonio.

Los moldes a partir de este material se obtienen por mecanizado, empleando las mismas maquinas que para los metales.

2.6 PARAMETROS DE DISEÑO DE MOLDE

Con el fin de orientar el capítulo 3 del presente proyecto definiremos los parámetros de diseño en los que nos basaremos juntamente con la empresa auspiciante.

El diseño del molde constara de tres partes:

- MEMORIA
- PLANOS
- PRESUPUESTO

2.6.1 MEMORIA

2.6.1.1 ELECCIÓN DEL MATERIAL:

Basándonos en las características del polipropileno, se ha decidido utilizarlo como material para la fabricación de los adaptadores, motivo del presente proyecto.

Las características del material son:

- Densidad: 0,9 g/cm³ y 0,91 g/cm³
- Carga de rotura en tracción: de 32 a 42 MPa

Este material presenta un excelente brillo, tiene una buena fluidez, requiere menor tiempo de enfriamiento en el molde aumentando la producción y al tratarse de un producto destinado al transporte de agua este material es ideal en evitar daños al contacto con la misma.

2.6.1.2 MAQUINARIA:

En Productos Fortiflex disponen de una maquina con las siguientes características:

- Capacidad de inyección: 120 g.
- Capacidad de plastificación: 12 Kg/h
- Fuerza total de inyección: 20 Ton.

- Presión de Inyección: 1000 Kg/cm².
- Presión de cierre: 120 Tn.
- Carrera de apertura del molde: 420 mm
- Distancia entre columnas:
 - Horizontales: 380 mm
 - Verticales: 220 mm

2.6.1.3 CÁLCULOS DE VOLUMEN DE LA PIEZA

Para el cálculo dividiremos a la pieza en seis partes de la siguiente manera:

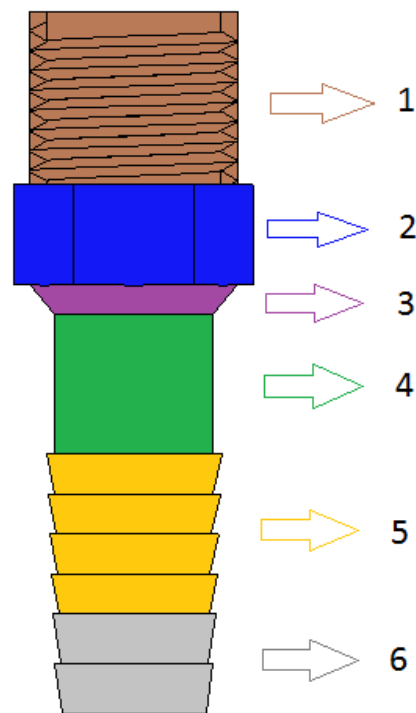
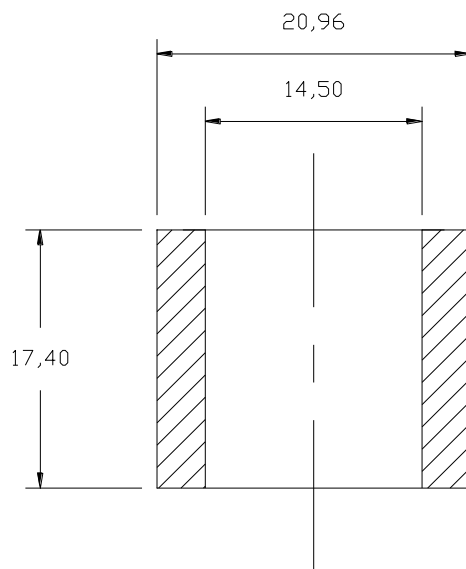


Figura 2.106 Seccionamiento para cálculo de volumen de pieza.

1) Zona 1

Se tomara en cuenta como un cilindro omitiendo las espirales de la rosca para facilitar el cálculo.



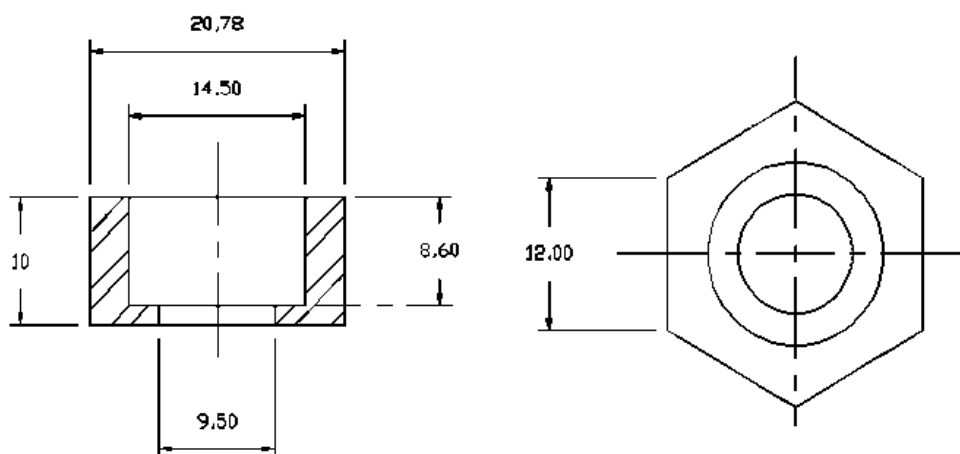
$$V1 = \pi * h * (R^2 - r^2) \quad \text{(Ec. 2.27)}$$

$$V1 = \pi * 17,40 * \left(\left(\frac{20,96}{2} \right)^2 - \left(\frac{14,50}{2} \right)^2 \right)$$

$$V1 = 3130,48 \text{ mm}^3$$

2) Zona 2

Calcularemos el volumen de un hexágono con un orificio circular



$$V2 = V_{\text{hexagono}} - V_{\text{cilindro 1}} - V_{\text{cilindro 2}} \quad \text{(Ec. 2.28)}$$

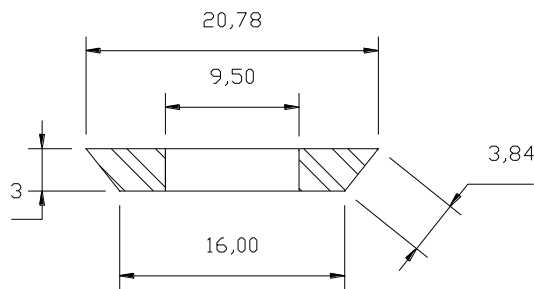
$$V2 = [A * h] - [\pi * R^2 * h] - [\pi * r^2 * h]$$

$$V2 = \left[\frac{6 * 12 * \left(\sqrt{12^2 - \left(\frac{12}{2} \right)^2} \right)}{2} * 10 \right] - \left[\pi * \left(\frac{14,5}{2} \right)^2 * 8,6 \right] - \left[\pi * \left(\frac{14,5}{2} \right)^2 * 1,4 \right]$$

$$V2 = 2089,93 \text{ mm}^3$$

3) Zona 3

Calculo del volumen de un cono truncado con un agujero circular.



$$V3 = V_{cono} - V_{cilindro}$$

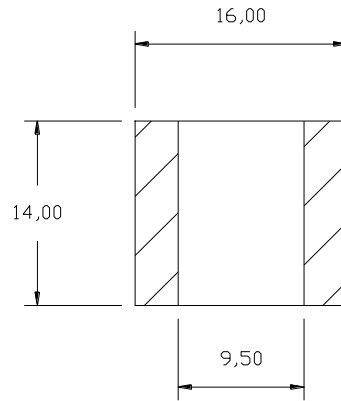
$$V3 = \left[\frac{1}{3} * \pi * h * (R^2 + r^2 + (R * r)) \right] - [\pi * r_c^2 * h] \quad \text{(Ec. 2.29)}$$

$$V3 = \left[\frac{1}{3} * \pi * 3 * \left(\left(\frac{20,78}{2} \right)^2 + \left(\frac{16}{2} \right)^2 + \left(\frac{20,78}{2} * \frac{16}{2} \right) \right) \right] - \left[\pi * \left(\frac{9,50}{2} \right)^2 * 3 \right]$$

$$V3 = 588,686 \text{ mm}^3$$

4) Zona 4

Calculo de volumen de un cilindro con un orificio circular



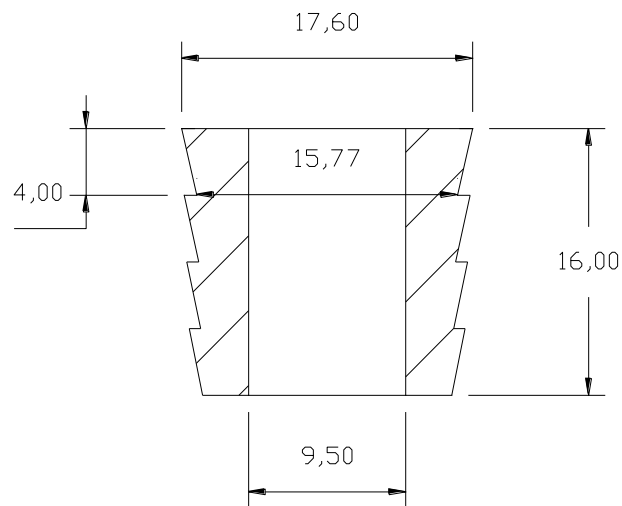
$$V4 = \pi * h * (R^2 - r^2)$$

$$V4 = \pi * 14 * \left(\left(\frac{16}{2} \right)^2 - \left(\frac{9,5}{2} \right)^2 \right)$$

$$V4 = 1822,52 \text{ mm}^3$$

5) Zona 5

Calculo de volumen de 4 conos truncados con un agujero circular



$$V5 = 4 * V_{cono} - V_{cilindro}$$

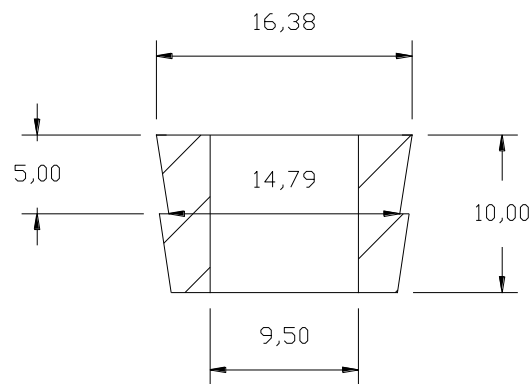
$$V5 = 4 * \left[\frac{1}{3} * \pi * h * (R^2 + r^2 + (R * r)) \right] - [\pi * r_c^2 * h]$$

$$V5 = 4 * \left[\frac{1}{3} * \pi * 4 * \left(\left(\frac{17,6}{2} \right)^2 + \left(\frac{15,77}{2} \right)^2 + \left(\frac{17,6}{2} * \frac{15,77}{2} \right) \right) \right] - \left[\pi * \left(\frac{9,50}{2} \right)^2 * 16 \right]$$

$$V5 = 2367,73 \text{ mm}^3$$

6) Zona 6

Calculo de dos conos truncados con un agujero circular



$$V6 = 4 * V_{cono} - V_{cilindro}$$

$$V6 = 2 * \left[\frac{1}{3} * \pi * h * (R^2 + r^2 + (R * r)) \right] - [\pi * r_c^2 * h] \quad \text{(Ec. 2.30)}$$

$$V6 = 2 * \left[\frac{1}{3} * \pi * 5 * \left(\left(\frac{16,38}{2} \right)^2 + \left(\frac{14,79}{2} \right)^2 + \left(\frac{16,38}{2} * \frac{14,79}{2} \right) \right) \right] - \left[\pi * \left(\frac{9,50}{2} \right)^2 * 10 \right]$$

$$V6 = 1200,5 \text{ mm}^3$$

Como resultado obtenemos un volumen total equivalente a:

$$Vt = V1 + V2 + V3 + V4 + V5 + V6 \quad \text{(Ec. 2.31)}$$

$$Vt = 11199,80 \text{ mm}^3$$

es decir: $Vt = 11,199 \text{ cm}^3$

Dado que en el presente proyecto se ha definido inicialmente que el objetivo es, producir cuatro adaptadores por cada inyección, lo que nos da un volumen total de:

$$V_{\text{por inyeccion}} = 44,79 \text{ cm}^3$$

La densidad del polietileno es de: $\rho = 0,91 \text{ g/cm}^3$, el peso de las 4 piezas será:

$$W = V * \rho \quad \text{(Ec. 2.32)}$$

$$W = 40,75 \text{ g}$$

2.6.2 CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO DE UN MOLDE

Fundamentalmente se debe tomar en cuenta tres puntos amplios, que son los siguientes:

2.6.2.1 FORMA O CONFIGURACIÓN DE LAS PIEZAS INYECTADAS

No se puede definir reglas generales para una constitución adecuada de las piezas. Tales disposiciones no pueden dirigirse a todas las exigencias que se presentan en la práctica. Sin embargo los puntos que se mencionaran a continuación, dan una idea general que puede ser acoplada en cada caso particular de diseño de un molde.

2.6.2.1.1 Diseño

Para el diseño se realizara un estudio del diseño de la pieza para determinar si se puede ser o no moldeada, es decir, se examinara si su configuración permite que, una vez moldeada pueda ser extraída del molde, y que sus dimensiones sean las adecuadas para que el material pueda penetrar en todos los puntos de la cavidad.

El diseño será de la forma más simplificada posible, sin afectar a las características exigidas en la pieza, y no solo por razones económicas, sino también para facilitar si manejo y simplificar el ciclo de moldeo.

2.6.2.1.2 Secciones de pared

Para determinar los espesores se partirá del tamaño de las piezas a fabricar y se considerará la longitud del camino de flujo. Se emplearán espesores mínimos de pared, que dependerán del recorrido del material dentro del molde y, sobre todo, de la distancia entre la entrada y el punto más alejado de la cavidad.

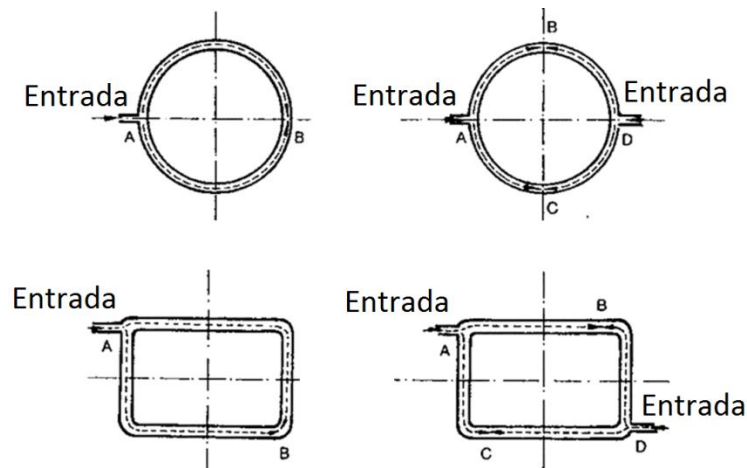


Figura 2.107 Variación de espesor variando el número de entradas⁹⁹.

En la figura 2.107, podemos observar la posibilidad de modificar el espesor de un objeto (para un mismo diseño) utilizando una o varias entradas, lo que da lugar a recorridos diferentes. Si la entrada tiene disposición lateral, la distancia recorrida será igual a la mitad de su perímetro A-B. Si sobre las mismas piezas se disponen dos entradas iguales y opuestas, el recorrido del material será un cuarto de circunferencia o perímetro A-B, A-C, D-B y D-C.

Para la mayoría de los termoplásticos corrientes, el espesor mínimo suele estar comprendido entre 0,5 y 0,9mm. Por 100mm. De camino de flujo, suponiendo naturalmente, una sección de entrada correcta. En el caso de inserciones hay que aumentar convenientemente el espesor mínimo. Es conveniente que la relación entre el recorrido de la masa que fluye y el espesor de la pieza no sea superior a 80. Si no se alcanza este valor, modificaremos el tipo de entrada.

⁹⁹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 8

Otro punto a considerar, respecto al espesor, es la uniformidad del mismo, procurando evitar los cambios bruscos de sección en las paredes, siempre que sea posible, mediante modificación adecuada del diseño. Estas diferencias de espesor y las acumulaciones parciales de material (puntos calientes) producen diverso enfriamiento del mismo, dando lugar a zonas de tensiones y rechupes, con la consiguiente deformación, alabeo, distorsión e incluso rotura de la pieza

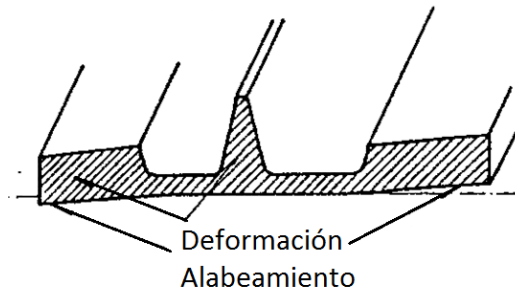


Figura 2.108 deformación y alabeamiento de una pieza¹⁰⁰

Tanto el diseño como la sección de pared contribuyen a marcas de flujo, que deben controlarse para conseguir los mejores resultados en las piezas inyectadas.

Los espesores de paredes adyacentes y los refuerzos deben tener un valor igual al 60% del espesor del cuerpo principal, con el fin de evitar que se produzcan depresiones superficiales como se muestra en la figura 118.

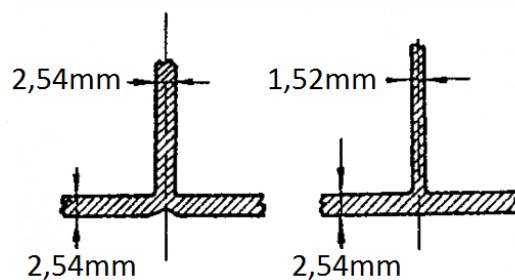


Figura 2.109 Depresión superficial de pared adyacente o refuerzo¹⁰¹.

¹⁰⁰O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 9

¹⁰¹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 9

2.6.2.1.3 Radios

Para conseguir una buena fluidez del material dentro del molde se necesitan amplios radios en las esquinas, evitando, siempre que sea posible, los cantos vivos y los laterales rectos.

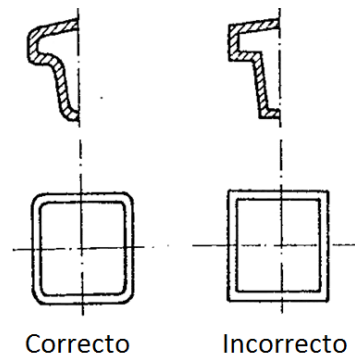


Figura 2.110 Ejemplos de radios correctos e incorrectos¹⁰².

2.6.2.1.4 Bordes de sección transversal

Los objetos fabricados con materiales plásticos por el proceso de inyección no deben tener bordes finos o cortantes ya que durante su manejo pueden sufrir roturas.

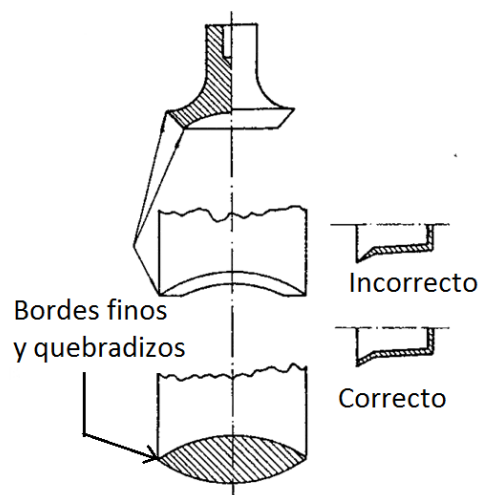


Figura 2.111 Ejemplos de bordes finos quebradizos¹⁰³.

¹⁰²O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 9

¹⁰³O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 10

De igual forma las secciones nunca deben ser tan delgadas que disminuyan la facilidad de flujo del material, impidiendo la soldadura de sus bordes más delgados.

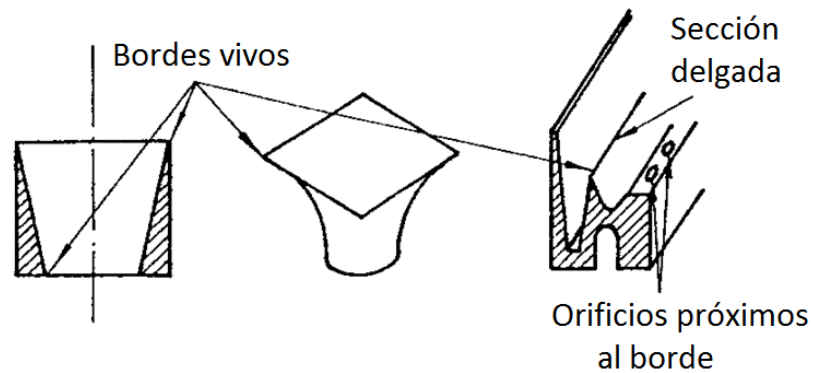


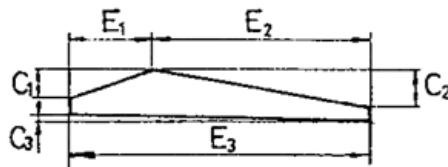
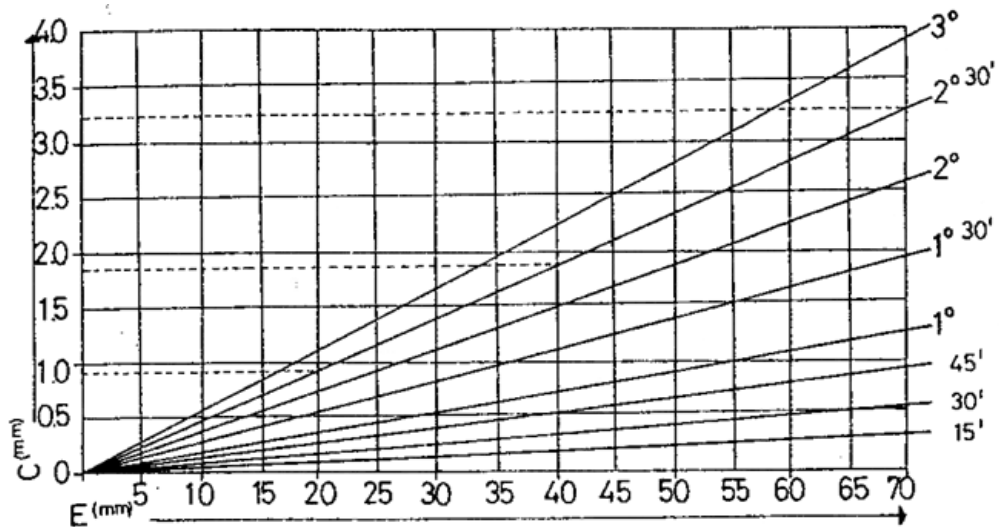
Figura 2.112 Ejemplos de secciones delgadas¹⁰⁴.

Como radio de redondeo de superficies se tomará de una a dos veces el espesor de pared, para redondeo de cantos se tomara la mitad.

2.6.2.1.5 Conicidad

En el diseño de piezas inyectadas hay que pensar en que todas las superficies situadas en la dirección de movimientos de apertura y cierre del molde han de realizarse con una determinada inclinación para facilitar el desmoldeo. En el proyecto, esta conicidad se situara en el lado de la pieza más conveniente para que al ser extraída quede adherida a una u otra parte del molde, según convenga. El valor adecuado oscila entre $\frac{3}{4}$ y 1° . Es decir, del 1,2 al 1,7 por 100 de la altura de la pieza. En la siguiente figura se representa un diagrama para determinar la conicidad de partes del molde en función de la profundidad y del ángulo de inclinación.

¹⁰⁴O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 10



C = Conicidad (mm)
E = Profundidad de desmoldeo (mm)

Supongamos un ángulo de inclinación de 2° 30'

Si:	La conicidad para:
E ₁ = 20	C ₁ = 0'9
E ₂ = 40	C ₂ = 1'9
E ₃ = 70	C ₃ = 3'2

Figura 2.113 Diagrama de conicidad de partes Vs Profundidad y Angulo de inclinación¹⁰⁵.

Al fijar la conicidad de desmoldeo hay que tener en cuenta la contracción, según el tipo de material. La contracción es mayor cuanto mayores sean las dimensiones de la pieza, y debe ser compensado con mayor conicidad. Quiere decir esto que si, por ejemplo, para una pieza de 60mm. De diámetro necesitamos una conicidad del 1%, para dimensiones superiores (120mm) podríamos necesitar una conicidad de 2 o 3 veces mayor.

Al momento de presentar el plano del proyecto, se deben indicar las medidas de las aberturas que han de tener conicidad y, además, un tamaño exacto, tal como lo muestra el siguiente ejemplo.

¹⁰⁵O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 11

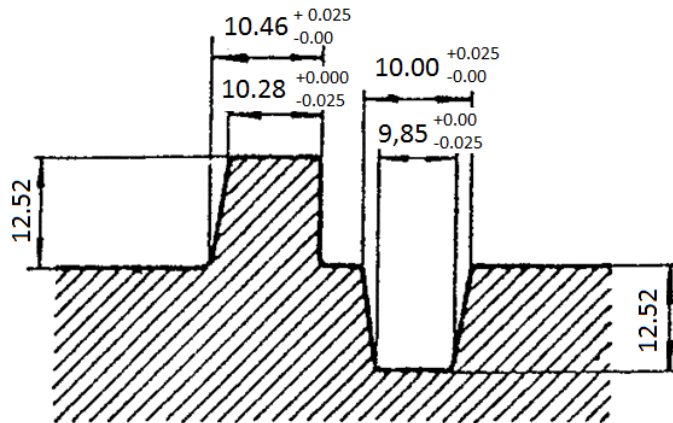


Figura 2.114 Ejemplo de dibujo indicando conicidades¹⁰⁶.

2.6.2.1.6 Orificios

Con la finalidad de conseguir la máxima resistencia alrededor de los orificios, cualquiera que sea su forma, el material debe fluir en una sola dirección, para evitar las líneas de soldadura débiles. Con este fin se colocara la entrada en el lugar más adecuado. Otro problema que hay que prever es la aparición de líneas de flujo alrededor de los orificios.

Con el fin de evitar roturas, los orificios deben rodearse del material y grosor suficiente. Si esto no fuera posible, es preferible “puntear” el orificio (para evitar el uso de plantillas) y taladrarlo posteriormente.

Para taladros ciegos, la práctica indica que su profundidad no debe ser superior a 5 o 6 veces su diámetro.

Para orificios pasantes, la profundidad oscila entre 8 y 12 veces su diámetro según el tipo de material.

Las espigas para los orificios pasantes pueden hacer tope en el centro o soportarse en cada extremo penetrando en el macho del molde.

Si el orificio es de pequeño diámetro y de gran profundidad, se moldeara parte de su recorrido y se taladrara el resto posteriormente.

¹⁰⁶O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 11

Tabla 2.17: Profundidades máximas de moldeo en función de diámetros, para orificios ciegos y pasantes

Diámetro mínimo (in)	Profundidad máxima Orificio ciego (in)	Profundidad máxima Orificio pasante (in)
1/16	1/16	1/8
5/64	3/32	3/16
3/32	1/8	1/4
7/64	5/32	5/16
1/8	3/16	3/8
5/32	1/4	1/2
3/16	5/16	5/8
7/32	3/8	3/4
1/4	7/16	7/8
5/16	9/16	1 1/8
3/8	11/16	1 3/8
7/16	13/16	1 5/8
1/2	15/16	1 7/8

Fuente: O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes inyección. 1ra ed. Patronato Juan de la Cierva, 1978, pág. 25.

Cuando hay que realizar un taladro posterior al moldeo, la sección de la parte moldeada debe ser cónica para evitar las esquirlas y reducir al mínimo el peligro de sacar virutas

Los orificios moldeados con roscas, o que han de aterrarse posteriormente, deben moldearse con abocardadura para evitar astillamientos o rebabas

En general, el paso de rosca debe ser grueso, con el fin de que no quede defectuoso durante el moldeo y sea resistente.

2.6.2.1.7 Inserciones metálicas

El empleo de inserciones metálicas u otros materiales tales como vidrio, fibra vulcanizada, cerámica cementada con fibra de vidrio, etc., está ampliamente difundido para la obtención de anclajes, rodamientos, ejes, secciones roscadas, terminales, articulaciones, etc.

La condición para una correcta realización del proceso es la obtención exacta de los perfilados, con el diseño más adecuado del anclaje.

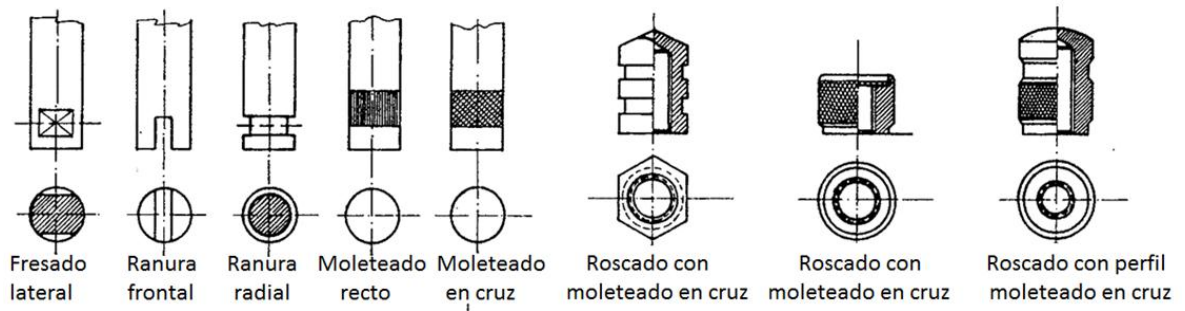


Figura 2.115 Configuración de algunos tipos de piezas perfiladas para inserción¹⁰⁷.

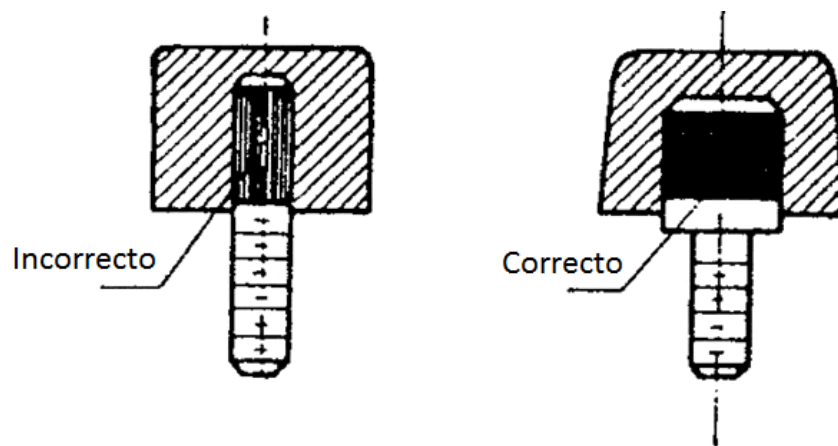


Figura 2.116 ejemplos de espigas insertadas¹⁰⁸.

Las espigas insertadas, deberán tener en la parte prisionera un diámetro mayor que en el resto, al menos el 150 por 100.

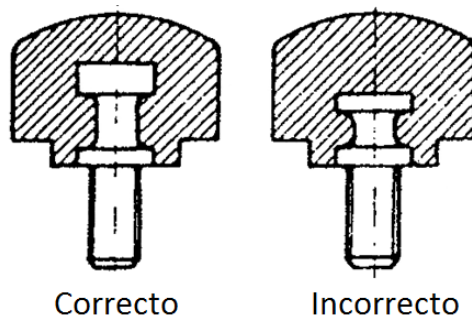


Figura 2.117 Correcta profundidad de anclaje¹⁰⁸.

¹⁰⁷O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 13

¹⁰⁸O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 13

Las inserciones pasantes han de moldearse con ± 0.025 mm de longitud para asegurar el contacto con las dos superficies del molde.

La inserción prolongada del tipo esparrago emplea un saliente para evitar que el material plástico se introduzca en la parte roscada. Las inserciones hembra deben llevar un saliente que se introduce en la espiga del macho.

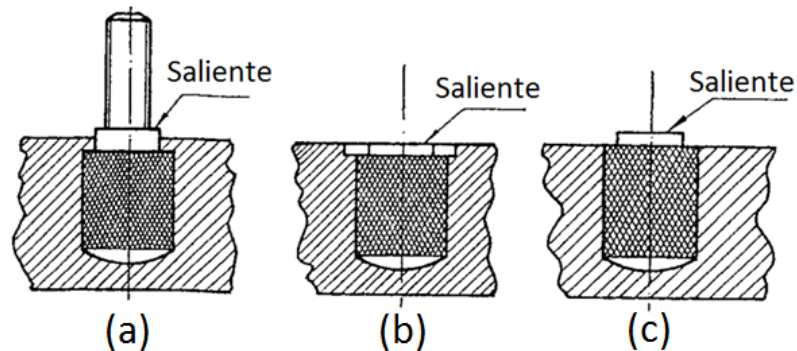


Figura 2.118 Inserciones de tipo esparrago, (a) macho, (b) hembra al ras de la superficie, (c) hembra con saliente¹⁰⁹.

Para retener la inserción en un lugar adecuado, durante el moldeo, se pueden utilizar vástagos interiores o sujetar la inserción exteriormente como lo muestra la figura 2.119.

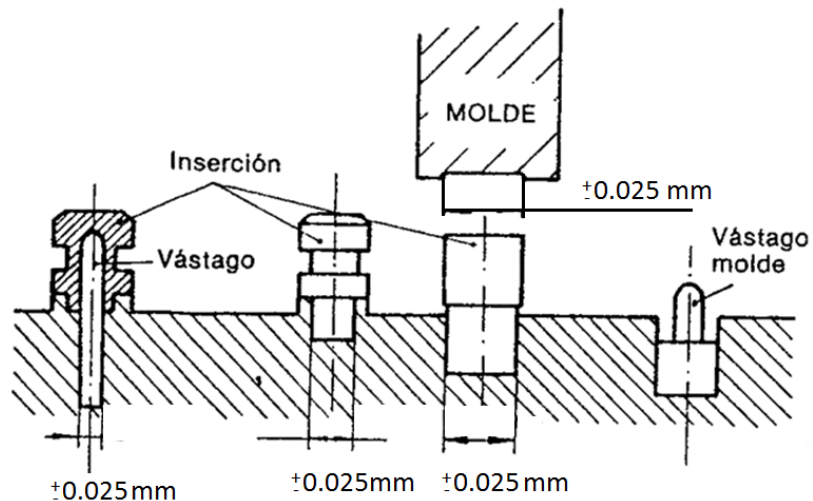


Figura 2.119 Formas de sujetar la inserción en el lugar correcto¹¹⁰.

¹⁰⁹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 14

¹¹⁰O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 14

El espesor de material alrededor de piezas metálicas insertada depende de la forma de estas últimas, de la temperatura de uso del objeto terminado y del tipo de material plástico (modulo de elasticidad, coeficiente de dilatación termina y grado de absorción de humedad). Si llamamos e al espesor y d al diámetro o dimensiones máximas de la inserción, los valores del espesor para diversos materiales serán por ejemplo:

Poliamidas	$e = 0,5 d$
PVC	$e = 0,75 d$
Polimetacrilado de metilo	$e = d$
Acetato de celulosa	$e = d$
Poliestireno	$e = 1,5 d$

Los diámetros exteriores de inserciones agrupadas deben ser tan pequeños como sea posible, a fin de que haya el mayor espesor de pared entre dos inserciones, si la capa de plástico que hay sobre una inserción es demasiado delgada, pueden aparecer ampollas o malas soldaduras.

2.6.2.1.8 Articulaciones

Para la obtención de productos plásticos articulados se pueden seguir diversos procedimientos. Si es posible el uso de plásticos flexibles, podemos fabricar piezas autoarticuladas.

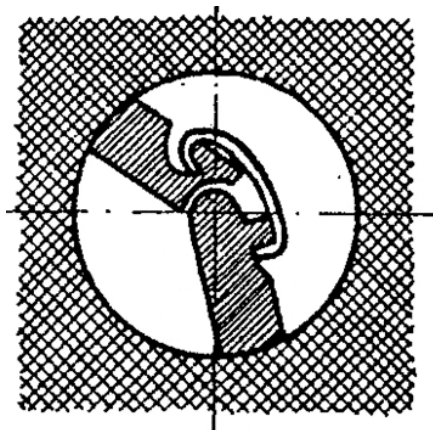


Figura 2.120 Sistema Rathbun de articulación (usado principalmente en joyería y relojería) ¹¹¹

¹¹¹O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 16

La llamada articulación integral es actualmente aplicada en tapas de contenedores, pedales de acelerador, abrazaderas, limpiadoras de suelos, etc., pudiendo fabricarse articulaciones en la misma pieza que resultan más allá de un millón de flexiones alternadas en servicio.

La longitud de la articulación moldeada debe ser al menos igual a tres veces el espesor de su sección transversal.

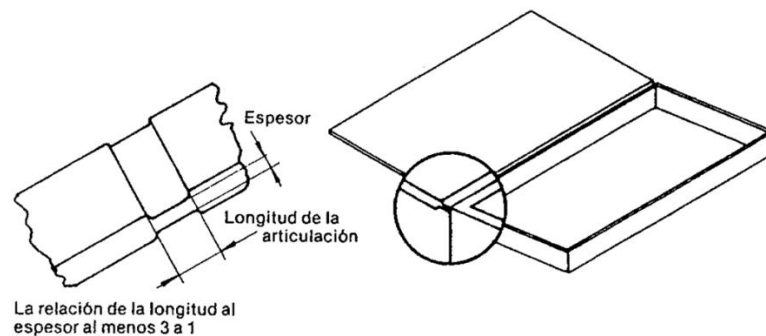


Figura 2.121 Longitud mínima de una articulación en función del espesor¹¹².

Las aristas de la articulación deben ser suaves y redondeadas para lograr la máxima resistencia con un radio mínimo de 0,2 mm. Si la relación longitud-espesor es menor de tres, se pueden formar líneas de soldadura en la zona de la articulación que darán lugar a fuertes tensiones por flexión, disminuyendo la resistencia a flexión de la pieza. Con el fin de proporcionar la contrapresión adecuada y un buen flujo del polímero, la entrada debe situarse como lo indica la figura 2.122.

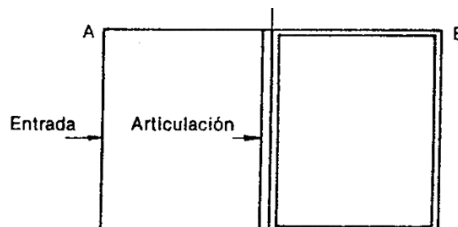


Figura 2.122 Ubicación de la entrada según la articulación¹¹³

¹¹² O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 16

¹¹³ O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 16

2.6.2.1.9 Resaltantes y esfuerzos

De forma similar a lo indicado el hablar de orificios, hay que prever la aparición de líneas o señales de flujo alrededor de los relieves o refuerzos. Los resaltantes deben eliminarse siempre que sea posible y, en todo caso, hacerlos factibles para el moldeo.

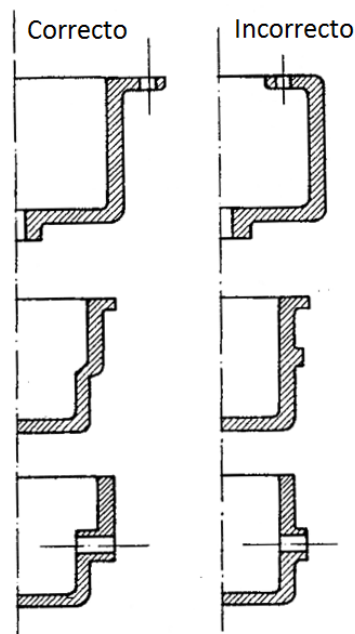


Figura 2.123 Ubicación correcta de resaltantes en moldes¹¹⁴.

En el caso de superficies grandes es necesaria la colocación de refuerzos para evitar su alabeamiento. Lo mismo ocurre cuando se debe compensar la holgura entre dos partes que han de encajar o ajustar.

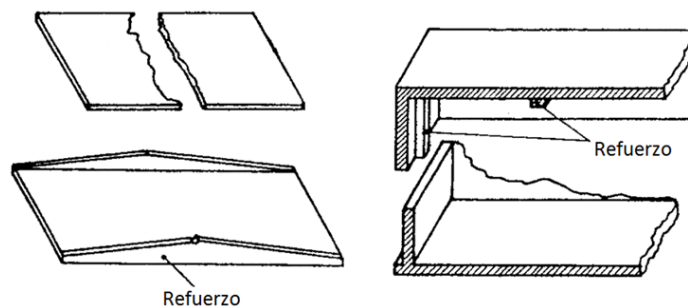


Figura 2.124 Ubicación de refuerzos en superficies grandes¹¹⁴.

¹¹⁴O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 17

2.6.2.1.10 Grabados y estampaciones

En piezas inyectadas se utilizan con frecuencia letras, números, dibujos, etc. Estas grabaciones deben aplicarse perpendicularmente a la línea de separación o situarse en pareces laterales cuya conicidad sea suficiente para que el grabado pueda salir del molde.

La obtención de letras en relieve puede hacerse mediante gravado o estampado de las mismas en el molde. Los rótulos en bajo relieve requieren empleo de postizos sobre los moldes.

Los rótulos deberán estar perfectamente redondeados y pulidos para evitar enganches en el molde. Para que sean visibles sin necesidad de pintarlos es suficiente una altura de 1,3 mm.

Los letreros se colocan con frecuencia en una pieza móvil, para facilitar la estampación y permitir el cambio de rótulo, si fuera preciso. La longitud de esta pieza puede calcularse de la siguiente forma: longitud mínima de pieza = número de caracteres X altura de los caracteres + altura de un carácter.

Ejemplo:

Para la palabra: FORTIFLEX

Número de caracteres: 9

Altura de carácter: 2mm

Longitud mínima: $9 \times 2 + 3 = 21\text{mm}$

2.6.2.1.11 Ajuste o ensamblado entre piezas

Los ajustes entre dos piezas pueden mejorarse poniendo refuerzos para compensar la holgura.

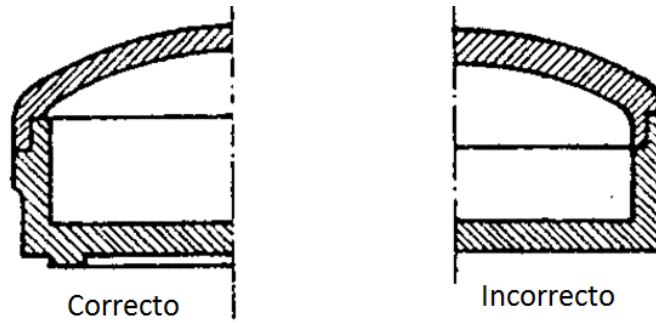


Figura 2.125 Forma correcta de un ajuste de caja¹¹⁵.

En los casos de tapa roscada no es necesario que la rosca se realice según el grueso total de la pared.

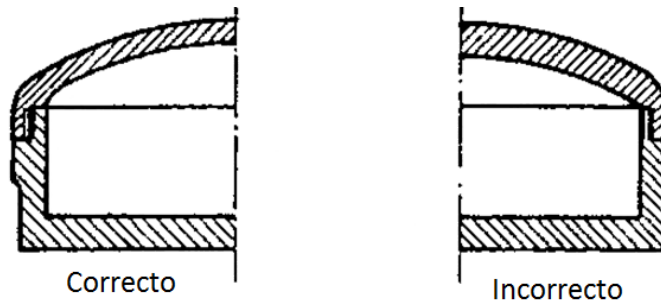


Figura 2.126 Forma correcta de un ajuste de caja con rosca¹¹⁵.

2.6.2.2 MATERIAL DE MOLDEO

Cada tipo de material plástico tiene sus características, tanto en lo que se refiere a las que poseen una vez transformadas como a las relativas a sus condiciones procesado. El conocimiento de ellas no solo es necesario al transformador que va a realizar la pieza para un fin determinado, sino también al diseñador del molde. En general hay que tener en cuenta que la elección del material requiere un estudio de los puntos favorables y desfavorables de cada uno de ellos en función del fin a que va destinado el producto final. Desde este punto de vista, y considerando las propiedades que a continuación indicaremos, aplicaremos un sistema de eliminación que nos reducirá el campo a límites muy definidos.

¹¹⁵ O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 18

- Elasticidad
- Temperatura de uso
- Resistencia a la llama
- Resistencia al impacto
- Estabilidad dimensional
- Transparencia
- Color
- Resistencia mecánica
- Propiedades eléctricas
- Resistencia a la abrasión
- Resistencia a las radiaciones
- Resistencia a la humedad
- Resistencia a agentes químicos
- Permeabilidad
- Resistencia a medios ambientales
- Olor y sabor
- Fluencia
- Limitaciones de diseño
- Precio

Una vez elegido el material, será necesario conocer el resto de sus características técnicas para conseguir un perfecto diseño del molde, facilitar el procesado y realizar este en las condiciones adecuadas para conseguir las mejores características de la pieza en uso.

- Densidad
- Cristalinidad
- Peso molecular
- Distribución de pesos moleculares
- Comportamiento reológico
- Aditivos
- Temperaturas de transformación
- Presiones de procesado
- Propiedades térmicas
- Contracción de moldeo
- Contracción post-moldeo
- Facilidad de compresión en estado fundido

2.6.2.2.1. Condiciones de transformación y características de los materiales termoplásticos.

Como se describió en la sección 2.1, en donde se da a conocer las características de los materiales termoplásticos que se utilizan en el procedimiento de moldeo de plástico, en esta sección, se profundizara un poco más únicamente en el tipo de material que utiliza en los procesos la empresa auspiciante del presente proyecto.

a) POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE)

Granza incolora opaca y tonos transparentes opacos. Alta rigidez, estabilidad dimensional, dureza superficial, esterilizable.

Estable frente a ácidos, álcalis y alcohol.

Atacado por hidrocarburos clorados, bencol, bencina y carburantes.

Temperatura de uso: 105 °C

Contracción: 2-4%

Tiempo de secado: 1 – 1,5 horas a 65 °C

Temperatura de procesado: ver la siguiente figura.

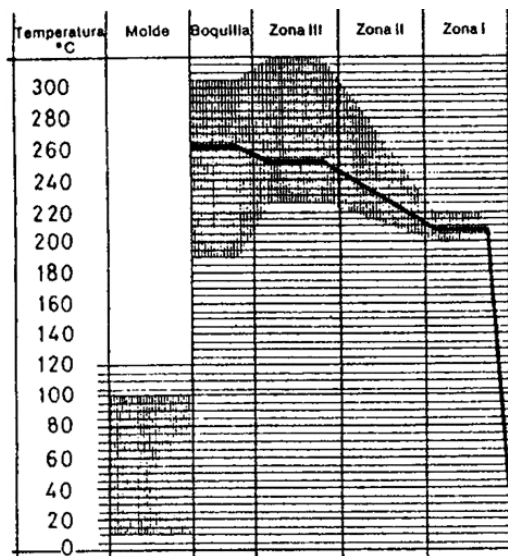


Figura 2.127 Diagrama de temperaturas de moldeo de HDPE¹¹⁶

¹¹⁶O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 24

b) POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (LDPE)

Granza incolora opaca y en todos los tonos, transparente y opaca.

Alta flexibilidad, baja dureza superficial.

Estable frente a ácidos, álcalis y alcohol.

Atacado por hidrocarburos clorados, bencina, benzol y carburantes.

Temperatura de uso: 85 - 95 °C

Contracción: 1,5 – 3%

Tiempo de secado: 1 – 1,5 horas a 65 °C

Temperatura de procesado: ver la siguiente figura.

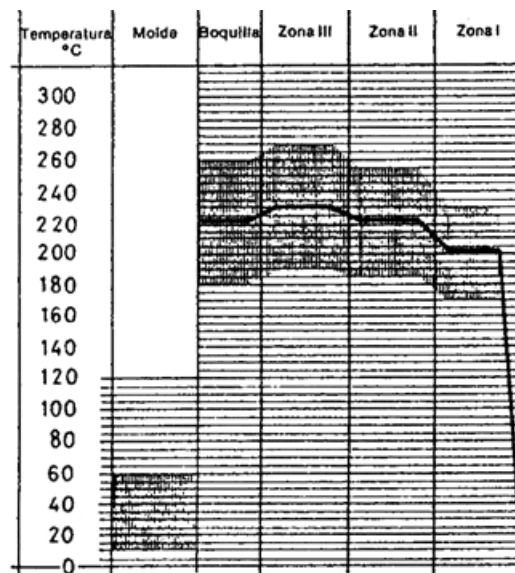


Figura 2.128 Diagrama de temperaturas de moldeo de LDPE¹¹⁷

c) POLIPROPILENO (PP)

Gránulos incoloros opacos y teñidos, transparentes y oscuros.

Estabilidad dimensional frente al calor, resistencia a tracción e impacto, rigidez, dureza superficial.

Esterilizable hasta 120 °C

Quebradizo por debajo de 0 °C

Estable frente a ácidos y álcalis débiles.

¹¹⁷ O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 24

Atacado por ácidos concentrados, álcalis concentrados, hidrocarburos clorados, benzol, bencina y carburantes

Temperatura de uso. 120 - 130 °C.

Contracción: 1,2 – 3%

Tiempo de secado: 1 - 1,5 horas a 75 °C

Temperaturas de procesado: ver la siguiente figura.

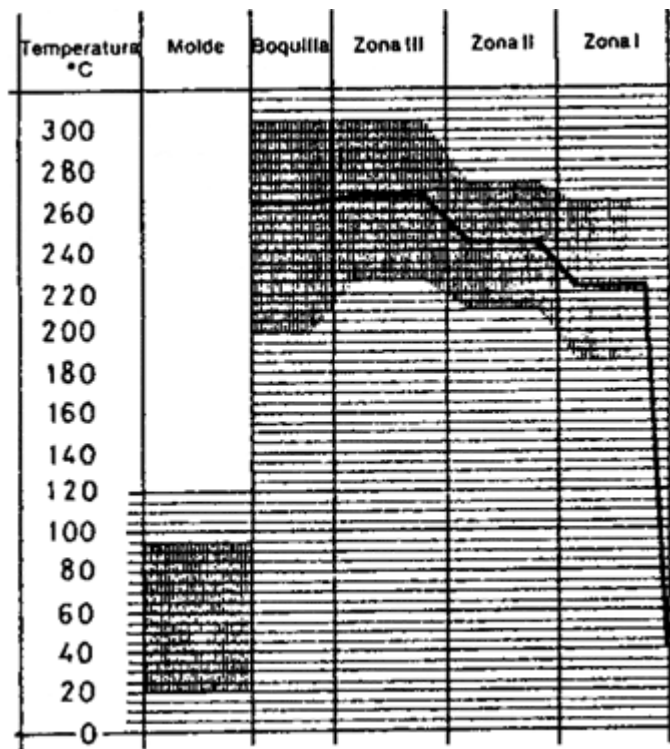


Figura 2.129 Diagrama de temperaturas de moldeo de PP¹¹⁸

2.6.2.2.2. Contracciones y tolerancias

En el momento de diseñar un objeto de plástico hay que considerar dos tipos de contracción:

- 1) Contracción inicial (llamada “de moldeo”)

Este tipo de contracción tiene lugar mientras se enfría la pieza en el procesado.

¹¹⁸ O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 24

2) Contracción de post-moldeo

Este tipo de contracción ocurre durante las veinticuatro horas siguientes al moldeo de la pieza. Los valores de ambas dependen no solo del tipo de material, sino también de las condiciones de procesado: presión, temperaturas y el tiempo de enfriamiento en el molde.

Estas variables de contracción, obligan a que sean tenidas en cuenta al establecer las dimensiones del molde en función de las requeridas por el objeto acabado. Lógicamente, la contracción de polímeros cristalinos es mayor que en los amorfos.

Cuando es posible predecir los valores de la contracción, se puede trabajar con tolerancias mínimas, pero a veces esto no ocurre así, y es necesario admitir las mayores tolerancias posibles, detalle que debe indicarse en el dibujo del proyecto.

En las tolerancias, además de la contracción, intervienen otros factores, tales como dimensiones y formas de las piezas. En la siguiente tabla se determinan, aproximadamente, los límites mínimos de tolerancias según las dimensiones y tipo del material utilizado.

Tabla 2.18 Tolerancias según las dimensiones y el tipo de material.

	De 3 a 30 mm.	De 30 a 50 mm.	De 50 a 80 mm.	De 80 a 120 mm.	De 120 a 180 mm.	De 180 a 260 mm.	De 260 a 360 mm.
Acetato de Celulosa	± 0.05	± 0.10	± 0.15	± 0.20	± 0.30	± 0.40	± 0.50
Poliestireno	± 0.10	± 0.15	± 0.20	± 0.25	± 0.35	± 0.50	± 0.60
PVC	± 0.05	± 0.10	± 0.10	± 0.15	± 0.20	± 0.25	± 0.30
Polimetacrilatos	± 0.05	± 0.10	± 0.15	± 0.20	± 0.30	± 0.40	± 0.50
Poliamidas	± 0.20	± 0.30	± 0.40	± 0.50	± 0.70	± 0.90	± 1.00

Fuente: O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes inyección. 1ra ed. Patronato Juan de la Cierva, 1978, pág. 25.

Si tenemos en cuenta que una exactitud dimensional extrema motiva un encarecimiento del moldeo, deberemos establecer tres tipos de tolerancias según las exigencias:

- 1) Aproximada.- aceptable cuando la exactitud de dimensiones no es importante
- 2) Normal.- Se podrá mantener en las condiciones medias de fabricación.
- 3) De precisión. Este tipo de tolerancia solo estará justificada en el caso de necesidades muy específicas.

Para poder dar valores de las tolerancias según los distintos materiales, supongamos una pieza con distintas zonas y dimensiones como la siguiente:

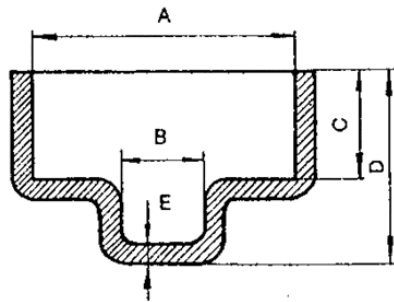


Figura 2.130 Forma de una pieza termo formada para ejemplificación de tolerancias¹¹⁹.

a) Polietileno para aplicaciones generales

Entre 0,5 y 6 pulgadas se puede observar en la figura 2.131, para las dimensiones A, B, C de la figura 55.

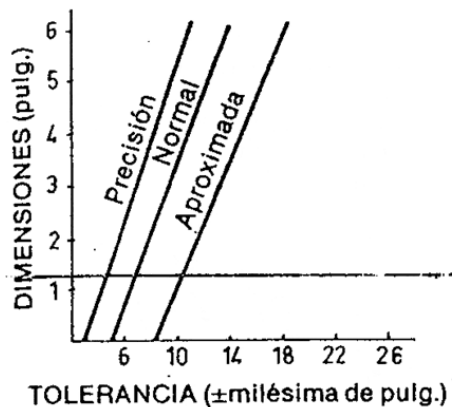


Figura 2.131 Diagrama Tolerancia vs Dimensiones (polietileno)¹²⁰

¹¹⁹ O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 26

¹²⁰ O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 29

Entre 6 y 12 pulgadas, por cada una que exceda 6, hay que añadir de la siguiente manera:

- Aproximada: $\pm 0,008$
- Normal: $\pm 0,005$
- De Precisión: $\pm 0,003$

Para valores de medidas que estén por encima de las 12 pulgadas, por cada pulgada que exceda las 12 pulgadas, hay que añadir:

- Aproximada: $\pm 0,009$
- Normal: $\pm 0,006$
- De precisión: $\pm 0,004$

Por último, para los valores de la altura “D” y del fondo de pared “E”, podemos seguir como lo indica la tabla siguiente:

Tabla 2.19. Tolerancias para polietileno.

	Aproximada -----	Normal -----	De Precisión -----
Para la altura (D)			
Cavidad entre 0 y 1 pulg	$\pm 0,008$	$\pm 0,005$	$\pm 0,004$
Varias cavidades entre 0 y 1 pulg	$\pm 0,009$	$\pm 0,007$	$\pm 0,005$
Por cada pulg. Que exceda una pulg.	$\pm 0,003$	$\pm 0,003$	$\pm 0,003$
Para pared de fondo (E)			
Hasta 0,1 pulg	$\pm 0,005$	$\pm 0,004$	$\pm 0,003$
De 0,1 a 0,2 pulg.	$\pm 0,005$	$\pm 0,004$	$\pm 0,003$
De 0,2 a 0,3 pulg.	$\pm 0,008$	$\pm 0,006$	$\pm 0,004$

Fuente: O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes inyección. 1ra ed. Patronato Juan de la Cierva, 1978, pág. 29.

b) Polietileno de densidad media

Para los valores a continuación se toman en cuenta para un polietileno de densidad media que tenga un peso específico de 0,926 a 0,940

Entre los valores de 0,5 hasta 6 pulgadas, podemos observar en la figura 2.132, para las dimensiones A, B y C.

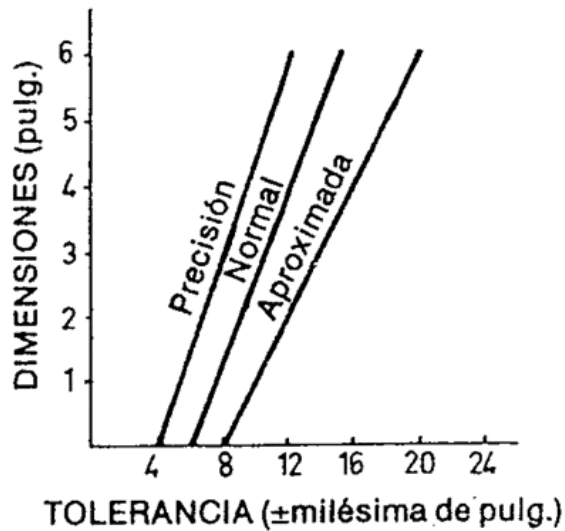


Figura 2.132 Diagrama Tolerancia vs Dimensiones (polietileno de densidad media) ¹²¹

Entre 6 y 12 pulgadas, por cada una que exceda 6, hay que añadir de la siguiente manera:

- Aproximada: ± 0,007
- Normal: ± 0,004
- De Precisión: ± 0,003

Para valores de medidas que estén por encima de las 12 pulgadas, por cada pulgada que exceda las 12 pulgadas, hay que añadir:

- Aproximada: ± 0,008
- Normal: ± 0,006
- De precisión: ± 0,004

Por último, para los valores de la altura "D" y del fondo de pared "E", podemos seguir como lo indica la tabla siguiente:

¹²¹ O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 29

Tabla 2.20. Tolerancias para polietileno de densidad media.

	Aproximada -----	Normal -----	De Precisión -----
Para la altura (D)			
Cavidad entre 0 y 1 pulg	± 0,007	± 0,005	± 0,004
Varias cavidades entre 0 y 1 pulg	± 0,008	± 0,006	± 0,005
Por cada pulg. Que exceda una pulg.	± 0,006	± 0,004	± 0,003
Para pared de fondo (E)			
Hasta 0,1 pulg	± 0,005	± 0,004	± 0,003
De 0,1 a 0,2 pulg.	± 0,006	± 0,005	± 0,004
De 0,2 a 0,3 pulg.	± 0,007	± 0,006	± 0,005

Fuente: O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes inyección. 1ra ed. Patronato Juan de la Cierva, 1978, pág. 29

c) Polietileno de alta densidad

Para los valores a continuación se toman en cuenta para un polietileno de alta densidad que tenga un peso específico de 0,941 a 0,965

Entre los valores de 0,5 hasta 6 pulgadas, podemos observar en la figura 2.133, para las dimensiones A, B y C.

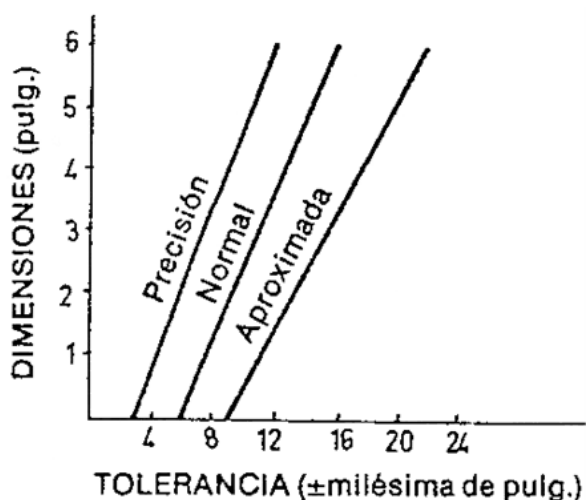


Figura 2.133 Diagrama Tolerancia vs Dimensiones (polietileno de alta densidad)¹²²

¹²² O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 30

Entre 6 y 12 pulgadas, por cada una que exceda 6, hay que añadir de la siguiente manera:

- Aproximada: $\pm 0,007$
- Normal: $\pm 0,005$
- De Precisión: $\pm 0,003$

Para valores de medidas que estén por encima de las 12 pulgadas, por cada pulgada que exceda las 12 pulgadas, hay que añadir:

- Aproximada: $\pm 0,010$
- Normal: $\pm 0,006$
- De precisión: $\pm 0,004$

Por último, para los valores de la altura "D" y del fondo de pared "E", podemos seguir como lo indica la tabla siguiente:

Tabla 2.21. Tolerancias para polietileno de alta densidad.

	Aproximada -----	Normal -----	De Precisión -----
Para la altura (D)			
Cavidad entre 0 y 1 pulg	$\pm 0,008$	$\pm 0,005$	$\pm 0,004$
Varias cavidades entre 0 y 1 pulg	$\pm 0,009$	$\pm 0,007$	$\pm 0,005$
Por cada pulg. Que exceda una pulg.	$\pm 0,009$	$\pm 0,006$	$\pm 0,004$
Para pared de fondo (E)			
Hasta 0,1 pulg	$\pm 0,007$	$\pm 0,005$	$\pm 0,004$
De 0,1 a 0,2 pulg.	$\pm 0,008$	$\pm 0,006$	$\pm 0,004$
De 0,2 a 0,3 pulg.	$\pm 0,010$	$\pm 0,008$	$\pm 0,006$

Fuente: O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes inyección. 1ra ed. Patronato Juan de la Cierva, 1978, pág. 29

2.6.2.2.3. Propiedades térmicas

a) Conductividad térmica

Todos los materiales plásticos son malos conductores del calor, por ello, el diseño de las máquinas debe hacerse de forma que realicen una plastificación del material en capas delgadas y durante un tiempo que permita la perfecta fluidez del mismo.

Por el mismo motivo, pero en sentido inverso, los moldes deben diseñarse de forma que la disipación de calor del material, ya moldeado, se verifique lo más rápidamente posible, sin perjuicio de sus formas ni propiedades.

b) Capacidad térmica

Si comparamos con los metales, los materiales plásticos tienen una capacidad térmica bastante alta (0,36 para el poliestireno, 0,55 para el polietileno). El calor específico tiene a disminuir cuando la temperatura aumenta, pero los polímeros cristalinos, o parcialmente cristalinos, tienen también un calor latente de fusión bastante apreciable. La capacidad calorífica de los materiales cristalinos será, pues, mucho mayor que la de los polímeros amorfos. En la tabla 2.22 se puede apreciar las capacidades caloríficas de varios polímeros, y los valores aproximados para la determinación de la difusibilidad térmica.

$\alpha =$ *Difusibilidad térmica.*

(Ec. 2.33)

$$\alpha = \frac{x}{\rho \cdot C}$$

$x =$ *conductividad térmica.*

$\rho =$ *densidad*

$C =$ *calor específico*

Estos valores nos servirán para calcular el tiempo de enfriamiento necesario para una pieza determinada.

Tabla 2.22. Capacidad térmica de los materiales de moldeo

MATERIALES	Densidad g / cm ³	Calor especifico	Conductividad Térmica Cal/ seg. cm. °C	Calor latente de fusión	Temp. Media de Moldeo °C	Calor total cal / g. cal / cm ³ (Valores aproximados)		Coefficiente de Difusibilidad α = K/ °
ABS	1,01	0,35	6 x 10 ⁻⁴	-	225	72	73	1,7 x 10 ⁻³
Acetalica pol.	1,42	0,35	5,5 x 10 ⁻⁴	39	210	105	149	1,1 x 10 ⁻³
Acetalica copol.	1,41	0,35	5,5 x 10 ⁻⁴	39	225	111	158	1,1 x 10 ⁻³
Metilpenteno.	0,83	0,52	4 x 10 ⁻⁴	15	280	149	124	0,925 x 10 ⁻³
Acrílica	1,18	0,35	4,5 x 10 ⁻⁴	-	225	72	85	1,09 x 10 ⁻³
Nylon – 66	1,14	0,40	6,0 x 10 ⁻⁴	31	280	135	154	1,32 x 10 ⁻³
Nylon – 610	1,14	0,40	5,3 x 10 ⁻⁴	26	245	116	132	1,16 x 10 ⁻³
Nylon – 6	1,13	0,38	6,0 x 10 ⁻⁴	38	250	125	142	1,45 x 10 ⁻³
Nylon – 11	1,05	0,58	8,8 x 10 ⁻⁴	40	220	156	164	1,45 x 10 ⁻³
Nylon – 66 (ref. fibra)	1,38	0,30	7,0 x 10 ⁻⁴	22	290	103	142	1,69 x 10 ⁻³
Policarbonato	1,2	0,30	5,3 x 10 ⁻⁴	-	300	84	101	1,47 x 10 ⁻³
Polietileno I F. 2	0,919	0,55	8 x 10 ⁻⁴	50	280	193	177	1,58 x 10 ⁻³
7	0,918	0,55	8 x 10 ⁻⁴	50	260	182	167	1,58 x 10 ⁻³
20	0,916	0,55	8 x 10 ⁻⁴	50	220	160	146	1,59 x 10 ⁻³
Polietileno A. D.	0,94	0,55	11,5 x 10 ⁻⁴	50	240	171	161	2,22 x 10 ⁻³
Polipropileno.	0,9	0,46	3,3 x 10 ⁻⁴	24	250	130	117	0,8 x 10 ⁻³
Poliestireno.	1,05	0,32	2 x 10 ⁻⁴	-	200	57,5	60,5	0,6 x 10 ⁻³
Policloruro de vinilo. Rígido.	1,44	0,24	4 x 10 ⁻⁴	-	180	38,5	55	1,16 x 10 ⁻³
Flexible.	1,30	0,40	3,4 x 10 ⁻⁴	-	160	56	73	0,675 x 10 ⁻³
Acetato de celulosa.	1,28	0,36	4,8 x 10 ⁻⁴	-	195	63	81	1,04 x 10 ⁻³
Acetobutirato de celulosa	1,19	0,35	4,7 x 10 ⁻⁴	-	200	63	75	1,27 x 10 ⁻³
Polioxido de fenileno.	1,06	0,32	5,2 x 10 ⁻⁴	-	310	93	98	1,53 x 10 ⁻³

Fuente: O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes inyección. 1ra ed. Patronato Juan de la Cierva, 1978, pág. 36

c) Expansión térmica

Los materiales plásticos tienen un coeficiente de expansión térmica bastante alto. El coeficiente (lineal) menor es de 7×10^5 por grado centígrado como lo muestra la tabla 2.23. Debido a esta característica, los moldes deben diseñarse con tales tolerancias mínimas. La adición de cargas puede reducir estos valores.

Tabla 2.23. Coeficiente de expansión térmica de materiales plásticos

MATERIALES	COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA (POR °C)
ABS	$6,2 - 9,5 \times 10^5$
Acetalica (polímero)	$8,1 \times 10^5$
Acetalica (copolimero)	$9,7 \times 10^5$
Acrílica	$7,3 \times 10^5$
Acetato de celulosa.	$1,0 \times 10^4$
Acetobutirato de celulosa	$8 - 17 \times 10^5$
Metilpenteno.	$1,2 \times 10^4$
Nylon - 66	$9,9 \times 10^5$
Nylon - 610	$9,9 \times 10^5$
Nylon - 6	$7 - 10 \times 10^5$
Nylon - 11	$1,5 \times 10^4$
Nylon - 66 (reforzado con fibra)	$2,8 \times 10^5$
Policarbonato	$6 - 7 \times 10^5$
Polietileno I F. 2	$2,8 \times 10^4$
7	
20	
Polietileno A. D.	$1,1 - 1,3 \times 10^4$
Polipropileno.	$1,1 \times 10^4$
Poliestireno.	7×10^5
Policloruro de vinilo.	8×10^5
Rígido.	
Flexible.	1×10^4
Polioxido de fenileno.	$5,2 \times 10^5$

Fuente: O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes inyección. 1ra ed. Patronato Juan de la Cierva, 1978, pág. 37

d) Degradación térmica

La resistencia al calor, de los polímeros, depende de las fuerzas de enlace entre los carbonos. El polietileno, que es uno de los polímeros orgánicos más estables en ausencia de oxígeno, sin embargo, se oxida rápidamente en presencia de aire. Como en las máquinas de inyección hay generalmente, atrapada una pequeña cantidad de aire en las zonas de calentamiento, el polietileno puede permanecer en ellas durante bastante tiempo sin que se produzca degradación. Ahora bien, si el material caliente se inyecta en un molde en el que quede atrapado aire a presión, se produce una compresión adiabática del mismo, que da lugar a un aumento localizado de la temperatura, produciéndose además una oxidación rápida en el polímero que perjudica considerablemente a la pieza moldeada. Estos problemas de degradación térmica se acentúan en otros tipos de polímeros, tales como el Nylon y el PVC.

e) Comportamiento reológico

Las propiedades de flujo del material son de gran importancia para el diseño del molde, ya que las viscosidades normales de trabajo oscilan entre 500 y 10000 poises.

f) Facilidad de compresión en estado fundido

Es un factor importante durante el llenado del molde, ya que la mayor parte de los materiales plásticos pueden ser comprimidos por encima del 8% como lo muestra la siguiente figura:

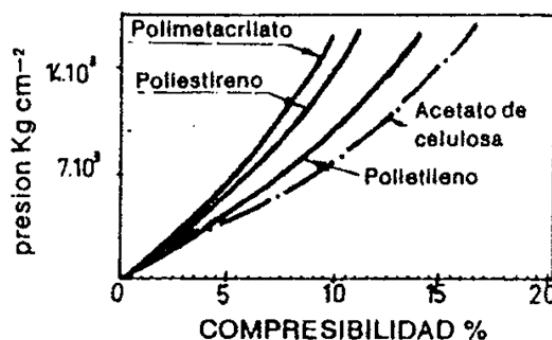


Figura 2.134 Porcentaje de compresibilidad Vs. Presión de inyección¹²³.

¹²³ O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, pág. 37

2.6.2.3 DISEÑO Y ECONOMÍA DEL MOLDE.

Estos dos conceptos están íntimamente ligados entre sí, el precio de un molde dependerá de su complejidad y tamaño, y esto, a su vez, será consecuencia del tipo de pieza, exigencias técnicas y construcción, tolerancias requeridas y automatismo.

Considerando la idea básica del proceso de inyección, lo más natural sería concebir el molde lo más automático posible para abreviar el ciclo de moldeo. Sin embargo, existen casos en que, por razones de economía, es necesario la simplificación del molde, aunque posteriormente se necesite realizar algunos trabajos sobre la pieza, tales como taladrados, roscados, etc.

Después de estas consideraciones expuestas, y sin olvidar ninguna de ellas, pasaremos a analizar cada una de las partes fundamentales del molde, estudiándolas por separado y, posteriormente, en su conjunto. Sería absurdo intentar establecer si tenemos alguna parte del molde es más importante que el resto ya que todas ejercen una función específica; ahora bien, también es cierto que la exactitud y atención requerida en su realización pueden ser diferentes.

El análisis lo realizaremos en el capítulo 8 del presente proyecto, luego de determinar cada una de las partes del molde, su forma, tamaño, complejidad y función.

CAPITULO 3

3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En este capítulo, presentaremos las diferentes alternativas que se dieron a conocer en el capítulo precedente, para cada uno de los sistemas que se deben diseñar, seleccionaremos la mejor opción para nuestro molde basándonos en tablas de decisión por medio de un método subjetivo, calificando las diferentes alternativas y presentando las seleccionadas para nuestro diseño.

3.1 ANALISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En un principio, antes de la elaboración de todo molde, éste, es sometido a un proceso de diseño, para el diseño, se presentan varias alternativas, con el fin de seleccionar la apropiada y solucionar de la mejor manera el problema que se ha presentado como motivo para la elaboración de este molde se plantearan tablas de ponderación.

Para seleccionar la mejor alternativa de diseño, comenzaremos realizando un estudio del problema en el cual se analiza los requerimientos de la matriz a construirse, así como también el tipo de piezas a ser fabricadas, tomando en cuenta las exigencias impuestas o las recomendaciones consideradas por la empresa auspiciante.

Basándonos en el capítulo 2 del presente proyecto, donde se conceptualizó los factores técnicos y posibilidades de diseño de las matrices, podemos fijar los siguientes factores para calificar a las diferentes posibilidades de diseño:

- Funcionalidad
- Operación
- Acoplamiento
- Montaje

Para la selección de la mejor alternativa, es importante considerar los factores económicos como los siguientes:

- Materia Prima
- Proceso de fabricación
- Costos

Tomando en cuenta todos estos factores técnicos como los económicos, en cada uno de los elementos a analizarse previo a la construcción del molde, podemos elaborar un método de toma de decisiones, (método subjetivo). El primer paso para poder utilizar este método, será asignar un valor a cada factor a considerarse, tal como lo muestra el siguiente cuadro:

Tabla 3.1 Factores, peso y designación para toma de decisiones

FACTORES	PESO	DESIGNACION
Funcionalidad	1 - 20	A
Operación	1 - 10	B
Acoplamiento	1 - 10	C
Montaje	1 - 10	D
Materia Prima	1 - 15	E
Proceso de Fabricación	1 - 20	F
Costos	1 - 30	G

Fuente: Oscar Loayza 2012

3.1.1 NUMERO DE PIEZAS A FABRICARSE

Este factor es de gran importancia debido a que de acuerdo al tamaño de las piezas; se pueden realizar números determinados de piezas en una sola operación.

Al principio de este proyecto, la empresa Fortiflex, en calidad de auspiciante, determino que la cantidad adecuada de piezas será 4 según la siguiente matriz de ponderación.

Tabla 3.2 Matriz de ponderación de número de piezas a fabricarse

	NUMERO DE PIEZAS A FABRICARSE	
	4	6
Funcionalidad	20	20
Operación	10	9
Acoplamiento	9	5
Montaje	9	7
Materia Prima	12	9
Proceso de Fabricación	20	17
Costos	25	20
Total:	109	93

Fuente: Oscar Loayza 2012

En el presente proyecto se realizara el diseño y construcción de una matriz para adaptadores de 1/2", lo importante es considerar que la empresa Productos Fortiflex, decidió construir un molde con una producción de 4 unidades por inyección, porque al fabricar la misma empresa, Adaptadores de 1/2", 3/4", y 1", se podría acoplar el mismo molde para la fabricación de las 3 diferentes medidas de adaptadores; con cambiar los machos y las cavidades, por lo cual, una producción de 4 unidades por inyección permitirá construir un molde con las dimensiones adecuadas para la máquina y que se acople a las 3 diferentes medidas de Adaptadores.

3.1.2 SISTEMA DE GUIAS

3.1.2.1 Guías para apertura y cierre de molde

En este sistema tenemos dos opciones, la primera es colocar guías inclinadas que sean las encargadas de mantener las placas del molde cerradas, y guiarlas en el momento de la apertura del mismo para que se pueda realizar la expulsión de las piezas fabricadas. La segunda opción es colocar insertos fijos en la placa fija del molde, estos insertos fijos tendrán una cara inclinada que será la encargada de cumplir la misma función que las guías con la diferencia que el esfuerzo cortante al que trabajarían las guías, se verá drásticamente disminuido y para este proceso se utilizara muelles (resortes) que harán que el molde siga el recorrido que buscamos.

En la figura 3.1 podemos observar la opción 1, cuando se encuentra el molde cerrado y cuando se encuentra el molde abierto, el trabajo de apertura y cierre lo realizaran las guías inclinadas, siendo estas sometidas a esfuerzo cortante en la base de la placa principal, además teniendo que soportar la presión de inyección de la máquina.

En la figura 3.2, podemos observar la opción 2, con los insertos fijos, de igual manera con el molde abierto y cerrado, observando como trabajaría el muelle que mantiene el molde pegado a los insertos fijos de cara inclinada, siendo más fácil para ellos soportar el esfuerzo cortante y la presión de inyección.

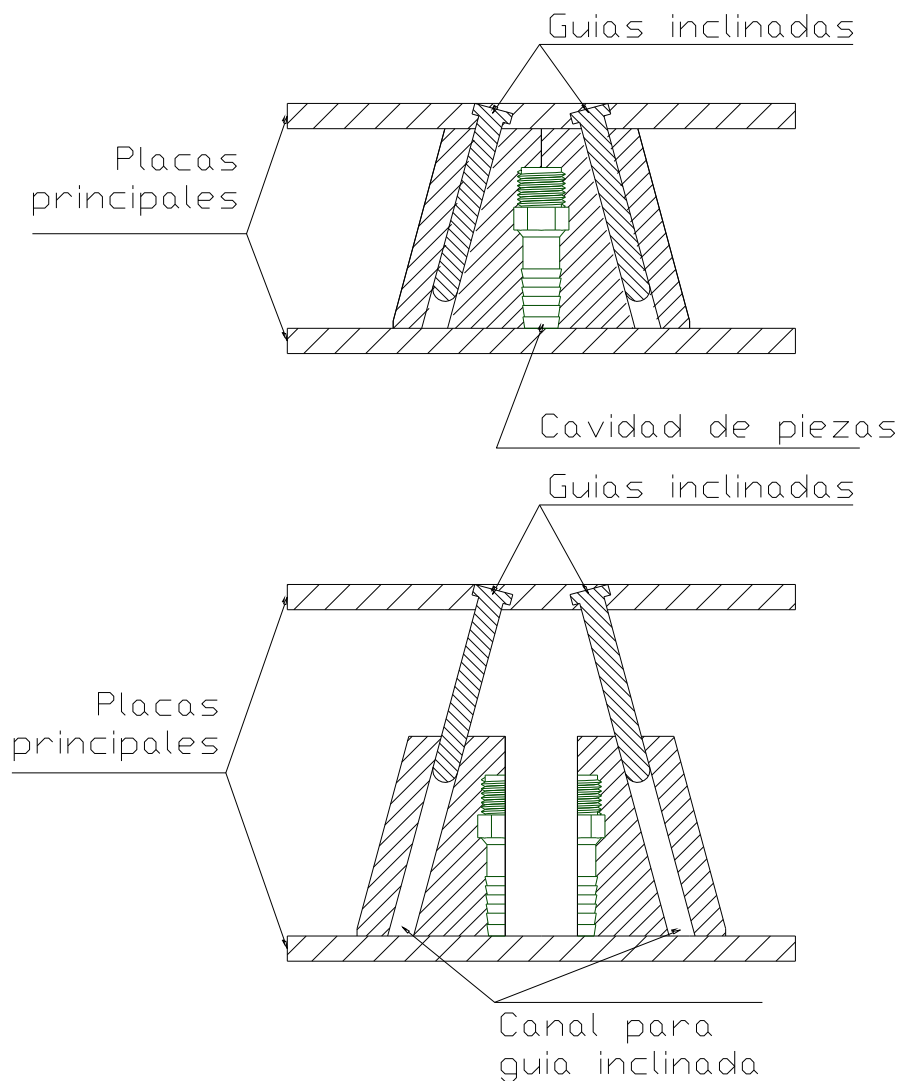


Figura 3.1 Opción 1 para guías de apertura y cierre de molde

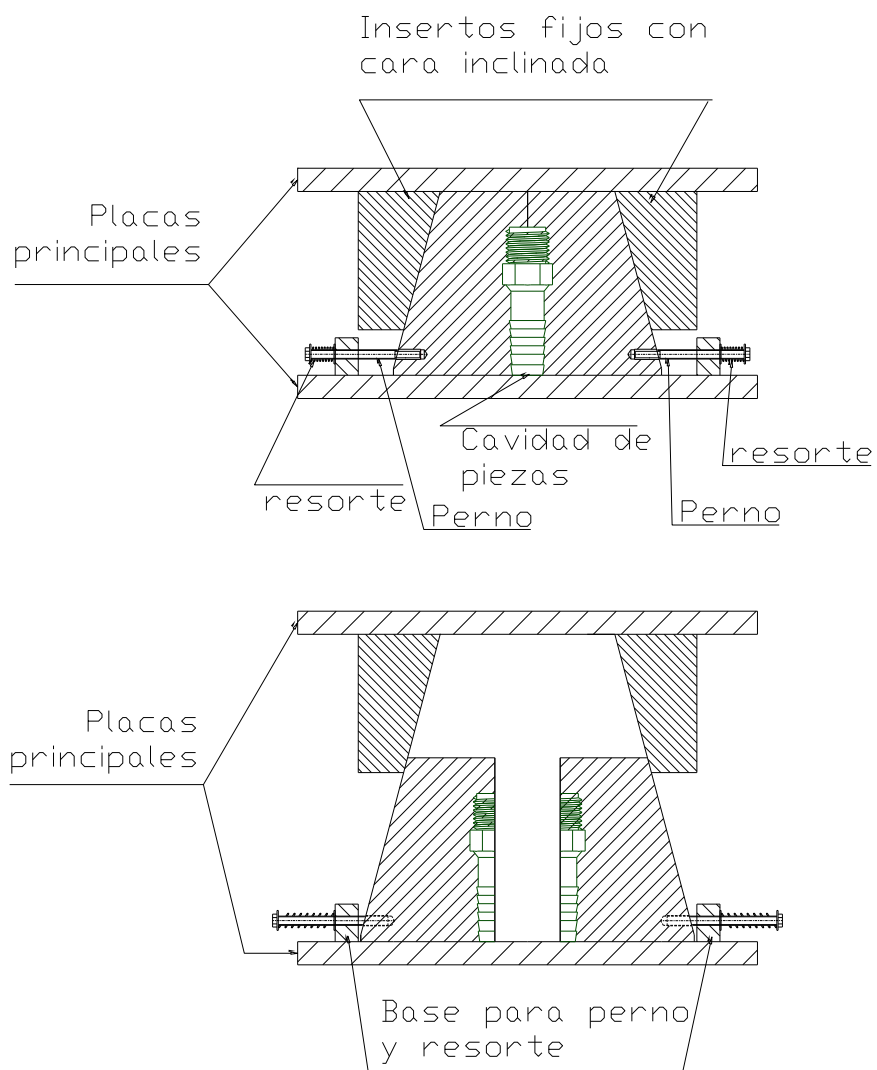


Figura 3.2 Opción 2 para guías de apertura y cierre de molde

Tabla 3.3 Matriz de ponderación de guías de apertura y cierre del molde.

	Guías para apertura y cierre de molde	
	Opción 1	Opción 2
Funcionalidad	20	20
Operación	8	9
Acoplamiento	7	10
Montaje	8	9
Materia Prima	13	13
Proceso de Fabricación	15	18
Costos	20	28
Total:	91	107

Se eligió la opción 2 porque cumple con la misma función, tal como lo hace la opción 1, pero nos da la facilidad de construir de una forma mucho más rápida y económicamente, además el montaje se simplifica significativamente ya que no tenemos que hacer coincidir las guías en los moldes sino fijar correctamente en las placas principales.

Las guías quedarán como lo indica la siguiente figura:

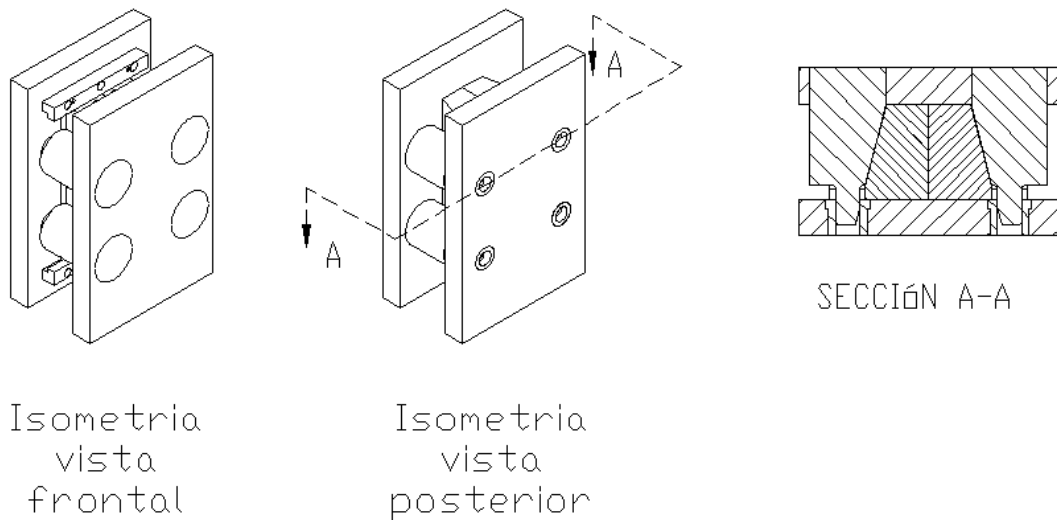


Figura 3.3 Molde cerrado con guías de apertura y cierre seleccionadas

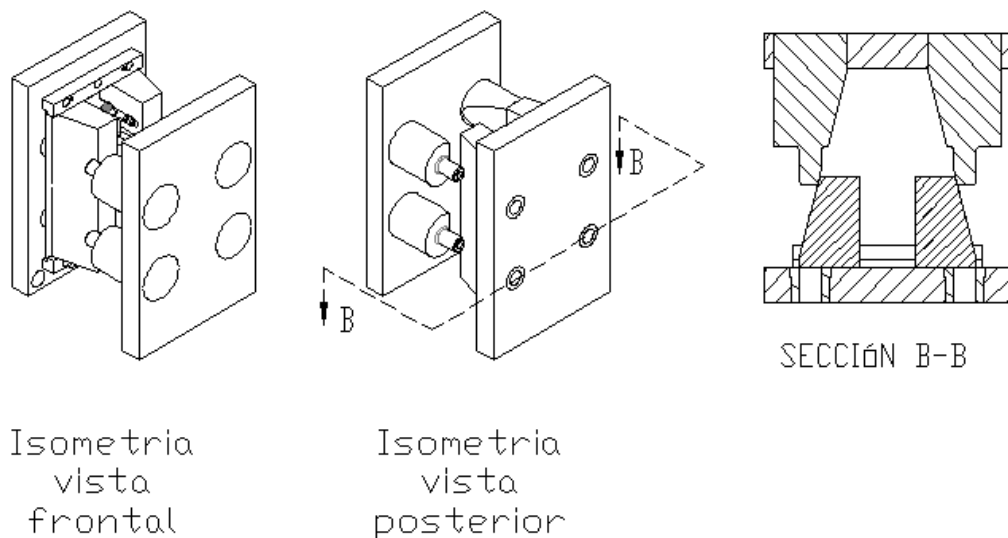


Figura 3.4 Molde abierto con guías de apertura y cierre seleccionadas

3.1.2.2 Guías para centrado de placas

En esta selección tenemos dos opciones, la primera es colocar 4 guías perpendiculares o 6 guías perpendiculares como se muestra en las siguientes figuras:

En la figura 3.5, se muestra la opción 1, el molde guiado por 4 guías, una en cada esquina del molde, lo que permitirá que el molde se ajuste perfectamente con la boquilla y el sistema de alimentación.

En la figura 3.6, se muestra la opción 2, el molde guiado por 6 guías, tres por cada lado del molde, en forma vertical, en este caso no se selecciona esta opción ya que las guías sirven únicamente para precisamente guiar el molde, seis guías resultan demasiadas, además nos quitaran el espacio que se necesita para la sujeción del molde a la máquina y las guías para apertura y cierre del molde que se analizó anteriormente.

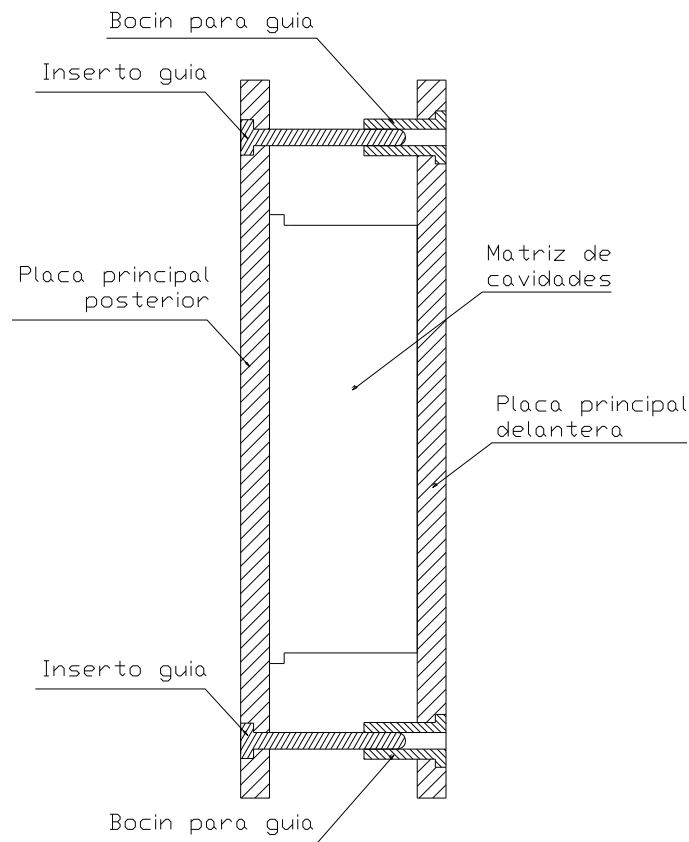


Figura 3.5 Opción 1 para guías para centrado de placas.

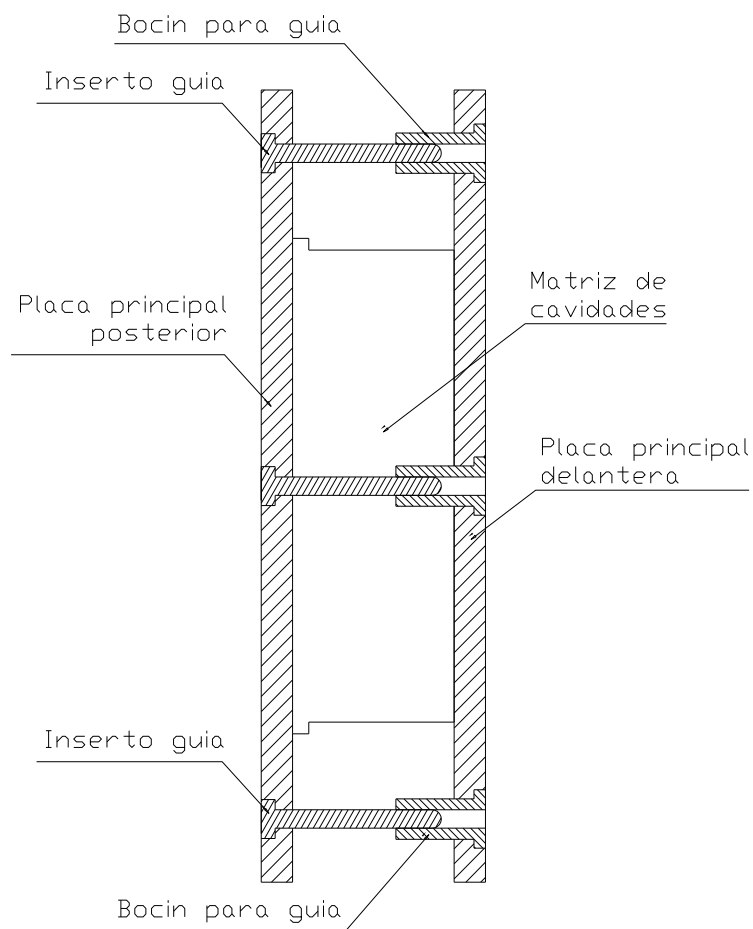


Figura 3.6 Opción 2 para guías para centrado de placas.

Tabla 3.4: Matriz de ponderación de guías de centrado de molde

	Guías para centrado de molde	
	Opción 1	Opción 2
Funcionalidad	20	20
Operación	9	7
Acoplamiento	10	7
Montaje	10	10
Materia Prima	14	10
Proceso de Fabricación	18	16
Costos	28	20
Total:	109	90

Fuente: Oscar Loayza 2012

Por lo tanto, se elige como mejor opción, a la opción 1, ya que el espacio que se ocuparía con la segunda opción, es un espacio muy importante para la sujeción

del molde a la máquina y para el dimensionamiento de las guías de apertura y cierre del molde, estas guías se ubicarán en los espacios que ocupan las dos guías adicionales de la segunda opción.

Siendo importante aclarar que la opción 2 es viable pero dimensionaría el molde más grande lo que es directamente proporcional al peso del mismo, haciéndolo más pesado y más costoso por el material para construcción del molde.

3.1.3 SISTEMA DE REFRIGERACION.

Del sistema de enfriamiento depende la producción, que sea rápida, y que se obtengan piezas de buena calidad, sin rechupes o deformaciones por alta temperatura; por lo que se debe tener cuidado al momento de construir este sistema, con el fin de obtener los resultados deseados, aumentar la producción de la empresa y lo más importante, fabricar piezas de alta calidad.

Como lo estudiamos en el capítulo 2 del presente proyecto, se plantearon las siguientes opciones como posibles sistemas de enfriamiento para moldes:

1. Circuito simple con adaptador
2. Circuitos con canales transversales
3. Circuitos con adaptación para cavidades múltiples
4. Circuito rectangular
5. Circuito en Z
6. Circuito para refrigeración de núcleos
7. Circuito en espiral
8. Refrigeración con inserciones acanaladas
9. Circuito de refrigeración para núcleos largos
10. Refrigeración con plato deflector
11. Refrigeración de núcleos de gran diámetro

En el presente proyecto dividiremos los sistemas de refrigeración en los siguientes:

- a) Refrigeración de placa principal posterior
- b) Refrigeración de machos de adaptadores

- c) Refrigeración de matriz de cavidades.
- d) Refrigeración de placa principal delantera (mazarote)

Para cada una de las clasificaciones que acabamos de hacer, tomaremos varias opciones que se decidan como factibles o viables de las 11 opciones explicadas en el capítulo 2.

3.1.3.1 Refrigeración de placa principal posterior

De las opciones antes mencionadas, realizaremos una selección de las más adecuadas para la construcción del sistema de refrigeración de cada uno de los sistemas que hemos clasificado para el molde.

Para la refrigeración de la placa principal posterior, se consideran los siguientes circuitos:

Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Circuito 1	Circuito 2	Circuito 4	Circuito 5

Para ilustrar como se verían las diferentes opciones, podemos observar la figura 3.7 y la figura 3.8.

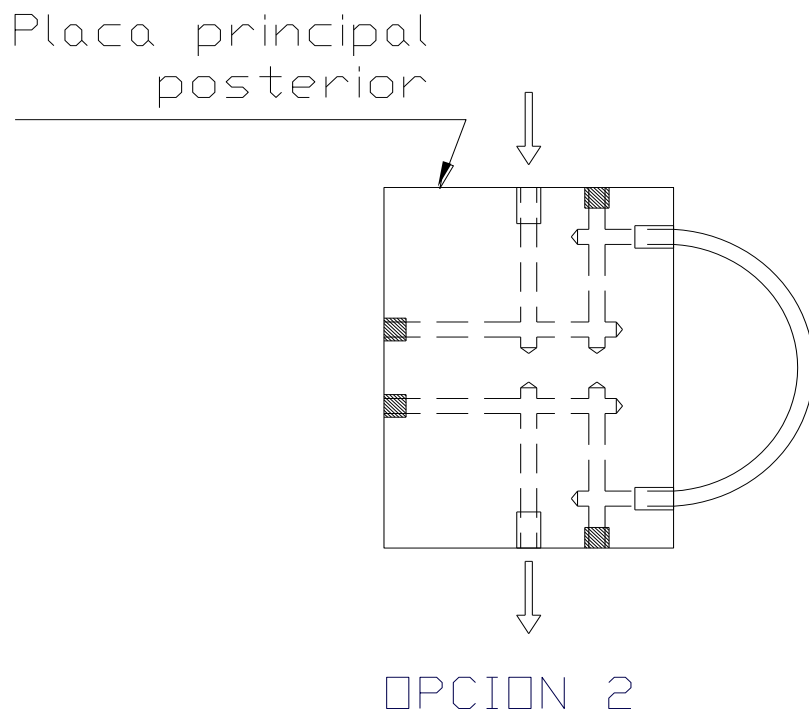
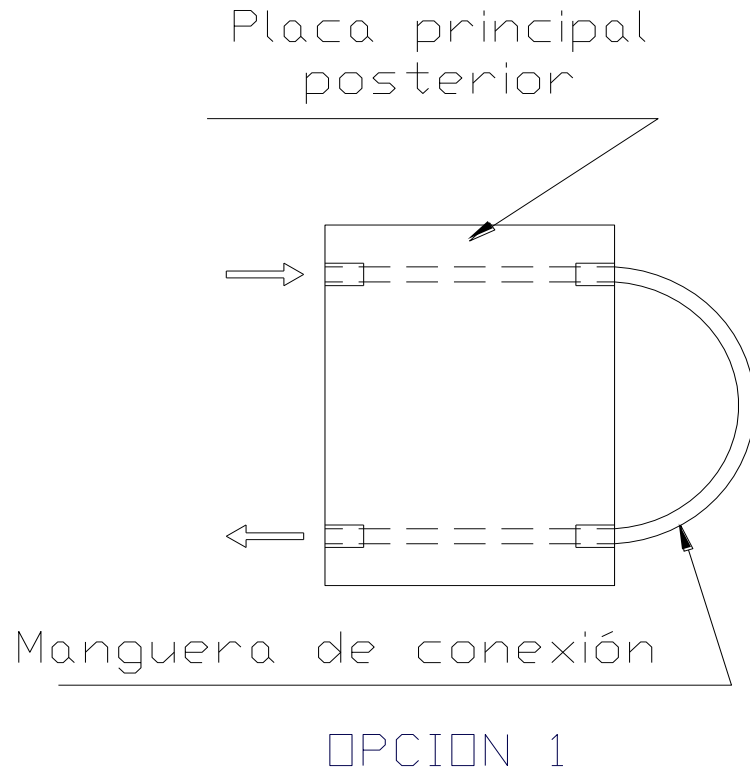
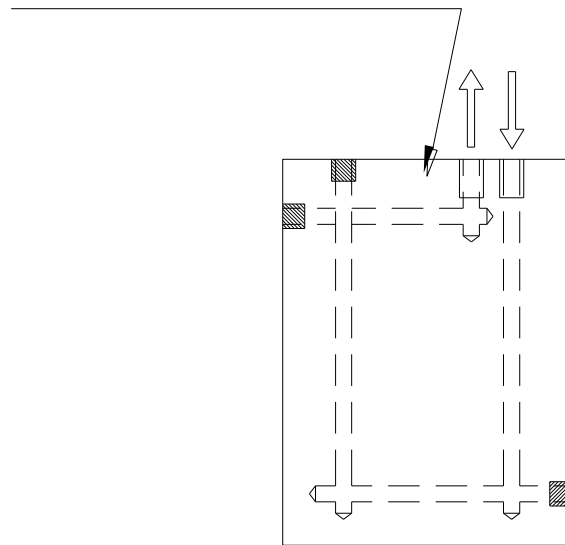


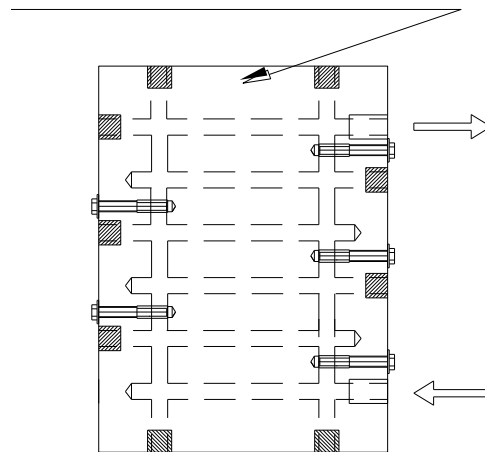
Figura 3.7 Opciones 1 y 2 para diseño de sistema de refrigeración de placa principal posterior

Placa principal posterior



OPCIÓN 3

Placa principal posterior



OPCIÓN 4

Figura 3.8 Opciones 3 y 4 para diseño de sistema de refrigeración de placa principal posterior

Tal como lo hemos realizado en la selección de las mejores opciones en los sistemas anteriores, realizaremos una Matriz de Ponderación, puntuaremos los diferentes sistemas y seleccionaremos la mejor opción.

Tabla 3.5: Matriz de ponderación de sistema de refrigeración de placa principal posterior

	REFRIGERACION DE PLACA PRINCIPAL POSTERIOR			
	Circuito simple con adaptador	Circuitos con canales transversales	Circuito rectangular	Circuito en Z
Funcionalidad	10	19	19	19
Operación	9	9	10	10
Acoplamiento	2	10	4	3
Montaje	10	10	6	5
Materia Prima	14	15	13	14
Proceso de Fabricación	20	18	18	8
Costos	30	29	25	20
Total:	95	110	95	79

Fuente: Oscar Loayza

Se observa claramente que la opción más acertada es la opción 2, además se ha considerado esta como la mejor opción ya que necesitamos un sistema de refrigeración de los machos, el cual lo diseñaremos a partir de este sistema de refrigeración, haciendo uso de las líneas de refrigeración que están en la mitad de la placa ya que los machos se orientaran en la misma línea vertical, de tal manera que se construye un sistema más eficiente con menos circuitos de refrigeración. Por otro lado, la construcción de este sistema es más económica que construir el sistema en Z y en cuanto a la refrigeración del sistema es mejor que el circuito simple ya que este solo circula por dos líneas rectas en la placa.

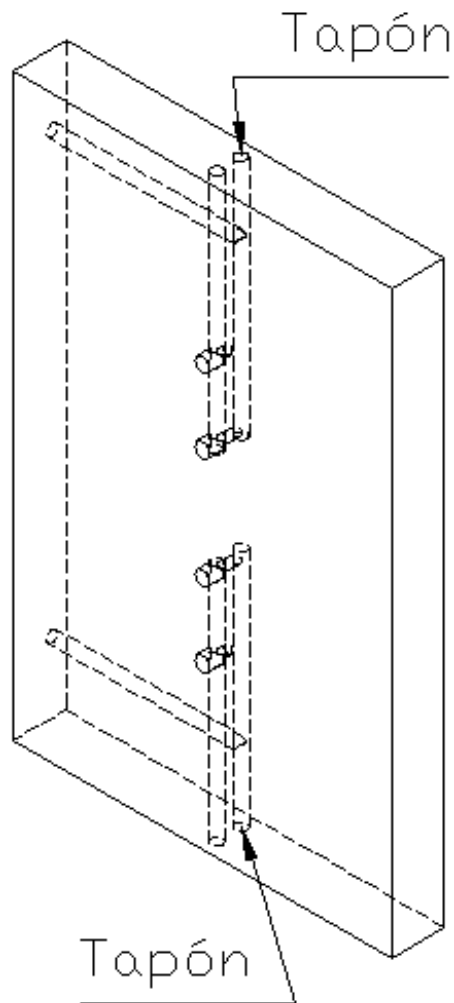


Figura 3.9 Esquema de placa de refrigeración posterior con canales para enfriamiento de los machos.

3.1.3.2 Refrigeración de machos de adaptadores

Para la refrigeración de los machos de los adaptadores que vamos a fabricar, se consideran los siguientes circuitos:

Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Circuito 6	Circuito 7	Circuito 8	Circuito 9

Para ilustrar como se vería la opción más viable, podemos observar la figura 3.10.

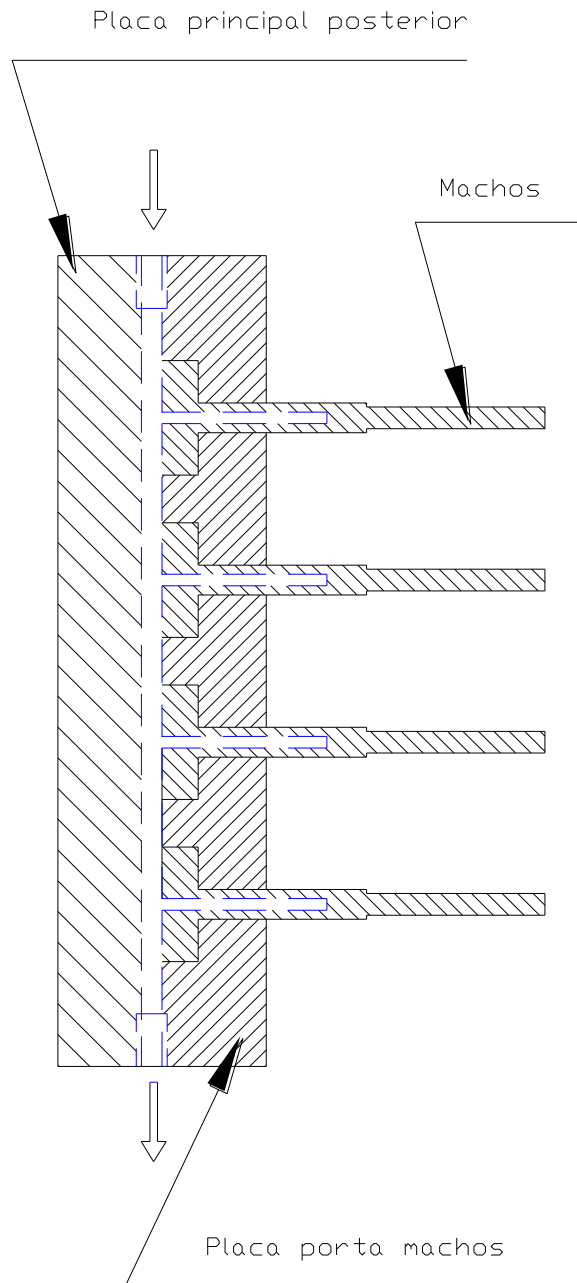


Figura 3.10 Opciones 1 para diseño de sistema de refrigeración de machos.

Todas las opciones son adecuadas para el tipo de refrigeración que se esta necesitando pero hay que considerar que el diámetro de los adaptadores es de 1/2" por lo que las otras opciones serian canales de pocos milímetros complicando, primeramente, la construcción del sistema de refrigeración, y los costos.

A continuación podemos ver la tabla 3.6 que es la matriz de ponderación que necesitamos para seleccionar la mejor opción.

Tabla 3.6: Matriz de ponderación de sistema de refrigeración de los machos del molde.

REFRIGERACION DE MACHOS DE ADAPTADORES				
	Circuito para refrigeración de núcleos	Circuito en espiral	Refrigeración con inserciones acanaladas	Circuito de refrigeración para núcleos largos
Funcionalidad	18	10	15	20
Operación	9	8	8	9
Acoplamiento	10	8	8	8
Montaje	10	6	4	6
Materia Prima	14	10	9	12
Proceso de Fabricación	20	10	6	15
Costos	28	15	5	20
Total:	109	67	55	90

Fuente: Oscar Loayza 2012

Como podemos observar, los costos son el limitante mas alto en la selección de esta opción, aclarando que la funcionalidad es mejor en la opción 4, pero como lo explicamos, el diámetro del macho del adaptador que queremos fabricar, no nos permite construir este circuito de refrigeración. La opción 4 se la ha considerado, porque como lo explicamos anteriormente, este molde se pretende adaptar con moldes para la fabricación de adaptadores de 3/4" y 1", para ello consideramos importante el acoplamiento del mismo sistema de refrigeración para todos los sistemas.

La opción es la opción 1 que es la indicada en la figura 3.10

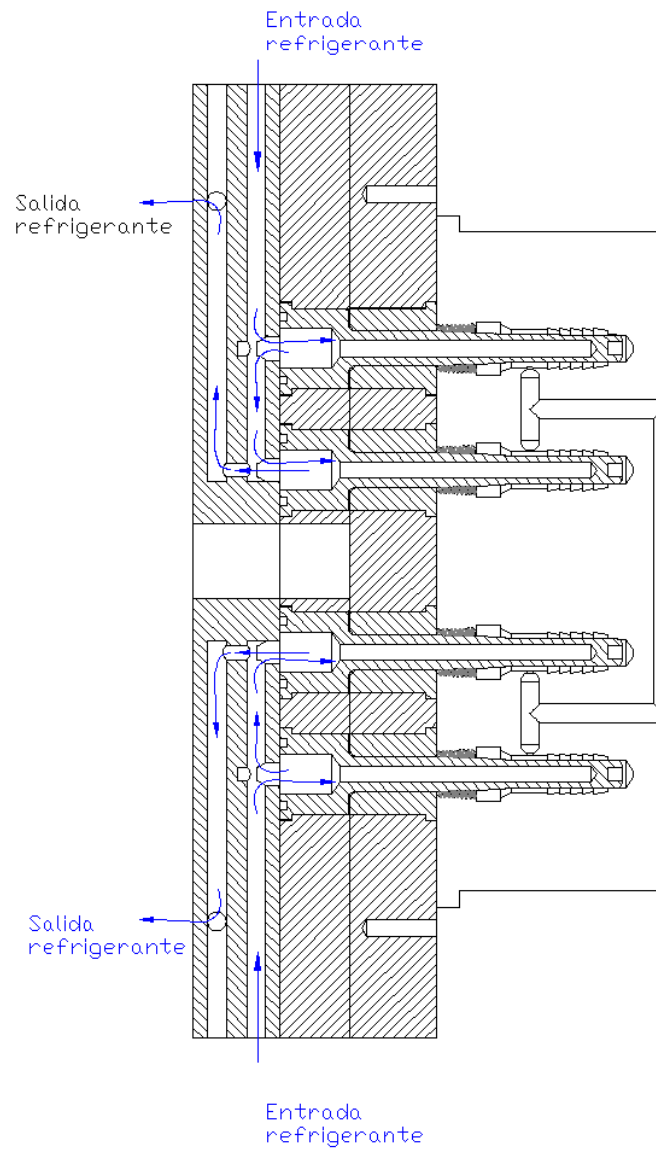


Figura 3.11 Esquema de sistema de refrigeración para machos.

3.1.3.3 Refrigeración de matriz de cavidades

Para la refrigeración de la matriz de cavidades de los adaptadores que vamos a fabricar, se consideran los siguientes circuitos:

Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Circuito 1	Circuito 2	Circuito 4	Circuito 5

En las figuras 3.12 y 3.13, podemos observar cuales serian los diseños de las 4 opciones que hemos seleccionado para tomar la decisión de cual de ellas será la mejor y será implementada en el presente proyecto.

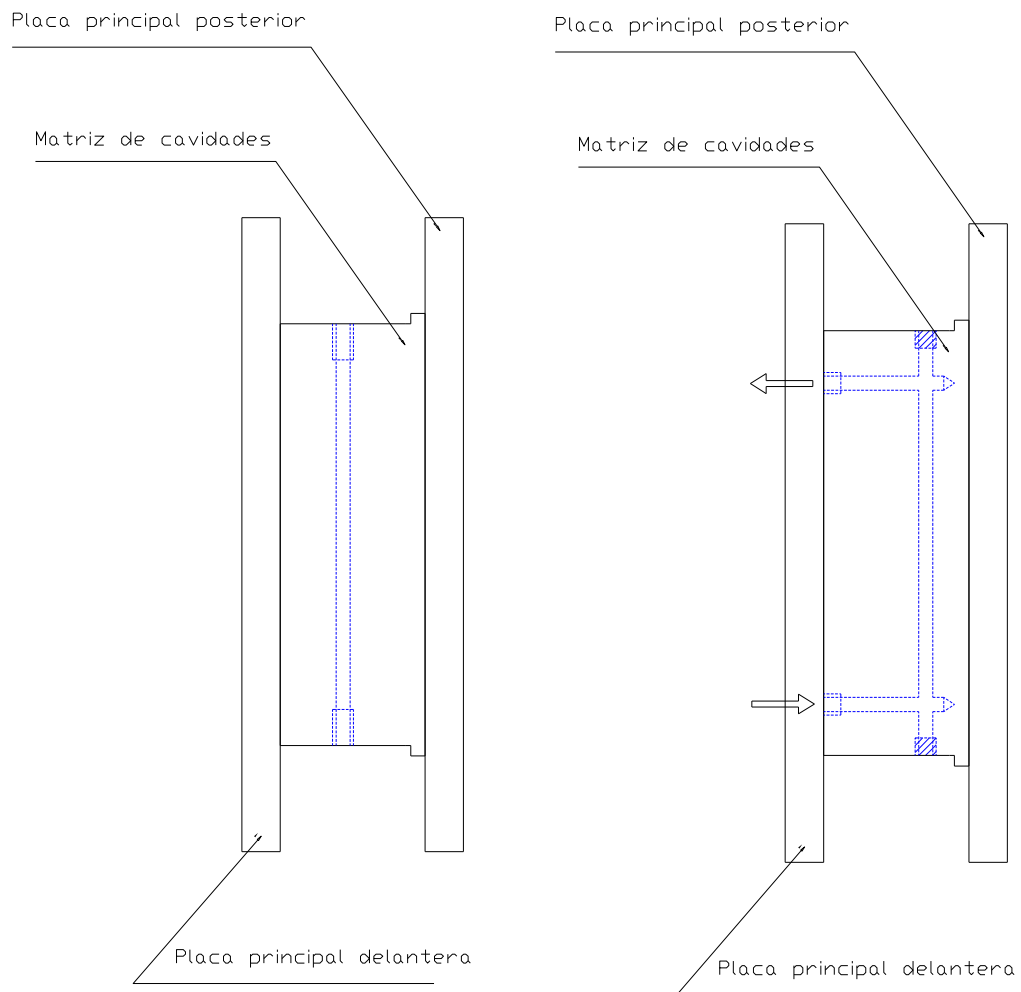


Figura 3.12 Opciones 1 (izquierda) y 2 (derecha), para el sistema de refrigeración de la matriz de cavidades

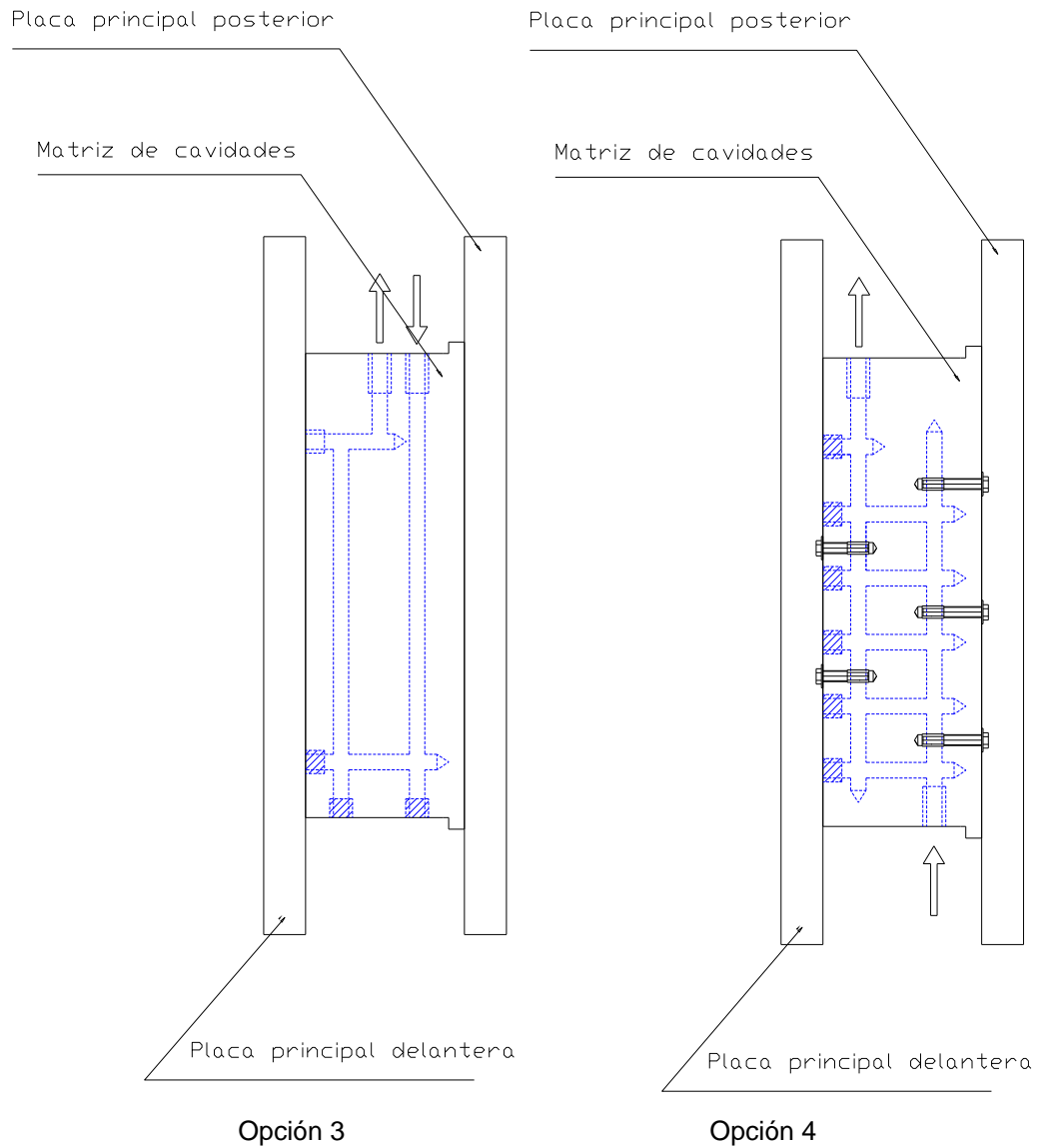


Figura 3.13 Opciones 3 (izquierda) y 4 (derecha), para el sistema de refrigeración de la matriz de cavidades

Ahora que ya tenemos claras las opciones que hemos planteado, procederemos a elaborar la matriz de ponderación para tomar la decisión de la mejor opción.

Tabla 3.7 Matriz de ponderación de sistema de refrigeración de matriz de cavidades

<i>REFRIGERACION DE MATRIZ DE CAVIDADES</i>				
	Circuito simple con adaptador	Circuitos con canales transversales	Circuito rectangular	Circuito en Z
Funcionalidad	19	19	19	19
Operación	10	7	8	6
Acoplamiento	10	8	5	4
Montaje	10	9	7	5
Materia Prima	14	12	10	10
Proceso de Fabricación	18	16	8	8
Costos	28	26	18	15
Total:	109	97	75	67

Fuente: Oscar Loayza 2012

Claramente podemos observar que la opción más viable para su construcción es el circuito simple, se decide esta como la mejor opción ya que necesitamos que esta matriz de cavidades este siempre en constante movimiento, lo que se vería limitado si colocamos un sistema con varias mangueras que habiliten el sistema (superiores, inferiores y frontales). Lo más importante a tomar en cuenta es el costo de la fabricación del sistema, si es estrictamente necesario, el costo se ve justificado, pero al tratarse de la matriz que necesita estar a una temperatura promedio sin que suba abruptamente y tomando en cuenta que en el interior, los machos ya tienen enfriamiento, el circuito simple para refrigeración es más que suficiente y no se justifica un gasto mayor en este proceso.

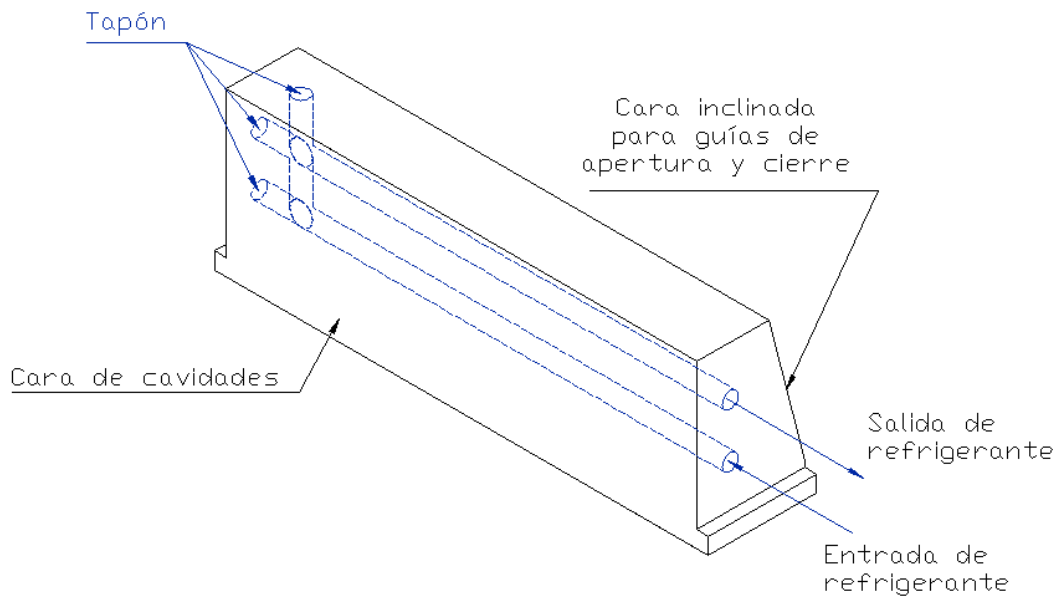


Figura 3.14 Esquema de canales para sistema de refrigeración seleccionado para matriz de cavidades

3.1.4 MECANISMO DE EXPULSION DE LAS PIEZAS FABRICADAS.

En el capítulo 2, describimos los diferentes sistemas de expulsión que se pueden considerar para la construcción de un molde para inyección de plástico, ahora, vamos a tomar en cuenta todos y cada uno de los diferentes sistemas de expulsión, decidiremos 3, que consideraremos como las opciones más factibles y se tomará una decisión indicando cuál de estas tres opciones es la más adecuada para nuestro proyecto.

Los diferentes sistemas de expulsión que tomaremos en cuenta son:

1. Espigas o vástagos extractores
2. Casquillos o manguitos extractores
3. Placas expulsoras
4. Sistemas combinados
5. Espiga extractora de válvula
6. Sistemas neumáticos

De entre los 6 sistemas antes descritos, se han analizado como las opciones más viables a las siguientes:

Opción 1	Opción 2	Opción 3
Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3

En las figuras 3.15-3.16, 3.17-3.18 y 3.19-3.20, podemos observar la ilustración de como se diseñaría las opciones 1, 2 y 3 respectivamente, para luego tomar una decisión sobre la mejor opción, la que se implementara y se construirá el molde en base a esta decisión.

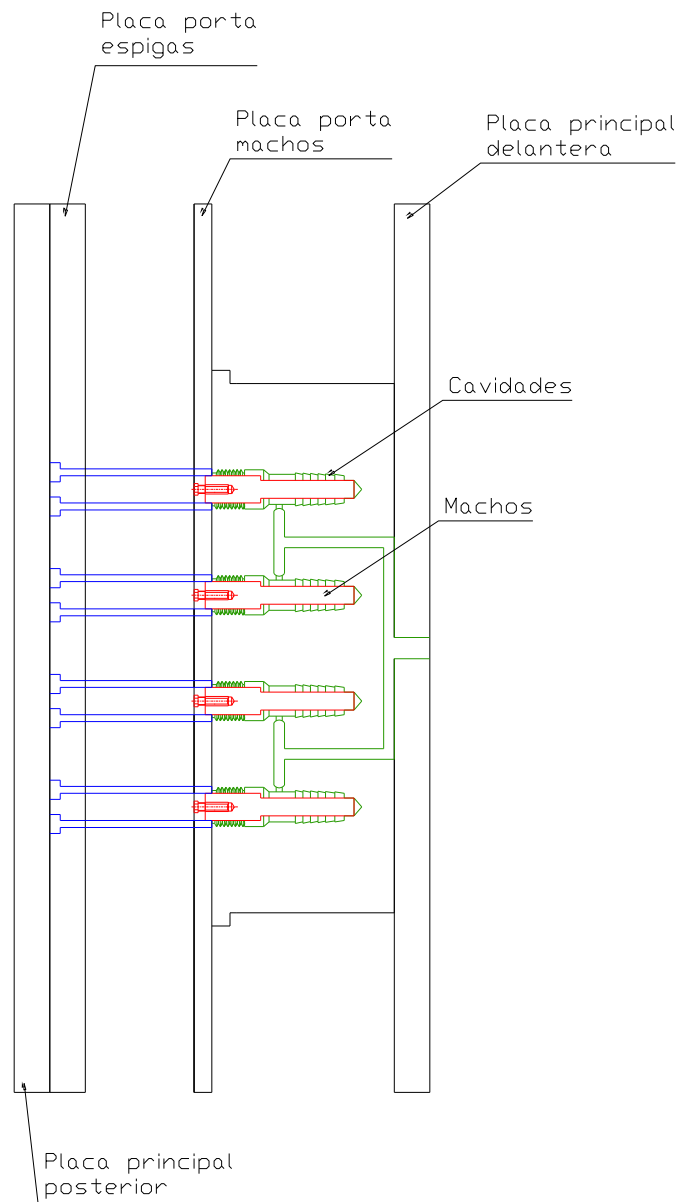


Figura 3.15 Opción 1 para mecanismo de expulsión de piezas, con el mecanismo cerrado

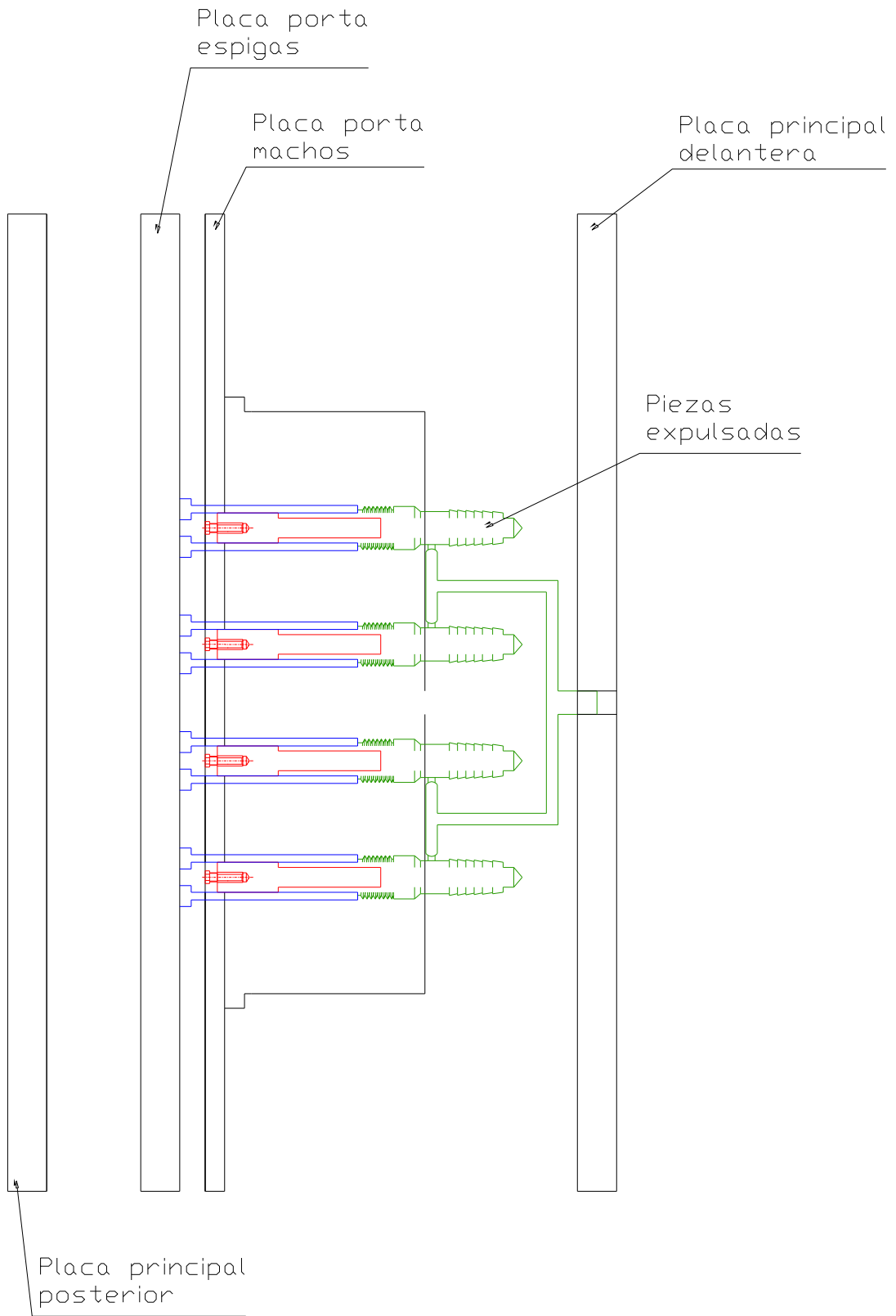


Figura 3.16 Opción 1 para mecanismo de expulsión de piezas con el mecanismo abierto y las piezas expulsadas

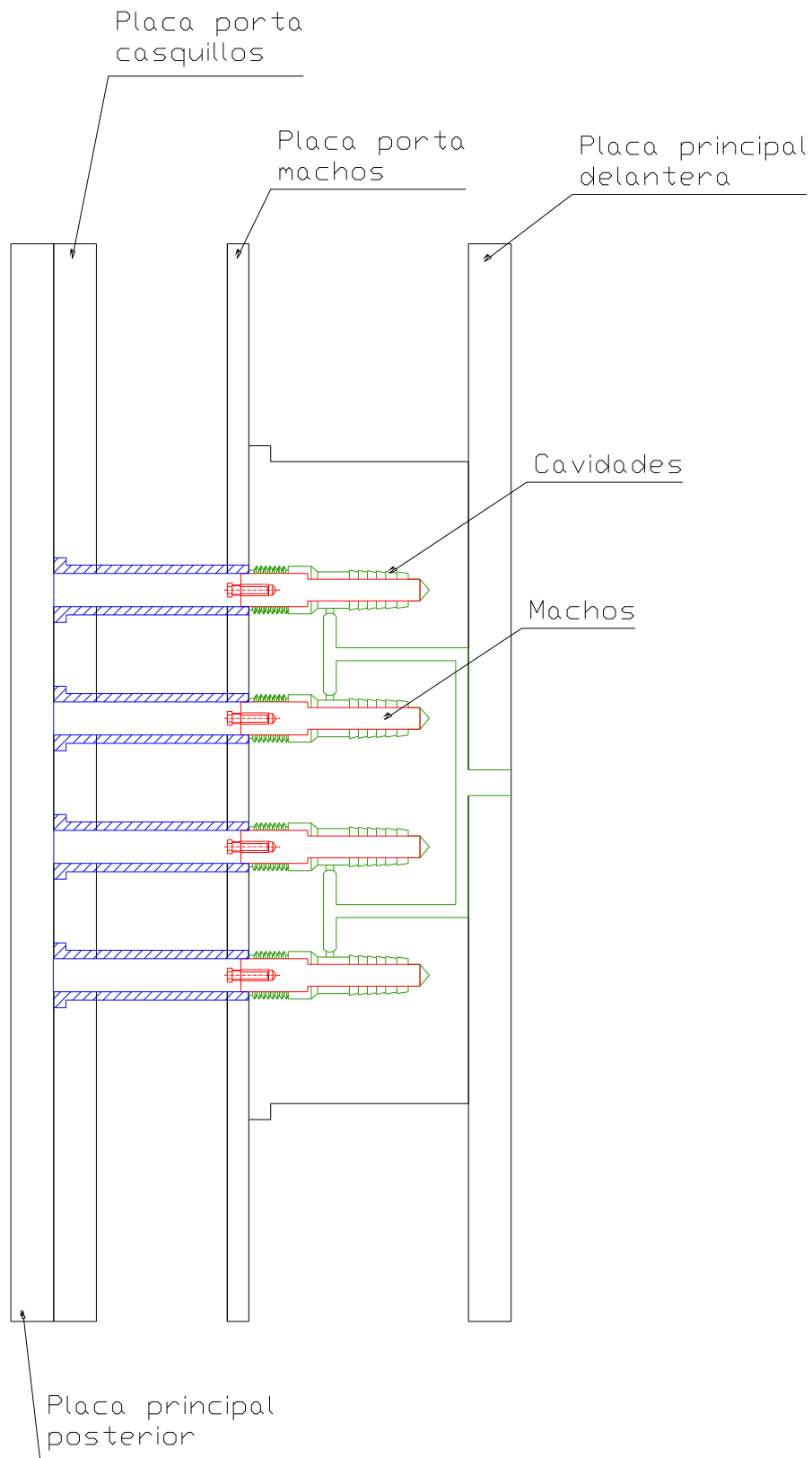


Figura 3.17 Opción 2 para mecanismo de expulsión de piezas, con el mecanismo cerrado

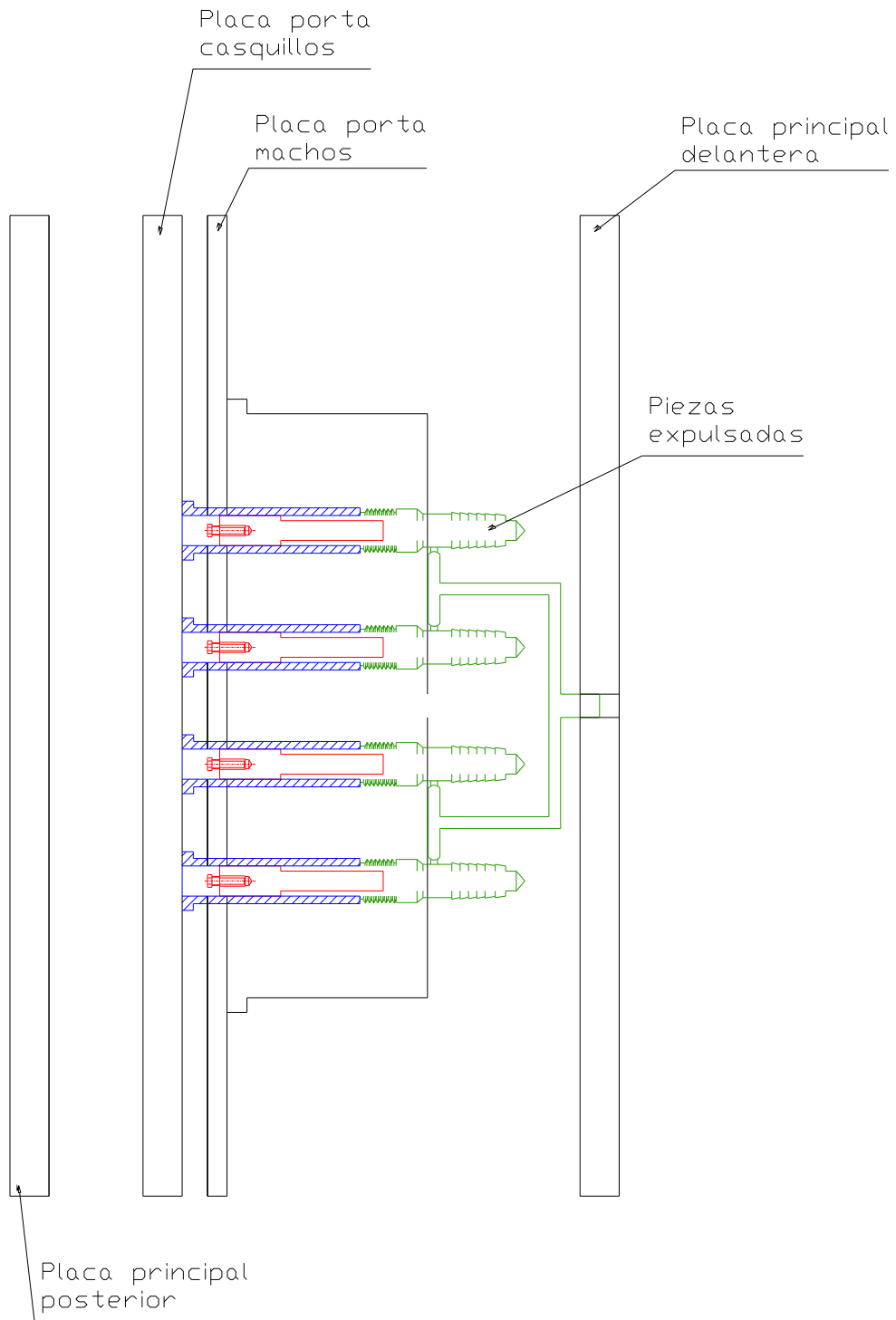


Figura 3.18 Opción 2 para mecanismo de expulsión de piezas con el mecanismo abierto y las piezas expulsadas

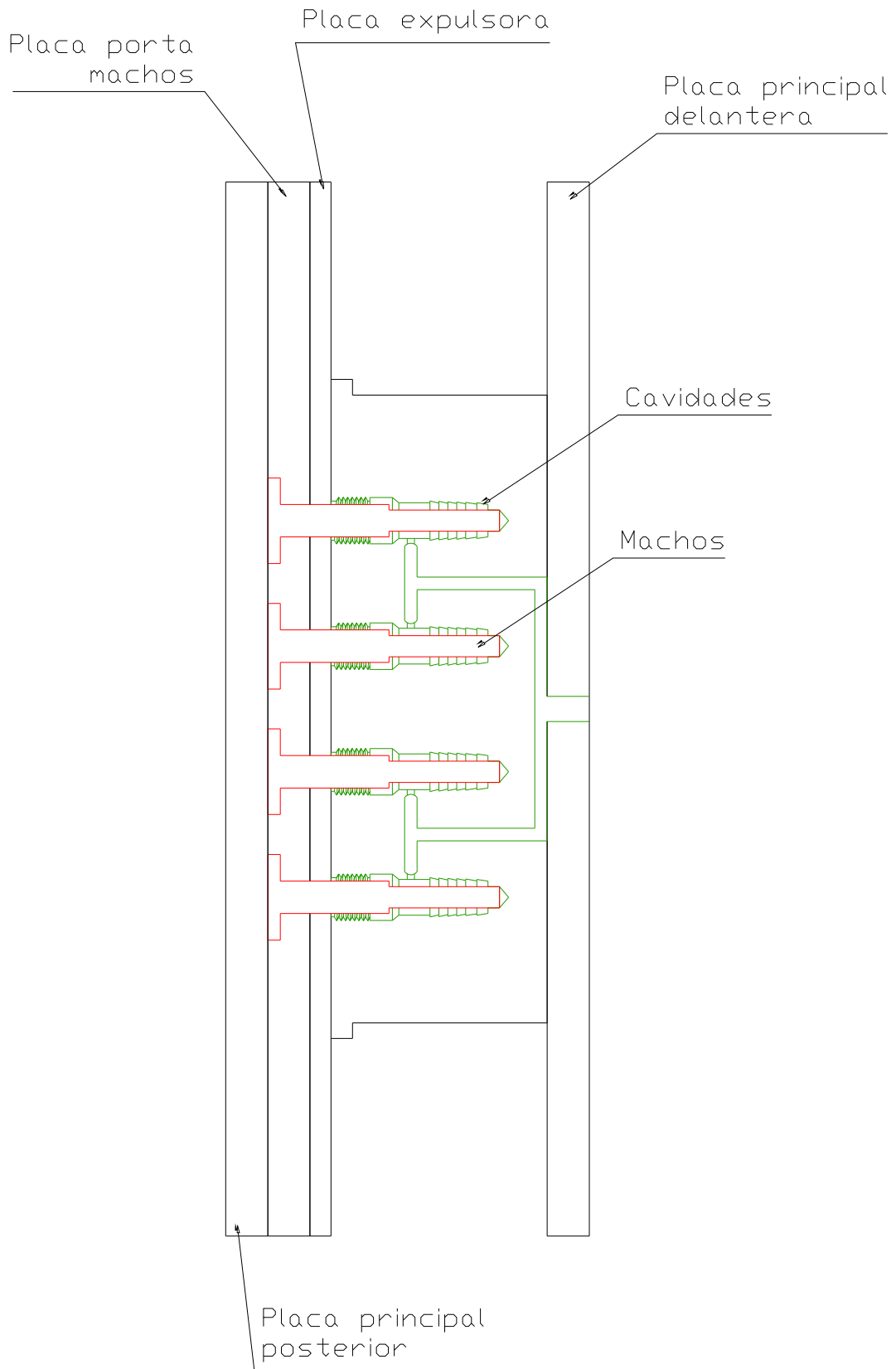


Figura 3.19 Opción 3 para mecanismo de expulsión de piezas, con el mecanismo cerrado

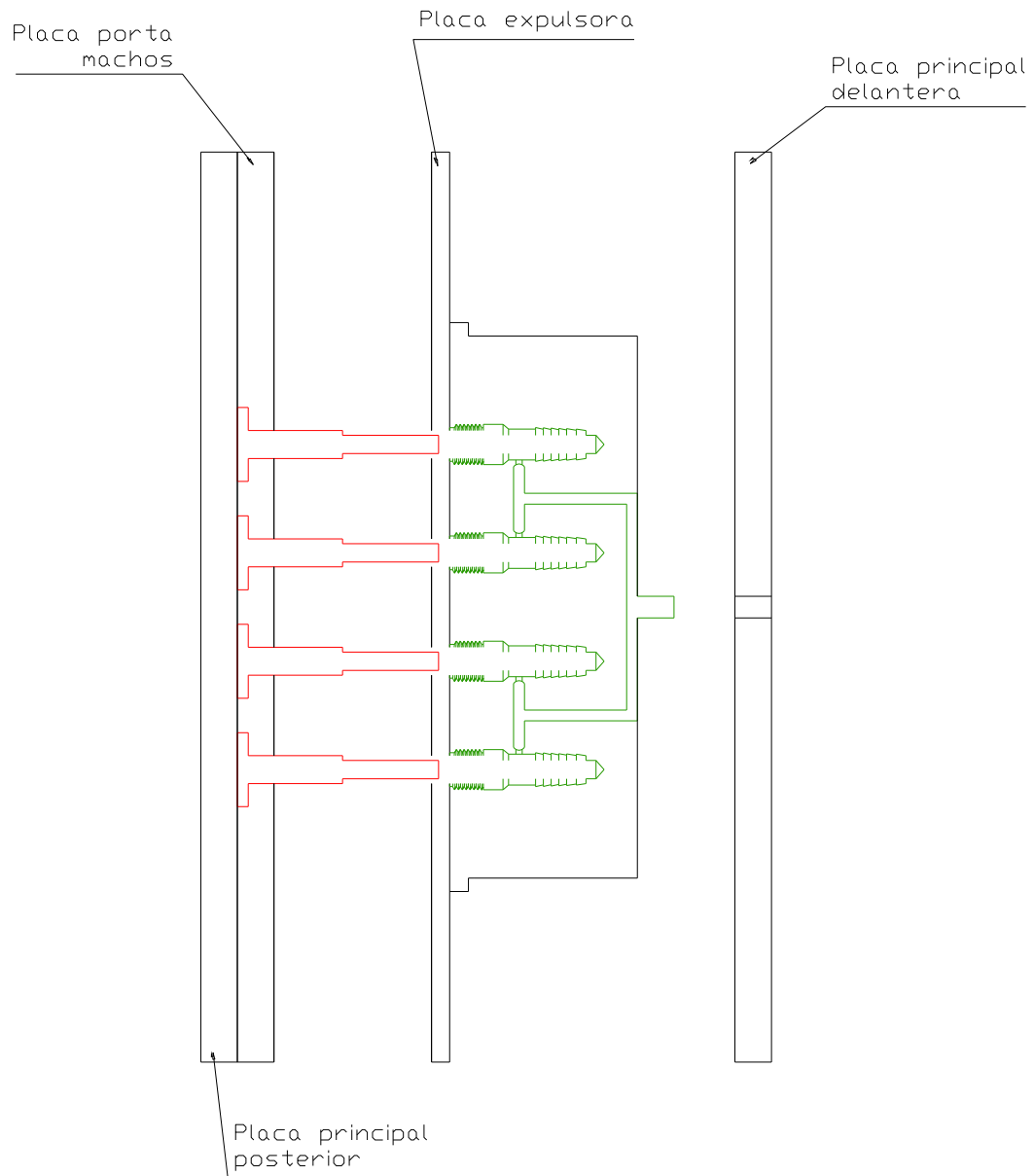


Figura 3.20 Opción 3 para mecanismo de expulsión de piezas con el mecanismo abierto y las piezas expulsadas

A continuación presentamos la matriz de ponderación con los valores que evalúan cada una de las opciones presentándonos la mejor alternativa para implementarla en el molde.

Tabla 3.8 Matriz de ponderación de mecanismo de expulsión

MECANISMO DE EXPULSION			
	Espigas o vástagos extractores	Casquillos o manguitos extractores	Placas expulsoras
Funcionalidad	16	17	20
Operación	8	8	9
Acoplamiento	5	5	10
Montaje	8	6	9
Materia Prima	13	10	14
Proceso de Fabricación	15	14	19
Costos	27	25	27
Total:	92	85	108

Fuente: Oscar Loayza 2012

Fácilmente podemos observar que la opción más viable es la placa expulsora, ya que con ella tenemos varios beneficios entre los que podemos indicar:

- Ahorro de una placa que sujeta las espigas expulsoras
- Contacto en toda el área del adaptador expulsándolo mas fácilmente
- Fácilmente acoplable para los otros dos moldes planificados a futuro
- Fácil construcción
- Construcción económica de la placa
- Fácil centrado y garantiza mas durabilidad que las espigas o casquillos

Una vez que ya hemos elaborado las tablas que nos facilitaron la selección de la mejor opción para el diseño, procedemos a seleccionar la mejor alternativa de diseño, basándonos en las tablas y presentamos el siguiente resumen.

3.1.5 SELECCIÓN DE MATERIAL PARA FABRICACION DEL MOLDE

Basándonos en el capítulo 2, donde tenemos, las varias opciones y recomendaciones para una selección adecuada del tipo de material que se va a utilizar para fabricación del molde, hemos acudido, a una empresa local que distribuye acero, entre los productos que ofrece, tenemos una sección denominada “MOLDES DE PLASTICO”, esta empresa se denomina “BOHLER

ANDINA”, a continuación presentamos un cuadro indicando los diferentes tipos de material que nos ofrece para la construcción de moldes para plásticos con su respectiva descripción.

Tabla 3.9 Listado de materiales del fabricante BOHLER.

Marca BÖHLER	Descripción
BÖHLER M200	Acero bonificado a 1000 N/mm ² con excelente maquinabilidad para moldes de tamaño pequeño y mediano para la transformación de materias plásticas, porta moldes, componentes para maquinaria y utillajes en general.
BÖHLER M201	Acero bonificado a 1000 N/mm ² para moldes de tamaño pequeño y mediano para la transformación de materias plásticas, portamoldes para moldes de plástico, componentes para maquinaria y utillajes en general.
BÖHLER M238	Acero bonificado a 1000 N/mm ² para moldes de tamaño medio y grande para la transformación de materias plásticas, portamoldes para moldes de plástico, componentes para maquinaria y utillajes en general.
BÖHLER M261 EXTRA	Acero templado por precipitación para moldes de plástico, con excelente maquinabilidad en durezas más altas, buena estabilidad dimensional, excelentes propiedades de nitruración, buena resistencia a la compresión y al desgaste. Aplicaciones: Htas. de alta presión para inyección de moldes, como piezas de cámaras, electrónica y electrodomésticos. Moldes de compresión de todos los tipos (contenedores de plástico) Moldes para elastómeros. Moldes para la producción de anillos de juntas. Sistemas de canalización en caliente. Herramienta de sujeción.
BÖHLER M268	Es un acero bonificado para moldes de plástico con excelente grado pureza debido a que es refundido al vacío (Vacuum melt remelted). Optimo pulido y tenacidad constante a lo largo del bloque. Dos opciones de dureza: 310 – 350 HB; 355 – 400 HB. Aplicaciones: Pulidos ópticos, grandes valores de resistencia en núcleo, ductilidad y excelente resistencia a la fatiga.

Tabla 3.9 (continuación) listado de materiales del fabricante BOHLER.

<p>BÖHLER M303 EXTRA</p>	<p>Acero inox. martensítico con excelente tenacidad, resistencia a la corrosión y resistencia al desgaste. Se caracteriza por una mejor maquinabilidad y Pulibilidad. Fue desarrollado para mejorar la homogeneidad y asegurar unas propiedades excepcionales de uso. El resultado (comparado con 1.2316) es la ausencia de delta ferrita en la matriz. Aplicaciones: Moldes para plásticos químicamente agresivos, como moldes para electrodomésticos, htas. de extrusión o para accesorios.</p>
<p>BÖHLER M315 EXTRA</p>	<p>Aceros para portamoldes resistente a la corrosión; mejor mecanización que en los aceros 1.2085; excelente maquinabilidad, buena resistencia a la corrosión, Aplicaciones: Portamoldes para la industria plástica y de fundición a presión y también para útiles auxiliarles en la transformación de materias plásticas. Templado y revenido Aprox. 1000 N/mm².</p>
<p>BÖHLER M333 ISOPLAST</p>	<p>Acero inox. al temple para moldes de altas prestaciones que requieren un pulido espejo, alta tenacidad y buena dureza, también para moldes que requieren una buena disipación de calor.</p>
<p>BÖHLER M340 ISOPLAST</p>	<p>Acero para plásticos ideal para la procesabilidad de materiales sintéticos con cargas abrasivas y corrosivas. Muy buena aptitud para el pulido y apropiado para el temple al vacío con una óptima estabilidad dimensional. Muy buena resistencia al desgaste y alta dureza tras el tratamiento térmico.</p>
<p>BÖHLER M390 MICROCLEAN</p>	<p>Acero inoxidable pulvimetalúrgico al temple con buen nivel de tenacidad para máxima resistencia a la corrosión y al desgaste. Moldes para la transformación de compuestos de moldeo químicamente agresivos y de moldes de plástico con aditivos abrasivos (particularmente en grandes series), p.e.: insertos de moldes para la fabricación de compact discs, moldes para la transformación de duroplásticos, para la fabricación de chips para la industria electrónica, así como tornillos sin fin para máquinas de inyección, revestimientos de cilindros de inyección, válvulas de reflujo para máquinas de inyección, componentes de maquinaria para la industria alimentaria, hojas de cuchillos, instrumentos quirúrgicos cortantes, cuchillas para la industria cárnica</p>

Fuente: Oscar Loayza 2012

Basándonos en lo explicado, acudimos a la empresa en mención para solicitar que nos aclaren las dimensiones y la existencia de estos materiales en el mercado, lo que nos supieron dar por respuesta lo podemos encontrar en los anexos siguientes:

- Anexo 1: Hoja técnica de acero para moldes de plástico Prebonificado BOHLER M238
- Anexo 2: Dimensiones comerciales de acero BOHLER M238
- Anexo 3: Hoja técnica de acero para moldes de plástico BOHLER M303
- Anexo 4: Dimensiones comerciales de acero BOHLER M303

En estas hojas técnicas podemos observar que el acero denominado BOHLER M303, es un acero inoxidable martensítico, es diseñado especialmente para moldes para plásticos químicamente agresivos, lo que no es el caso de nuestro diseño, además cabe recalcar que por el tipo de material el costo es mayor que el costo del material denominado Bohler M238, las características del material seleccionado se pueden ver en el anexo 1, de las cuales recalcamos las siguientes:

- Buena maquinabilidad
- Buena Pulibilidad
- Gran tenacidad
- Electroerosionabilidad óptima, y por lo tanto máxima seguridad contra la formación de grietas durante la producción
- Buena aptitud para temple en profundidad

3.2 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA PARA DISEÑO

Luego de todo el análisis que hemos hecho en el correspondiente capítulo 3.1, podemos decir que la matriz que vamos a construir llevara las siguientes características:

Tabla 3.10 Resumen de selección de alternativas para diseño de molde.

Parámetro:	Selección:	Observaciones:
Número de piezas a fabricarse:	4	4 piezas orientas en sentido vertical
Guías para apertura y cierre de molde:	Insertos fijos de cara inclinada	4 insertos, dos por cada lado, con cara inclinada, pegados directamente a la matriz de cavidades
Guías para centrado de molde:	4 guías perpendiculares	Ejes cilíndricos, uno en cada esquina del molde.
Refrigeración de placa principal posterior:	Circuitos con canales transversales	Dos accesos y dos salidas conectadas directamente, en cada circuito se conecta la refrigeración de los machos
Refrigeración de machos de adaptadores:	Circuito para refrigeración de núcleos	Sistema directamente ligado con la refrigeración de la placa principal posterior, debido al diámetro de los machos, se hará un agujero en cada macho para enfriamiento como tubo capilar.
<i>Refrigeración de matriz de cavidades:</i>	Circuito simple con adaptador	Un acceso con una salida de refrigerante por cada matriz de cavidades, cada matriz tiene un sistema independiente
<i>Refrigeración de placa principal delantera (mazarote):</i>	Circuito simple con adaptador	Un acceso con una salida de refrigerante en la placa, este sistema es muy importante colocar para poder enfriar el mazarote.
Mecanismo de expulsión:	Placas expulsoras	Una placa expulsora que guiara el recorrido horizontal de las matrices de cavidades y expulsara las piezas elaboradas.

Tabla 3.10 (continuación) Resumen de selección de alternativas para diseño de molde

Material para fabricación del molde	Aceros Bohler M238	Acero que se encuentra en el mercado nacional, características óptimas para diseño de moldes para inyección de plástico.
-------------------------------------	--------------------	--

Fuente: Oscar Loayza 2012

ANEXO H

ANEXO I

CAPITULO 6

6 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL MOLDE

En el presente capítulo vamos a presentar los diagramas de proceso que se utilizarán para fabricar las piezas que han diseñado en el presente proyecto. Además vamos a elaborar un manual de ensamblaje del molde junto con los planos de ensamblaje para que sea fácil de armar para los operadores de la empresa auspiciante.

5.1. ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS DE PROCESO

Primeramente, antes de la elaboración de los diagramas de proceso, haremos un cuadro en el que se recopilen la totalidad de las piezas del molde, de esta manera, podremos realizar diagramas de proceso con un orden establecido en esta tabla.

Tabla 6.1: Listado de piezas del molde para realizar diagramas de proceso

LISTADO DE PIEZAS DEL MOLDE		
Ítem	Descripción	Cantidad
1	Matriz de cavidades A	1
2	Matriz de cavidades B	1
3	Placa principal delantera	1
4	Placa principal posterior	1
5	Bocín para cocina	1
6	Bebedero	1
7	Guía de apertura y cierre de cavidades	4
8	Bocín de guías de centrado	4
9	Guía de centrado de placas	4
10	Base de carro de movimiento axial de matrices	2
11	Pasador para base de carro de movimiento axial	4
12	Bocín para guías de apertura y cierre	4
13	Base para resorte	2
14	Placa porta machos	1

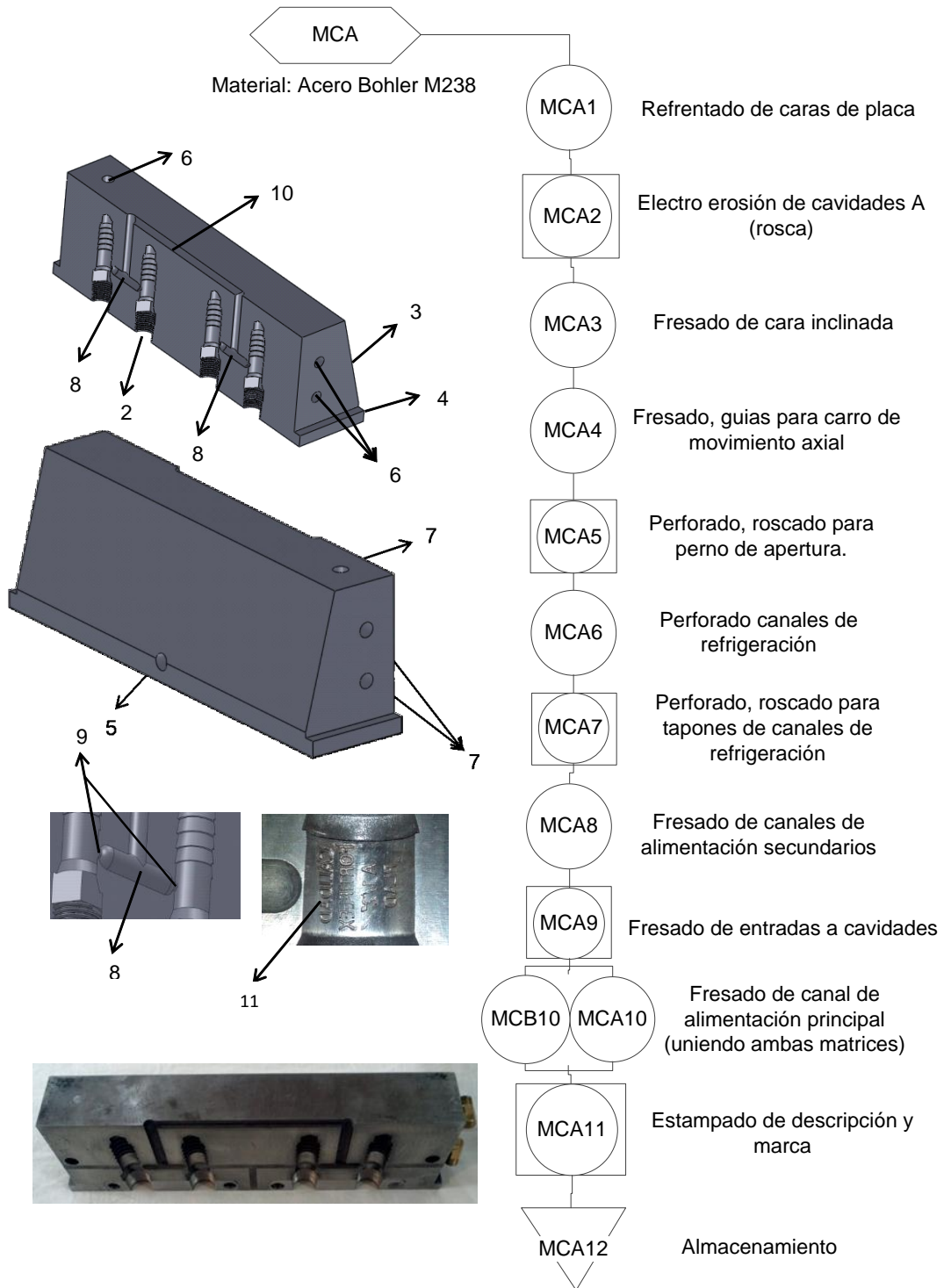
Tabla 6.1 (Continuación): Listado de piezas del molde para realizar diagramas de proceso

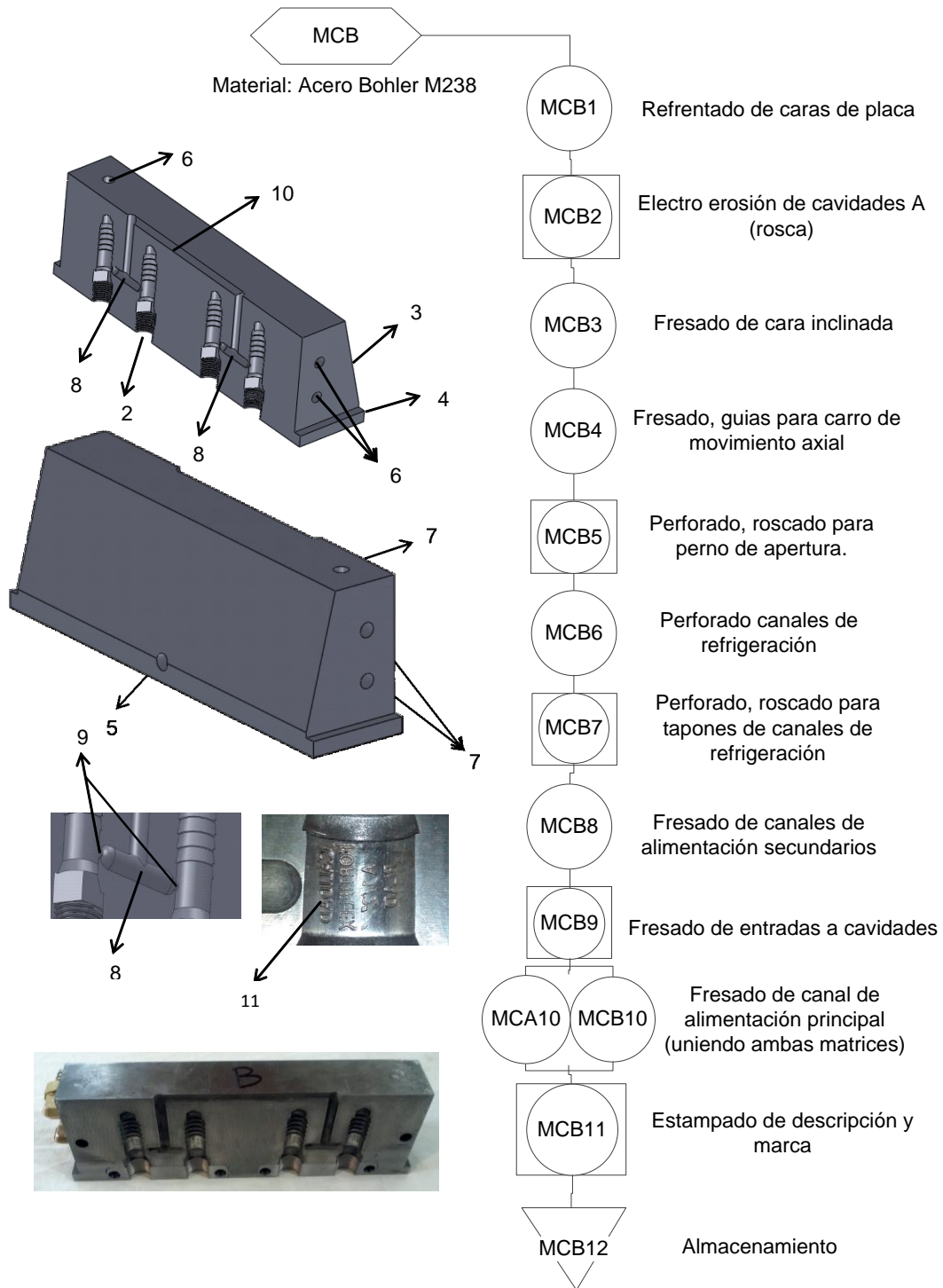
15	Macho	4
16	Bocín de macho	4
17	Bocín de fibra para agarre de placa	2
18	Eje de expulsores corto	2
19	Eje de expulsores largo	2
20	Placa de refrigeración posterior	1
21	Separador para resorte	2

Fuente: Oscar Loayza, 2012

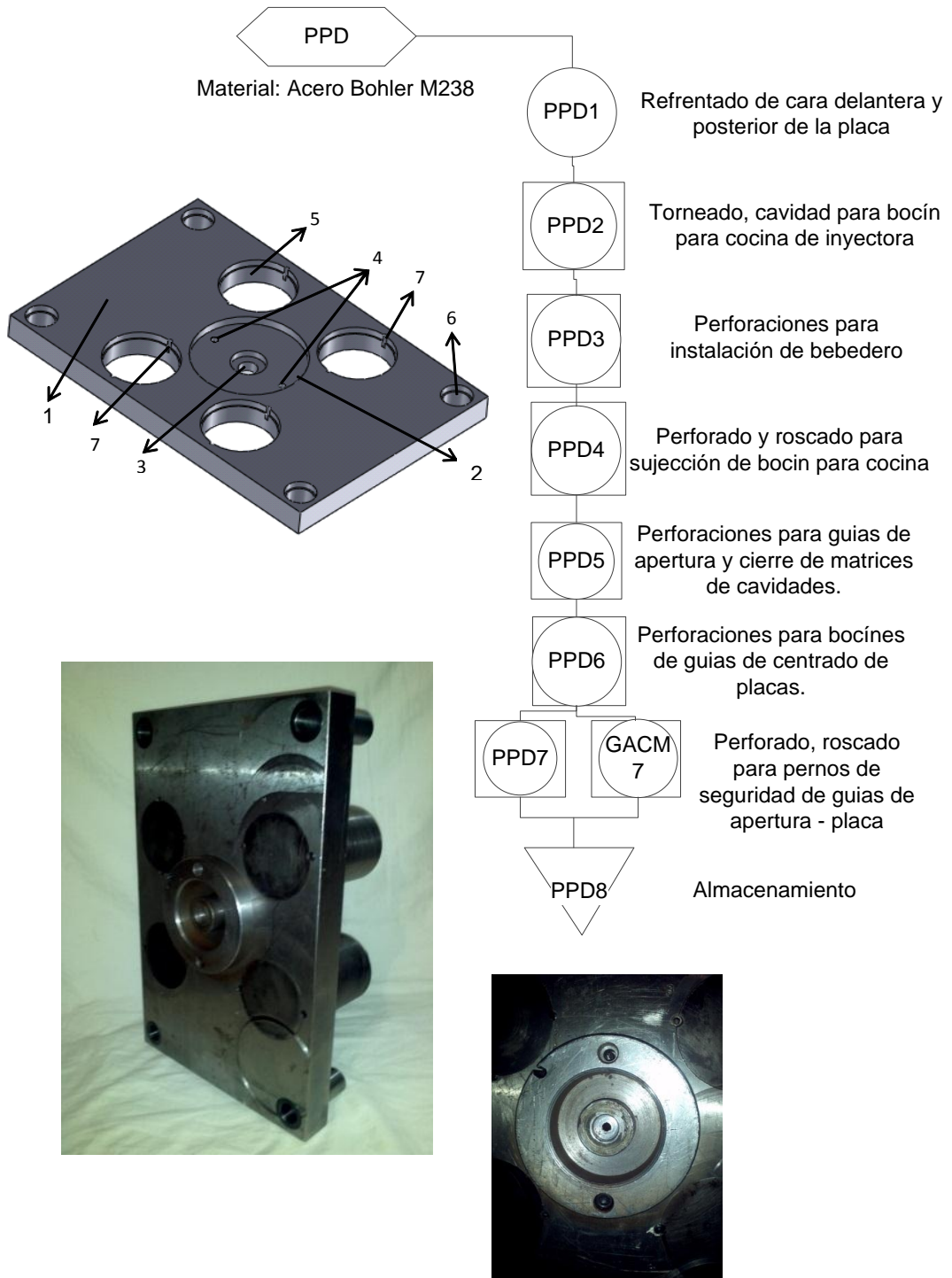
Con esta tabla procederemos a la elaboración de los diagramas de proceso.

6.1.1. MATRIZ DE CAVIDADES A Y B

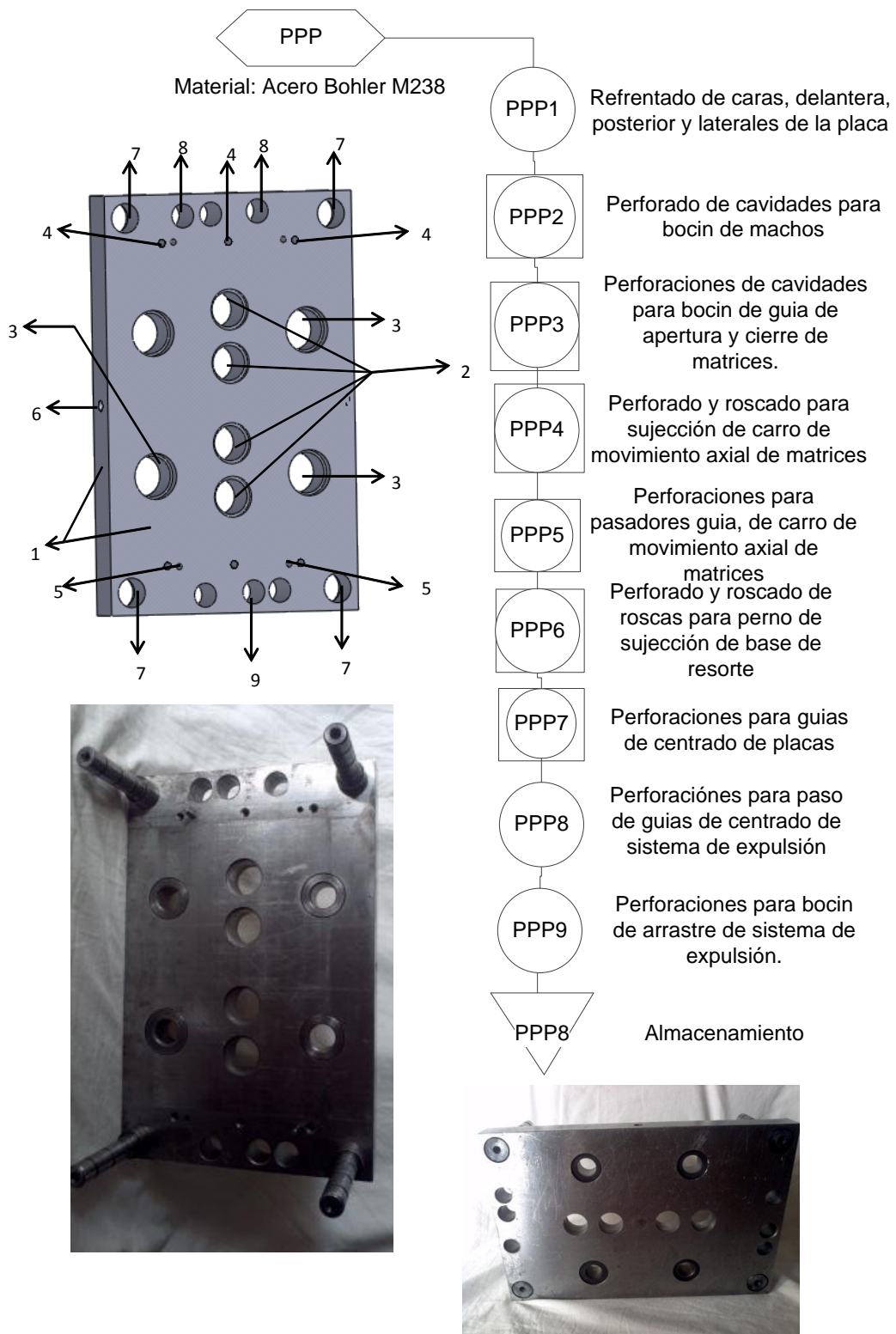




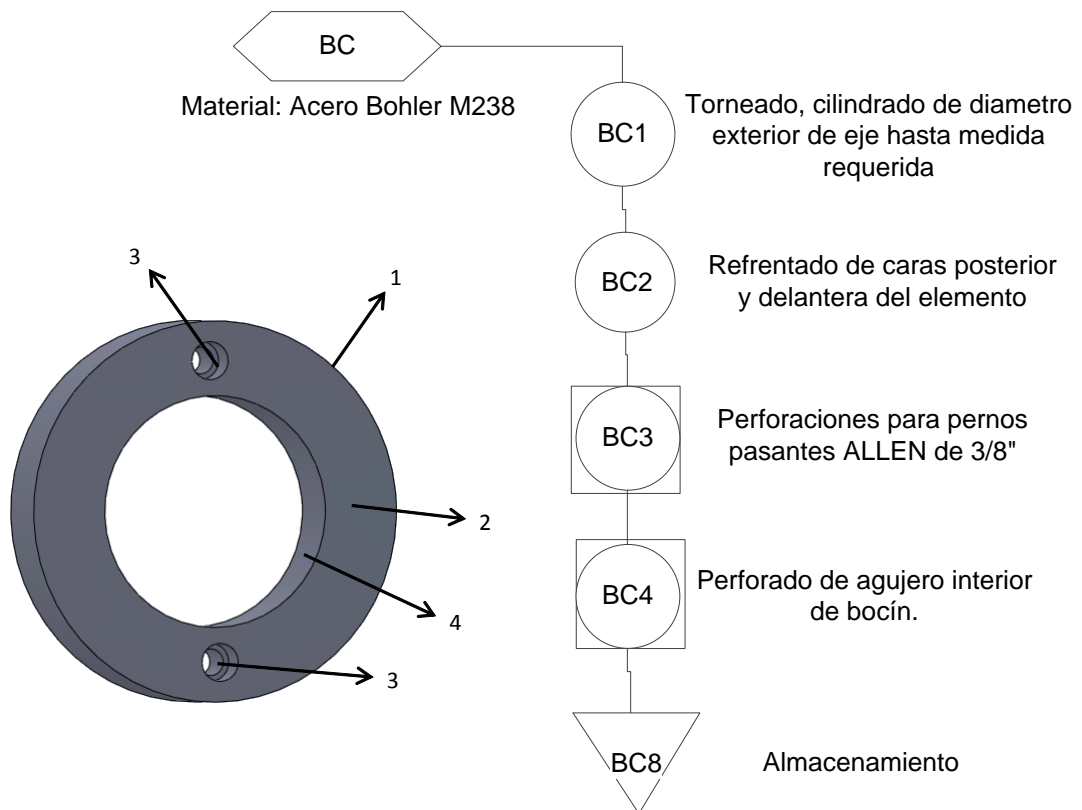
6.1.2. PLACA PRINCIPAL DELANTERA



6.1.3. PLACA PRINCIPAL POSTERIOR



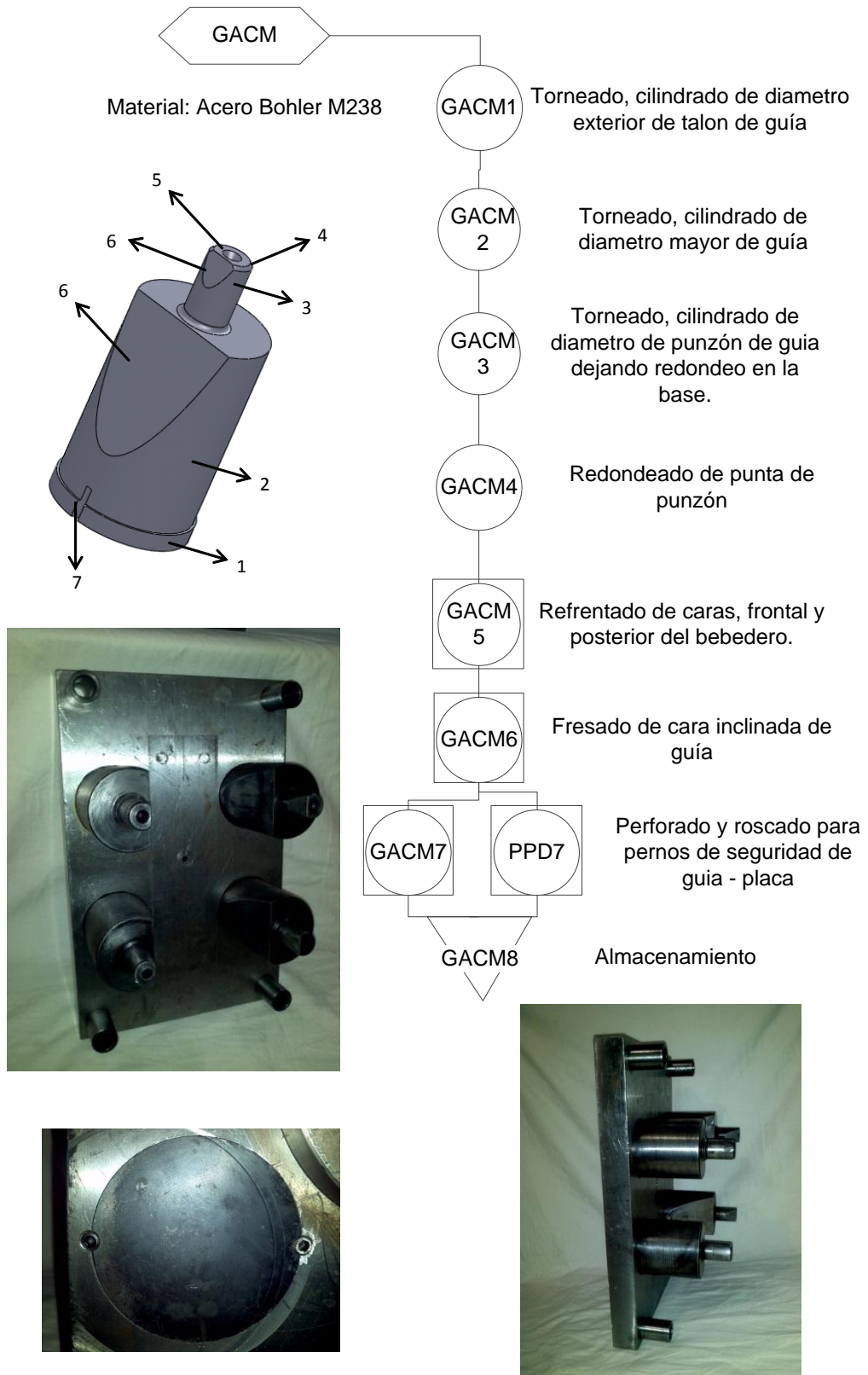
6.1.4. BOCÍN PARA COCINA



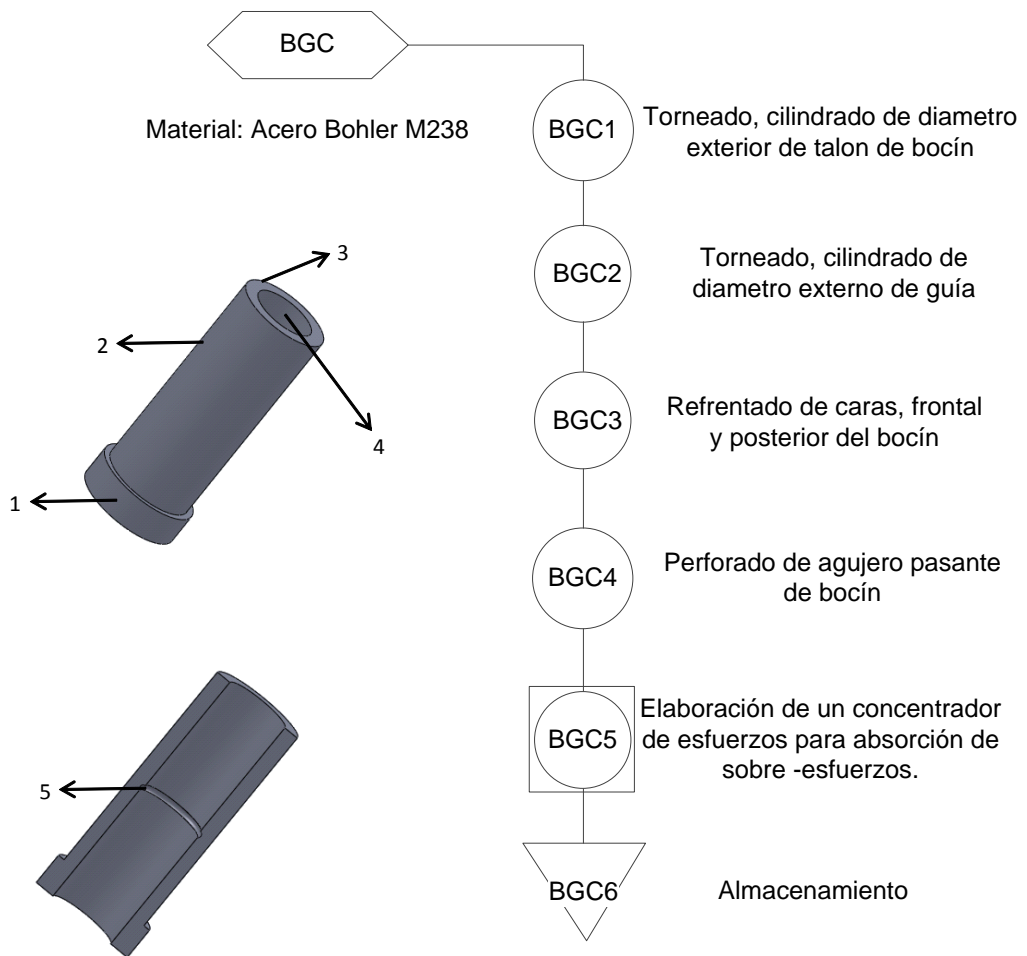
6.1.5. BEBEDERO



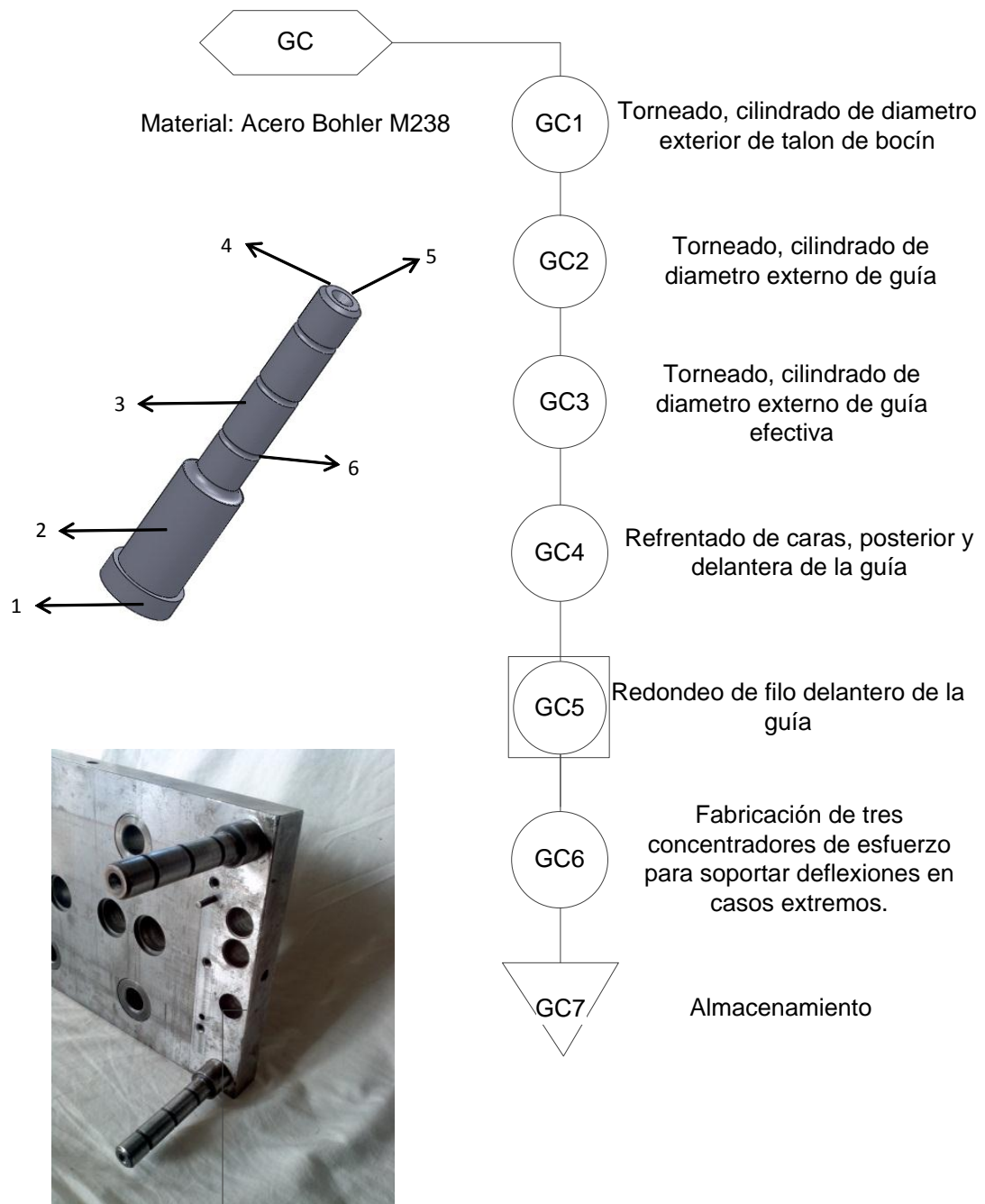
6.1.6. GUÍA DE APERTURA Y CIERRE DE CAVIDADES



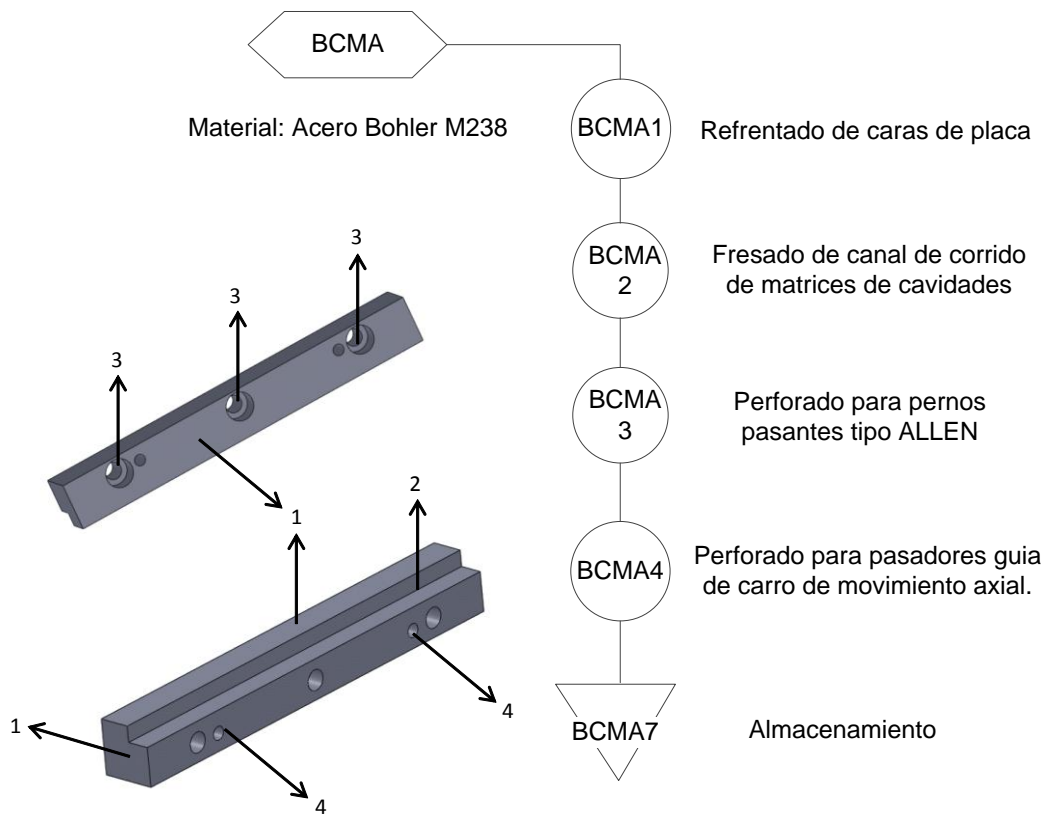
6.1.7. BOCÍN DE GUÍAS DE CENTRADO DE MOLDE



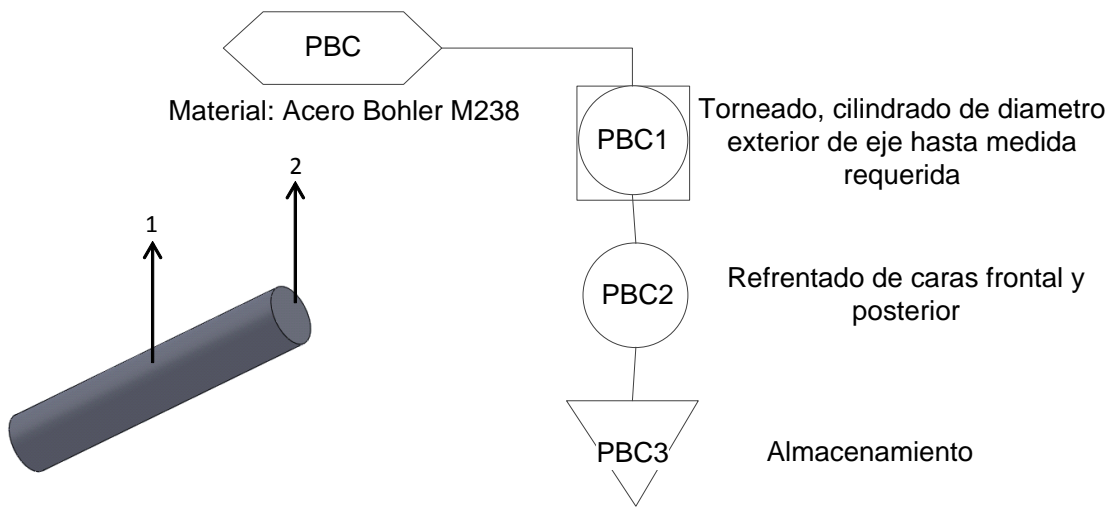
6.1.8. GUÍA DE CENTRADO DE PLACAS



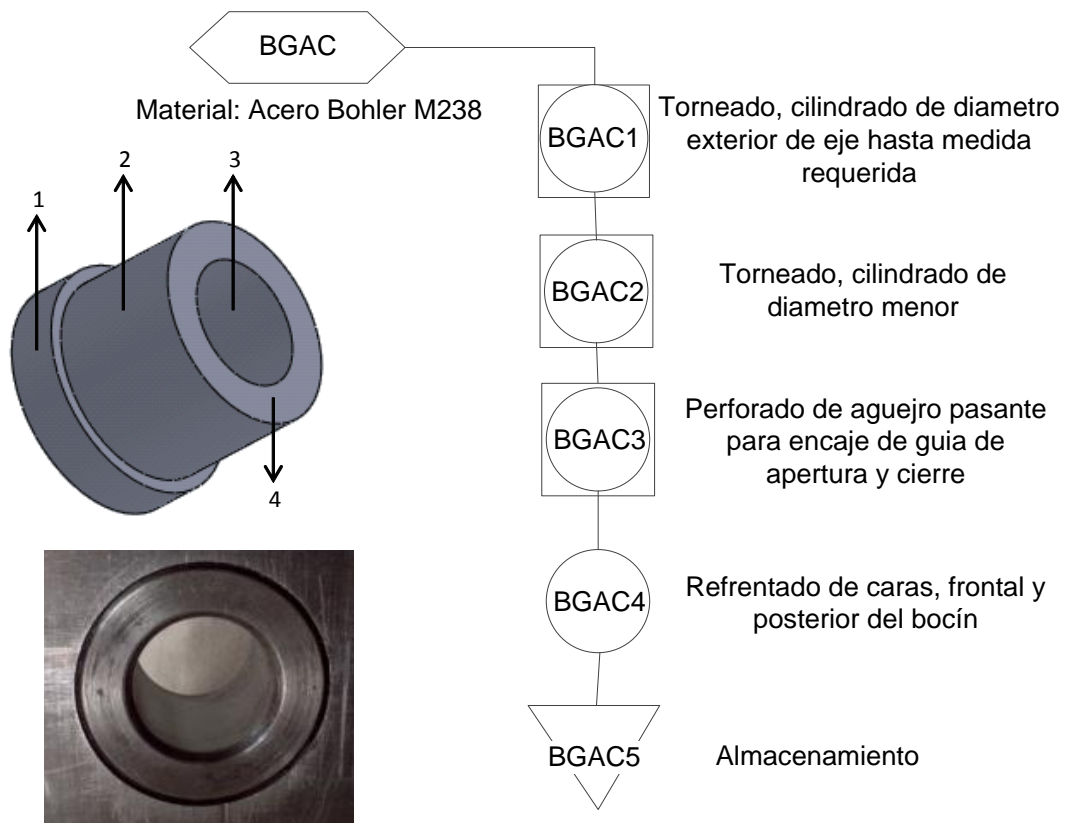
6.1.9. BASE DE CARRO DE MOVIMIENTO AXIAL DE MATRICES



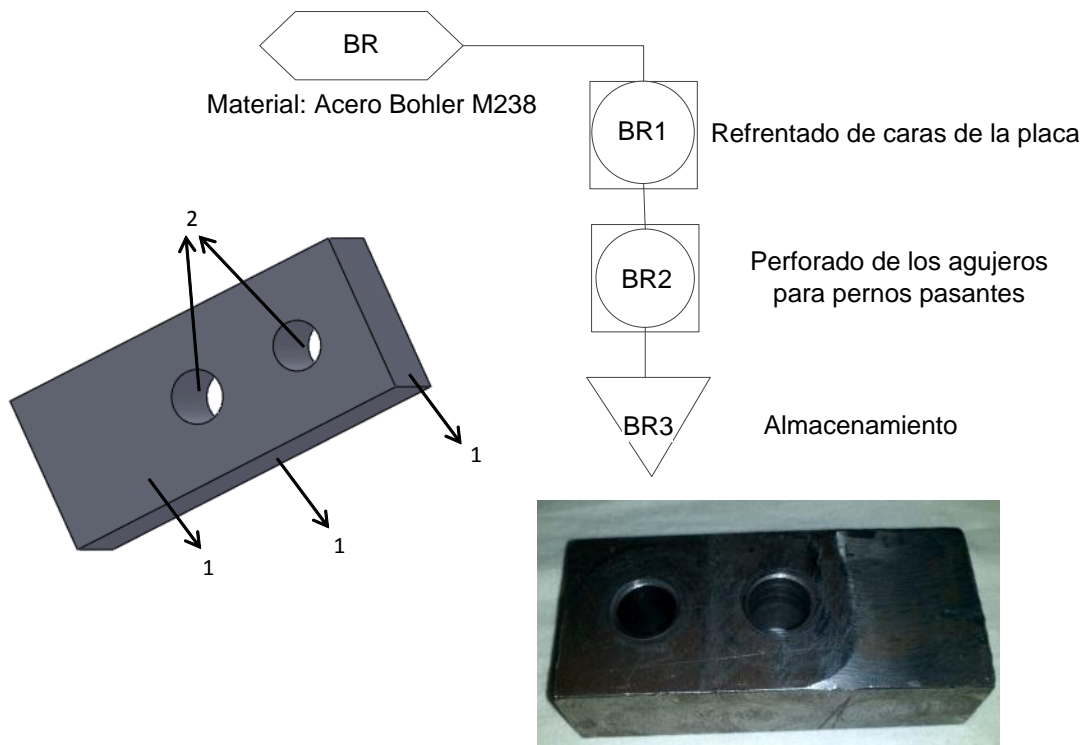
6.1.10. PASADOR PARA BASE DE CARRO DE MOVIMIENTO AXIAL



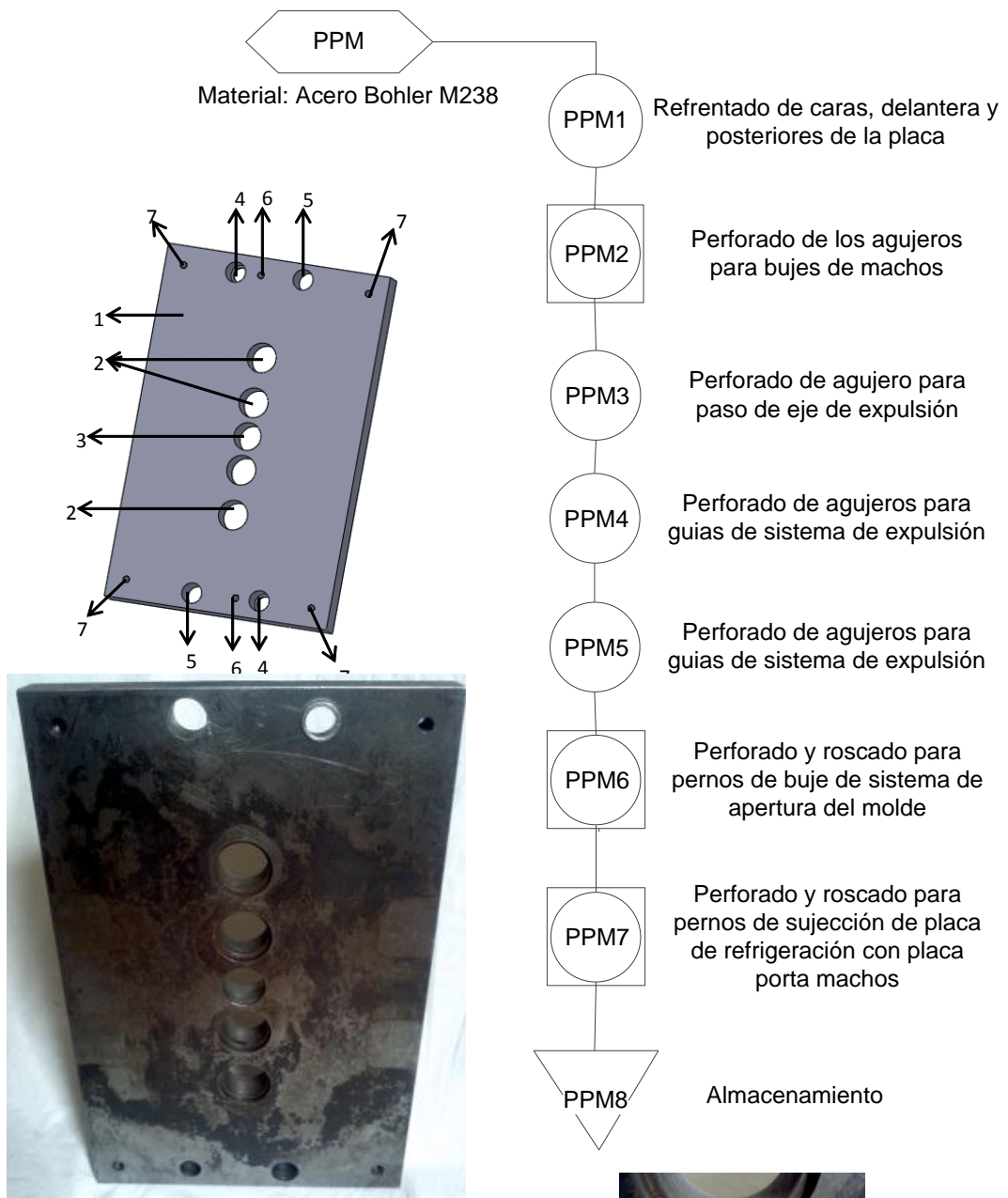
6.1.11. BOCÍN PARA GUÍAS DE APERTURA Y CIERRE



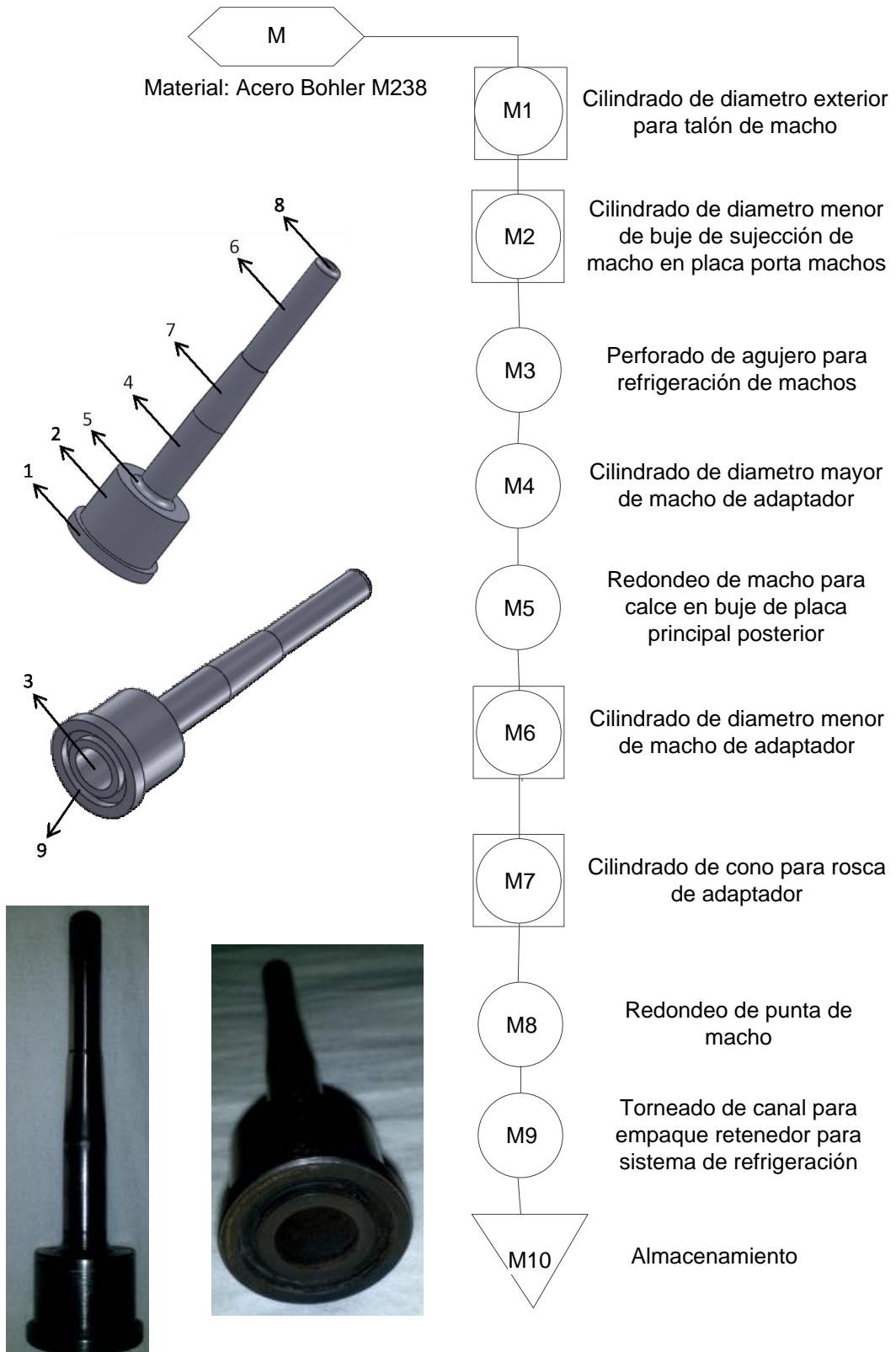
6.1.12. BASE PARA RESORTE



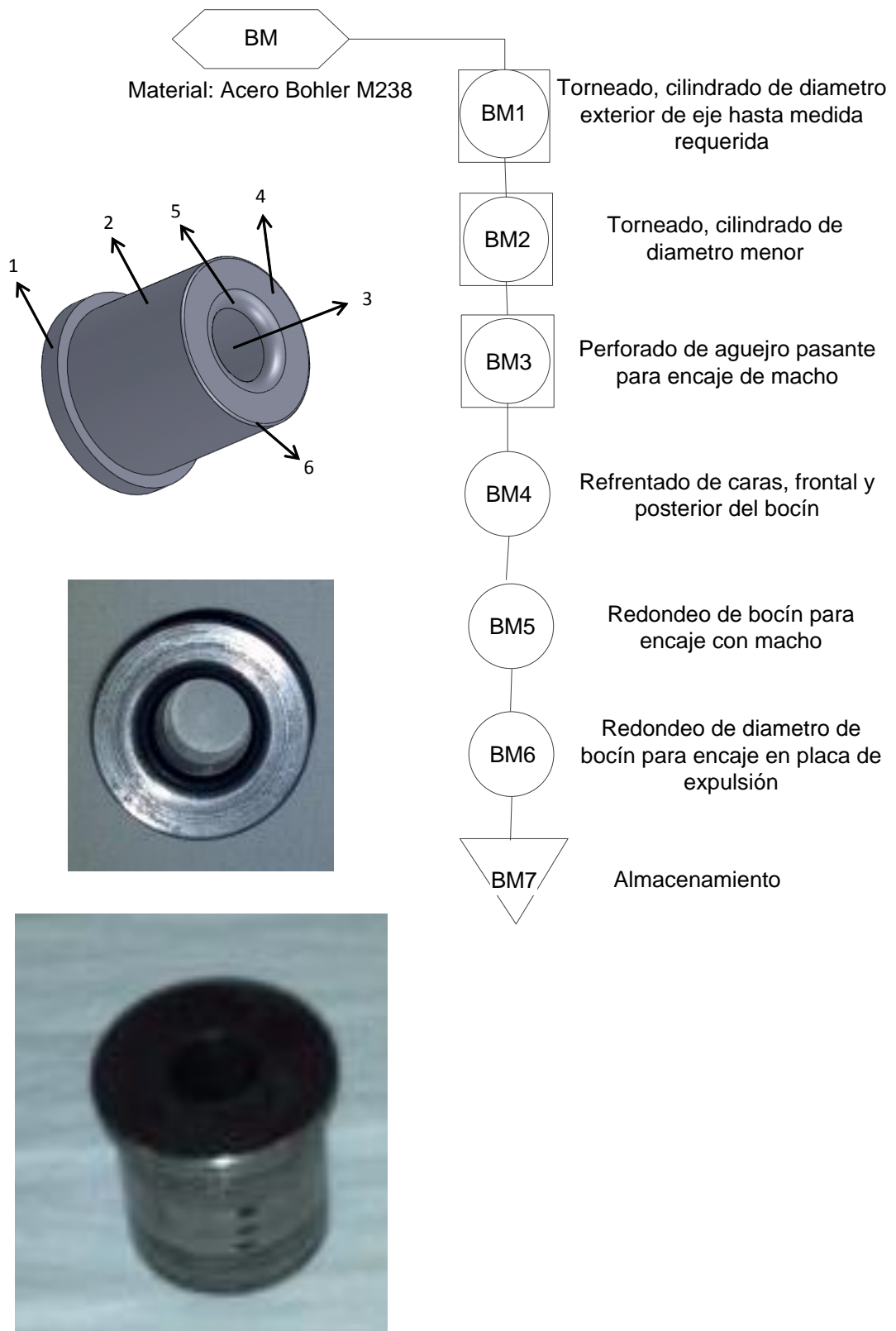
6.1.13. PLACA PORTA MACHOS



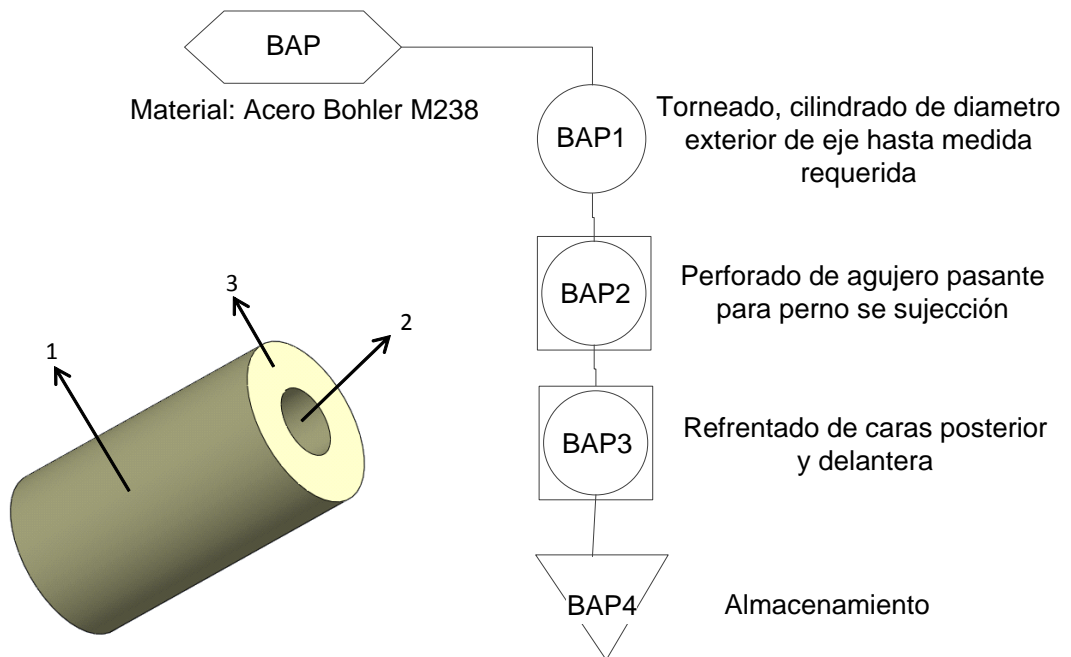
6.1.14. MACHOS DE ADAPTADOR



6.1.15. BOCÍN DE MACHO



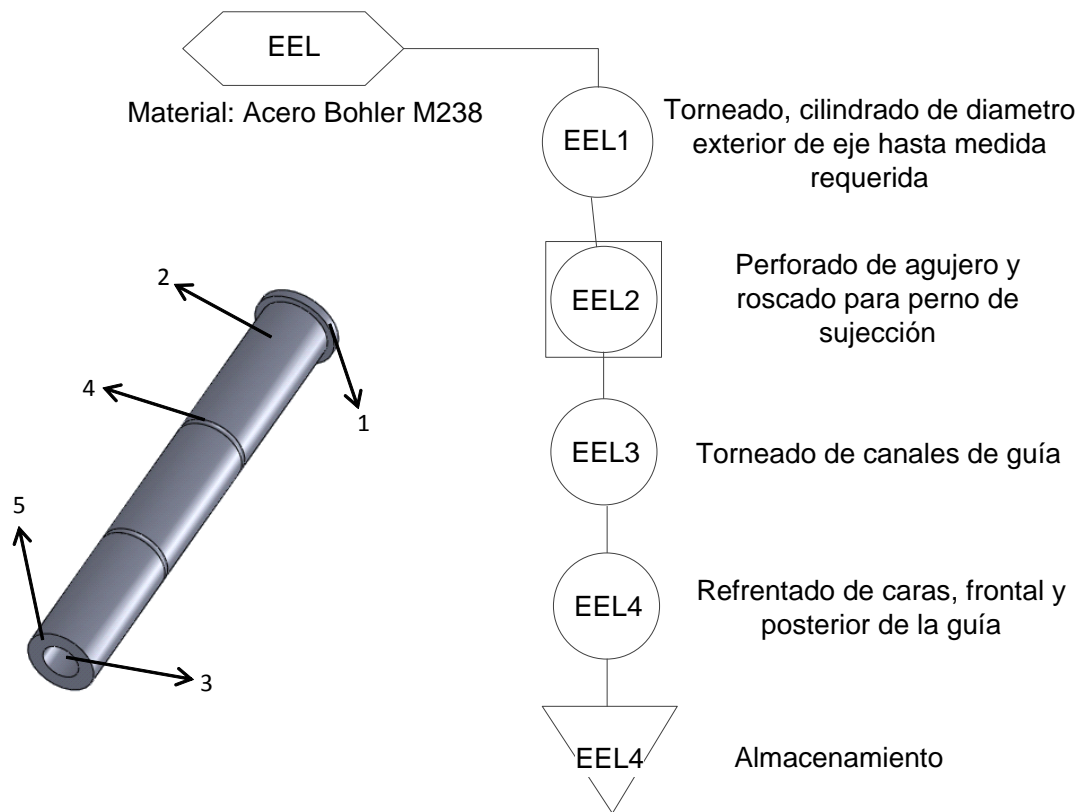
6.1.16. BOCÍN DE FIBRA PARA AGARRE DE PLACA PRINCIPAL POSTERIOR



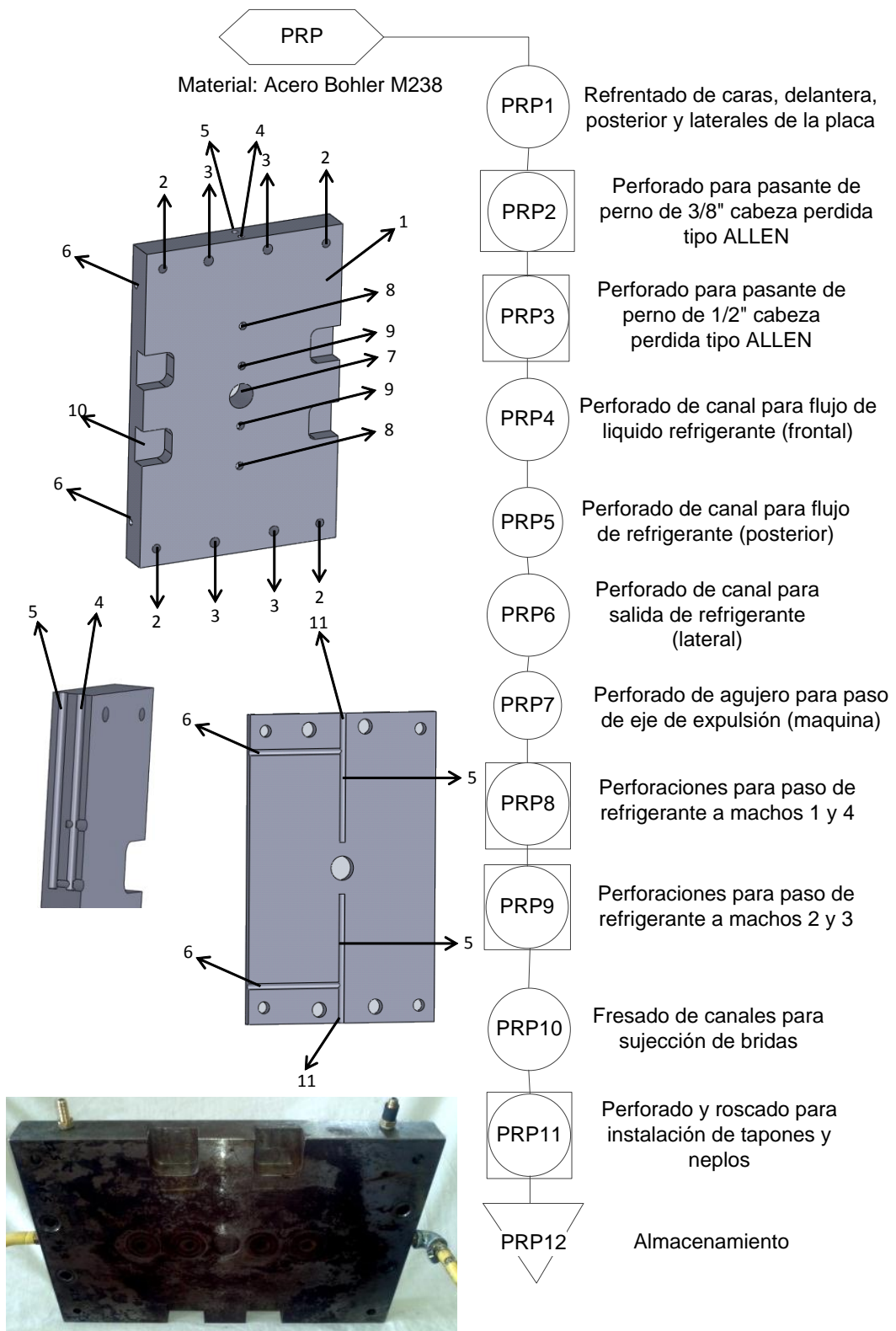
6.1.17. EJE DE EXPULSORES CORTO



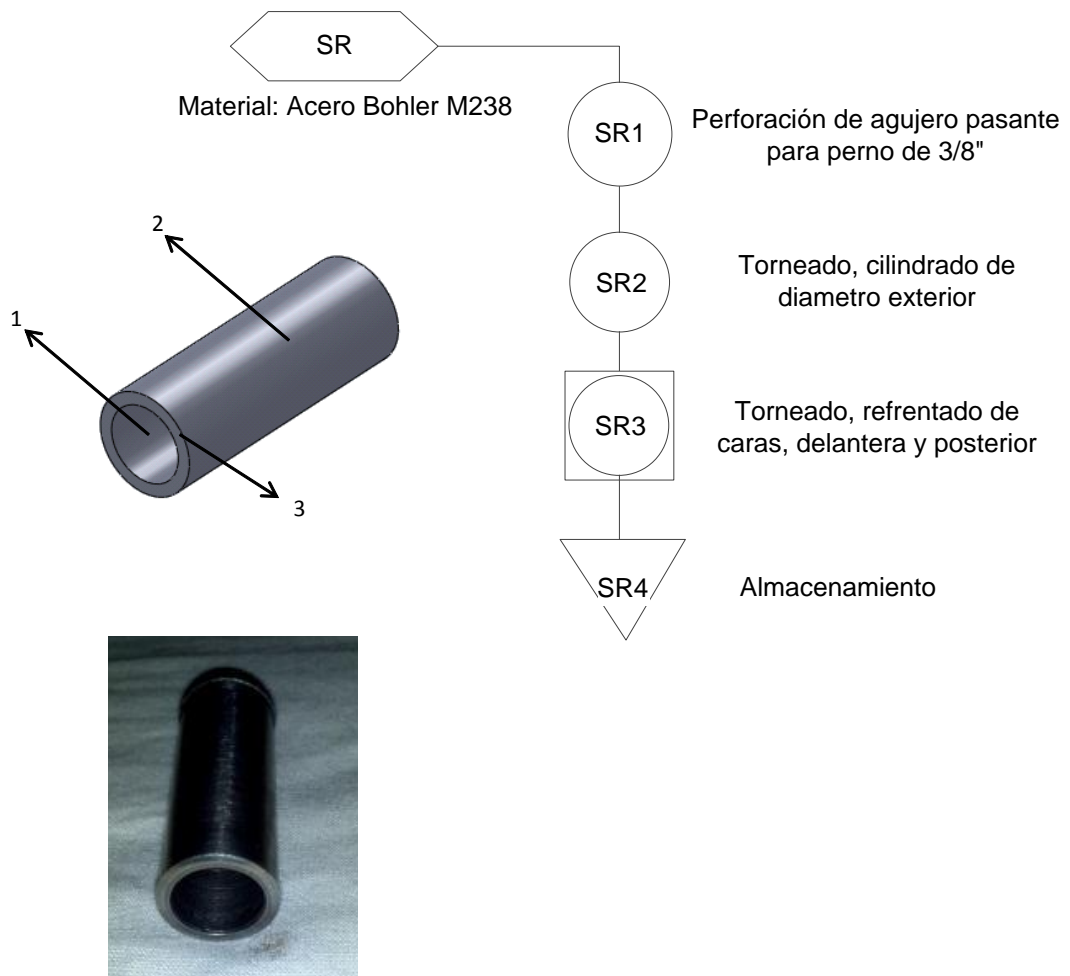
6.1.18. EJE DE EXPULSORES LARGO



6.1.19. PLACA DE REFRIGERACIÓN POSTERIOR



6.1.20. SEPARADOR PARA RESORTE



6.2. MONTAJE DEL MOLDE

En esta sección nos concentraremos en la metodología de ensamblaje del molde, una vez fabricadas todas las partes del molde debemos armarlas, para ello hemos separado todo el montaje en 4 secciones que son las siguientes:

1. Ensamblaje de placa principal delantera
2. Ensamblaje de placa principal posterior
3. Ensamblaje de placa porta machos y placa de refrigeración posterior
4. Ensamblaje de matriz completa.

Cada uno de estos ensamblajes los podemos ver en los anexos, en los planos FORTIFLEX-A05-16 hasta el plano FORTIFLEX-A05-19 respectivamente.

Para esta etapa la recomendación que hace la empresa es cumplir con los torques de cada perno según normativa ya que al realizar ajustes exagerados se dañan las roscas internas de los elementos, generando futuros problemas en próximos desmontajes del molde o en mantenimientos del mismo.

CAPITULO 7

7 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y CALIBRACIÓN

En el presente capítulo, realizaremos las pruebas de funcionamiento del molde, para realizar las pruebas de funcionamiento, primeramente generaremos un protocolo de pruebas desarrollado en tablas en las que se anotarán los resultados obtenidos de las pruebas en campo.

7.1. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO:

Antes de poner en funcionamiento al molde vamos a comprobar las dimensiones del mismo para asegurarnos que cumplimos con lo que se ha definido en el proyecto.

Tabla 7.1 Dimensiones del molde ensamblado

Dimensiones principales				
Dimensión	Diseño	Prototipo	Aceptación	
			Si	No
largo (mm)	265	265	x	
Ancho (mm)	348,6	238	x	
Altura (mm)	408	408	x	

Fuente: Oscar Loayza 2012

Como podemos ver, luego de la fabricación de las piezas y los refrentados, tanto como los rectificadas, las dimensiones de los elementos fueron disminuyendo de tal manera que el ancho del molde disminuyo, lo cual es positivo y se acepta ya que nos permite una mayor holgura en la apertura de la máquina y con ello más facilidad de montaje del molde en la misma.

7.1.1. FUNCIONAMIENTO DE COMPONENTES DEL MOLDE

Tabla de verificación de funcionamiento de los componentes del molde luego del ensamblaje de cada sistema que se ha definido.

Tabla 7.2 Verificación de funcionamiento de sistemas

Verificación de los componentes principales			
Elemento	Bueno	Regular	Malo
Funcionamiento del sistema de guías de centrado de placas	x		
Funcionamiento del sistema de guías de apertura y cierre	x		
Funcionamiento del sistema de alimentación	x		
Funcionamiento del sistema de refrigeración	x		
Funcionamiento del sistema de apertura del molde	x		
Funcionamiento del sistema de expulsión de piezas	x		
Funcionamiento de sistemas complementarios	x		

Fuente: Oscar Loayza 2012

Verificación de funcionamiento de los elementos de cada sistema trabajando en el normal funcionamiento del molde en la máquina, para determinar posibles requerimientos de cambio o rectificación de los elementos.

Tabla 7.3 Verificación de funcionamiento de elementos

Verificación de elementos de los sistemas en ciclos					
Sistema	Elemento	Ajuste	Holgura	Falla	No falla
Sistema de guías de centrado de placas	Guías		√		√
	Bocín de guías de centrado		√		√
Sistema de guías de apertura y cierre	Guías de apertura y cierre	√			√
	Bocín de guías de apertura y cierre		√		√
	Matriz de cavidades		√		√
	Base de resorte		√		√
	Resorte	√			√
Sistema de alimentación	Canales de alimentación en matrices				√
	Bebedero	√			√
	Bocín de centrado de boquilla	√			√
Sistema de refrigeración	Refrigeración de machos				√
	Refrigeración de matrices				√
	O-ring de machos	√			√

Tabla 7.3 (continuación) Verificación de funcionamiento de elementos

Sistema de expulsión de piezas	Guías de sistema de expulsión		√		√
	Bocín de fibra para arrastre de placa	√			√
	Bocín de machos	√			√

Fuente: Oscar Loayza 2012

Verificación del producto elaborado en un periodo de 2 horas para corroborar el análisis financiero tanto como la calidad

Tabla 7.4 Control de calidad y cantidad de producción

Calidad y cantidad del producto final				
Tiempo (min)	Calidad			Cantidad (inyección)
	Buena	Regular	Mala	
30	√			44
60	√			95
90	√			140
120	√			186

Fuente: Oscar Loayza 2012

ANEXO J

CAPITULO 9

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El capítulo se centra en presentar las conclusiones obtenidas luego del desarrollo del proyecto y se presentan las posibles recomendaciones del mantenimiento y las recomendaciones a tomarse en cuenta en futuros proyectos de diseño de moldes de inyección de plástico.

9.1 CONCLUSIONES

- Se obtuvo satisfactoriamente la matriz con las funciones que se plantearon al inicio del proyecto, expulsión y desmoldeo automáticos, sistema de refrigeración adecuado y producción de 4 unidades por inyección de forma automatizada.
- Los resultados de producción son los esperados, se obtienen ADAPTADORES de 1/2" NPT, con alta calidad, excelente acabado superficial y sin defectos por efectos de fabricación.
- El material que se utiliza de forma comercial en el Ecuador es el acero Bohler M238, cuyas especificaciones cumplen para el diseño de moldes para inyección de plástico, estos materiales garantizan larga durabilidad y poco riesgo de deterioro por oxidación
- El método de desmoldaje de los productos es el deseado, es decir, sin la intervención de la mano de obra humana, es completamente automático por medio de un sistema mecánico.
- El sistema de expulsión cumple con lo requerido, ya que no genera deformaciones en las piezas fabricadas y tampoco produce atascos ni demora en el proceso de producción
- El método de refrigeración que se ha diseñado permite de forma adecuada el trabajo del molde sin que se produzcan disminuciones de productividad por el sobre calentamiento del molde.

- Se concluyó satisfactoriamente la fabricación del molde cumpliendo las exigencias técnicas y económicas de la empresa auspiciante.
- Los factores de seguridad con los que trabajan los elementos, están en un rango mayor a 2 por lo que se asegura que los elementos soportan los esfuerzos a los que están sometidos
- El costo total del proyecto se encuentra mayor al indicado en el momento de presentar el tema, ya que no se consideraron muchos elementos que se decidieron en el transcurso del proyecto, incrementado el costo de la matriz pero mejorando su funcionalidad y productividad.
- El proceso de inyección es una de las herramientas mas versátiles para la elaboración de productos plásticos de diversas formas y tamaños, con el molde realizado se ha demostrado la facilidad de elaboración de productos plásticos.

9.2. RECOMENDACIONES

- Antes de armar el molde, revisar los planos de montaje en los que se indican los elementos y como se deben ubicar.
- Al momento de armar no torquear los pernos con fuerzas excesivos ya que esto hace que se aísle la rosca.
- Utilizar los fundamentos de esta tesis para el desarrollo de nuevas matrices con sistemas automatizados para aumentar la productividad de la empresa.
- Al momento de instalar el resorte, asegurarse que no quede muy comprimido para que la apertura del molde no se realice de forma muy violenta
- Las dimensiones de los elementos en el momento de la fabricación, deben seguir las tolerancias que se han dimensionado en el capítulo 5, para que no existan problemas en el momento del montaje y el funcionamiento de la matriz.
- El mantenimiento debe ser realizado periódicamente para evitar que existan graves daños que obliguen
- Lubricar el molde con aceites livianos luego de cada uso del molde.

- Antes de iniciar el proceso de inyección, se debe activar previamente el sistema de calentamiento del material para plastificar el material que se encuentra solidificado dentro del cilindro de la máquina.
- Si las piezas salen incompletas o con señales de soldaduras de material, quiere decir que el sistema de refrigeración esta con un caudal de refrigerante muy alto, reducir este caudal para mejorar la producción y la calidad
- Si las piezas salen muy flexibles, se quedan pegadas en los machos, o se deforman al momento de la expulsión, es porque el sistema de refrigeración esta con un caudal de refrigerante muy alto, disminuir este caudal para que se optimice la refrigeración del molde y se expulsen piezas rígidas y de excelente calidad.

CAPITULO 10

10 BIBLIOGRAFÍA

- O. LAGUNA, R. ARGANZA. Manual de moldes para inyección de termoplásticos. 1ra edición, Patronato Juan de la Cierva de Investigación Técnica, 1978, 189 pag.
- CHAUSSIN C., Manual de plásticos, Editorial Hispano, 2da.Ed. ,España
- MICHAELI .G., Introducción a la tecnología de los plásticos, Ed URMO, 5Ta.Ed. ,España,1997,
- OTHMMER .K., Enciclopedia de Tecnología Química, Ed URMO, IV.Vol. ,España,1973,
- MEYSENBUG .M., Tecnología de plásticos para ingenieros, Ed URMO Vol. 4 España,1973.
- SHIGLEY, J; Diseño en Ingeniería Mecánica; Editorial Mc Graw Hill, Sexta Edición; México; 2002.
- MENGUES-MOHREN; Moldes para Inyección; Tomo III; Ediciones Gustavo Gili; México; 1983.
- INCROPERA, F; Fundamentos de Transferencia de Calor; Editorial Prentice Hall; Cuarta Edición; México; 1999.
- INEN; Código de Dibujo Técnico Mecánico; Quito, 1981.

Fuentes de información de internet

- <http://help.solidworks.com/2011/spanish/SolidWorks/sldworks/LegacyHelp/Sldworks/Overview/StartPage.htm>
- <http://www.cursosplasticos.com.ar/cursos1.html>
- centros4.pntic.mec.es/ies.ramon.giraldo/tecn_ind/tema8_plasticos.pdf
- www.wikipedia.org
- <http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Cap10.pdf>
- http://cursos.iteso.mx/file.php/1091/Partes/Vista_Isometrica_Explotada.pdf

Software utilizado:

- Microsoft Office Excel
- Microsoft Office Word.
- Microsoft Office Visio.
- Microsoft Office Project
- Solidworks 2010
- Autocad 2010
- Mathcad 14

ANEXO A

ANEXO B

ANEXO C

ANEXO D

ANEXO E

ANEXO F

ANEXO G