

61
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"MAQUINA EXPERIMENTAL PARA INYECCION
DE MATERIALES PLASTICOS"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

GERARDO HERNANDEZ VELEZ

ASESOR: DR. ANDRES HERRERA VAZQUEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO.

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA F.E.S.-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

" Máquina experimental para inyección de materiales plásticos "

que presenta el pasante: Gerardo Hernández Vázquez
con número de cuenta: 8010520-A para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista .

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 20 de Octubre de 1995

PRESIDENTE Dr. Andrés Herrera Vázquez

VOCAL Ing. Antonio López González

SECRETARIO Ing. Jesús García Lara

PRIMER SUPLENTE Ing. Marco Antonio Hernández Rodríguez

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Humberto Neri Mondragón

**MI
más
profundo
agradecimiento
a
Todos
quienes
hicieron
posible
mi
formación
profesional.**

INDICE

PROLOGO	1
INTRODUCCION Y OBJETIVOS	2
CAPITULO I	
GENERALIDADES:	4
1.1 Moldeo por inyección	5
1.2 Tipos de máquinas de inyección y métodos de operación	5
1.3 Especificaciones de una máquina de inyección	10
1.4 Materiales empleados en el proceso de moldeo por inyección	11
CAPITULO II	
PARTES ELEMENTALES QUE INTEGRAN UN SISTEMA NEUMATICO E HIDRAULICO.	21
2.1 Principios de funcionamiento de los actuadores	22
2.2 Principios de funcionamiento de las válvulas	25
2.2.1 Aplicación de las válvulas de émbolo de distribución	33
2.2.2 Reparación de las válvulas de distribución	35
2.3 Conexiones	36
2.3.1 Tubos flexibles	37
CAPITULO III	
CALCULO DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO ELECTRICO	46
3.1 Calentamiento eléctrico	47
3.2 Resistencia eléctrica	48
3.3 Material refractario	49
3.4 Consideraciones para el cálculo del calefactor eléctrico	51
3.5 Cantidad de calor teórico para calentar la cámara	55
CAPITULO IV	
SISTEMA DE PLASTIFICACIÓN E INYECCIÓN	57
4.1 Sistemas de plastificación	58
4.2 Disgregación del material	59
4.3 Cilindro de plastificación	61
4.4 Boquilla de inyección	65
4.5 Tratamientos térmicos	72

CAPITULO V

FUNDAMENTOS DE DISEÑO PARA LA ELABORACION DE UN MOLDE	76
5.1 Principios fundamentales para la elaboración del molde	77
5.2 Sistemas de moldeo	78
5.3 Moldes de compresión	79
5.4 Moldes de transferencia	79
5.5 Moldeo por inyección	80
5.6 Consideraciones sobre diseño de moldes de Inyección	80
5.7 Tipos de moldes de inyección	81
5.7.1 Sistemas extractores o expulsores	82
5.7.2 Sistemas de canales de alimentación	85
5.7.3 Sistemas de entradas	89

CAPITULO VI

PUESTA EN MARCHA Y FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA	95
6.1 Descripción de la máquina	96
6.2 Funcionamiento de la máquina de inyección	104
6.3 Parte experimental	104
6.3.1 Resultados	108
6.3.2 Discusión	109
6.3.3 Conclusiones	110
BIBLIOGRAFIA	111

PROLOGO

El trabajo que se presenta a continuación es el resultado de una labor realizada con apoyo externo a la UNAM en lo que se refiere a la aportación de todos los materiales requeridos para la realización de este trabajo, y el único propósito fue el de apoyar la realización experimental de la tesis.

Los principios fundamentales del diseño y construcción de la máquina de inyección son en función de los elementos con que se contaba inicialmente, a saber, una prensa para inyección horizontal, una cámara de calentamiento con pistón, dos cilindros y dos válvulas direccionales.

Si bien, las bases fundamentales del método de moldeo por inyección no han cambiado, si han surgido nuevas máquinas de moldeo con perfeccionamiento en sus procedimientos y automatización, lo que es debido principalmente al amplio desarrollo de la industria de los plásticos la cual ha avanzado sustancialmente en el diseño de productos.

Con la información teórica que se presenta en cada capítulo se ha procurado dar un panorama general de cada tema para tener de esta manera una visión más amplia del mismo.

Finalmente expreso un profundo agradecimiento a todas aquellas personas que apoyaron, orientaron y dieron sus valiosos comentarios y observaciones para la realización de este trabajo.

INTRODUCCION.

Debido a la gran importancia que reviste en la industria el poder obtener piezas moldeadas con un buen acabado superficial y a un costo reducido de producción, el proceso de moldeo por inyección es considerado como el más importante tanto por la cantidad tan grande de materiales plásticos que se pueden inyectar, como el tipo de piezas por su forma que se pueden obtener, así como las altas producciones que se logran.

Por lo antes mencionado, el presente trabajo se enfoca al diseño y construcción de una máquina experimental para inyección de materiales plásticos, buscando con ello conocer las bases y requerimientos primarios para obtener una producción de piezas inyectadas.

OBJETIVOS.

- 1.- Definir las diferentes partes que conformarán la máquina de inyección.
- 2.- Elaborar elementos de fijación para las diferentes partes que conforman la máquina de inyección.
- 3.- Determinar el tipo de conexiones que se utilizarán en los sistemas hidráulico y neumático para accionar el pistón de inyección y la apertura o cierre del molde, respectivamente.
- 4.- Revisar y limpiar los cilindros hidráulico y neumático para que tengan un buen funcionamiento.
- 5.- Verificar el buen funcionamiento del sistema hidráulico y neumático que se empleará.
- 6.- Construir un calefactor eléctrico.
- 7.- Maquinar y rectificar la cámara de inyección, así como proporcionar un tratamiento térmico a la misma para mejorar sus propiedades de resistencia mecánica.
- 8.- Diseñar y maquinar la boquilla de inyección.

- 9.- **Diseñar y construir un molde de inyección para la obtención experimental de piezas.**
- 10.- **Elaborar una tolva de alimentación de material e la cámara de inyección.**
- 11.- **Controlar adecuadamente las variables termodinámicas fundamentales en la máquina mediante la fijación de instrumentos de control de presión y temperatura.**
- 12.- **Proporcionar las características técnicas de la máquina de inyección.**
- 13.- **Verificar el funcionamiento de la máquina experimental para inyección de materiales plásticos.**

CAPITULO I

Generalidades.

1.1 MOLDEO POR INYECCION.

El moldeo por inyección es el procedimiento que ha experimentado un desarrollo mayor dentro de la industria de moldeo; continuamente aparecen nuevos materiales; estos materiales puros o modificados amplían enormemente la posibilidad de lanzar al mercado nuevos productos plásticos.

En este método se emplean principalmente materiales termoplásticos que requieren de temperatura para fundirlo y de la presión para poderlo inyectar.

Existen en la actualidad tres tipos distintos de máquinas de inyección aunque el principio general es el mismo para las tres:

- e).- Máquinas de inyección de operación manual por medio de émbolo.
- b).- Máquinas de inyección de operación hidráulica o neumática por medio de émbolo.
- c).- Máquinas de inyección operadas por tornillo sin fin.

1.2 TIPOS DE MAQUINAS DE INYECCION Y METODOS DE OPERACION.

a).- METODO DE INYECCIÓN POR OPERACIÓN MANUAL POR MEDIO DE EMBOLO.

Podamos considerar este método por operación manual como el más simple y representativo de todos.

Describiremos a continuación todos los pasos de este método, así como el equipo para llevar a cabo la inyección.

El material plástico se coloca en una tolva receptora de material, éste es conducido e través de la camisa de inyección a la zona de calentamiento de material, esto, se efectúa mediante resistencias eléctricas instaladas alrededor de la camisa, el control de la temperatura se logra por medio de un termostato.

El material ya fluido es impulsado o inyectado por un pistón que a su vez es accionado por un brazo de palanca. El material sale através de una boquilla que tiene diámetro reducido y que se acopla directamente al molde.

El molde se acopla sobre dos patinas, una fija y la otra móvil, esta última es la que abra y cierra el molde para sacar la pieza producto. Además sirve para el apriete al molde cuando se cierra. Esta placa se impulsa mediante un volante aplicando un par de fuerzas sobre él. Este tipo de máquinas se fabrican tanto horizontales como verticales como se muestra en las figuras 1.1 y 1.2.

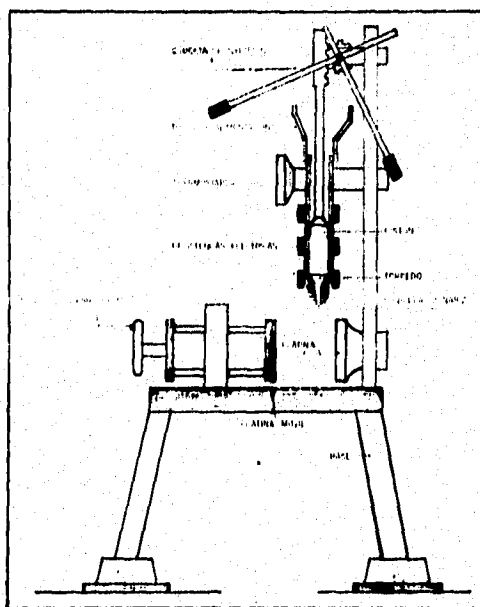


Figura 1.1, Máquina de inyección manual vertical por el sistema de émbolo.

Los diferentes tamaños de máquinas de inyección dependen de la capacidad de inyección en gramos de material.

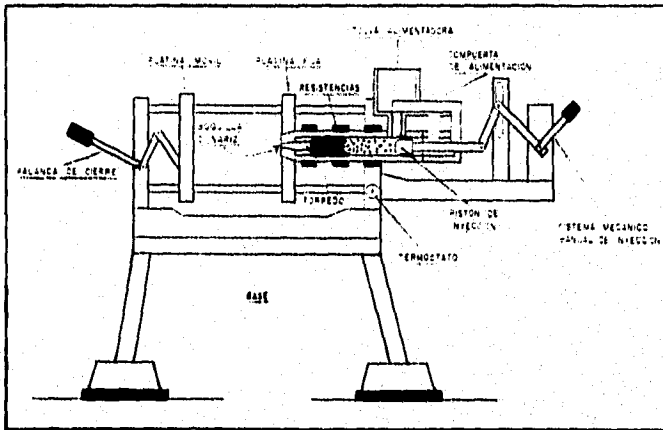


Figura 1.2, Máquina horizontal de inyección manual y cierre manual de émbolo.

b).- METODO DE INYECCION DE OPERACION HIDRAULICA O NEUMATICA, POR MEDIO DE EMBOLO.

En principio, este método es igual al anterior, únicamente que la presión de inyección, el movimiento de la platina móvil y la presión de cierre se logra mediante un sistema hidráulico o un sistema neumático, con válvulas de paso que son actuadas manual, neumática o eléctricamente.

Para el caso particular de accionamiento neumático, se requiere como equipo auxiliar de un compresor de aire que nos proporcionará la energía neumática que se convertirá en energía mecánica al desplazar los pistones de la máquina de inyección que por su dirección de desplazamiento harán que las máquinas sean verticales u horizontales.

Para el caso de las máquinas horizontales básicas, como es el prototipo de estudio, se contará con dispositivos tales como: tolva receptora de material, conducto de calentamiento, pistón impulsor, boquilla de salida de material y las platinas portadoras del molde.

c).- METODO DE INYECCION DE OPERACION POR TORNILLO.

En este método, el material es impulsado mediante un tornillo sinfin el cual es accionado por un sistema de engranes actuado por un motor eléctrico.

El mecanismo de inyección es muy similar al del émbolo en la mayoría de sus partes componentes de la máquina, con la variante de cambiar el accionamiento lineal de pistón por el tornillo sinfin que mediante su giro va arrastrando sobre su cuerda y el mismo tiempo fundiendo y comprimiendo contra su volute al material plástico hasta mandar éste a la boquilla de inyección.

En la figura 1.5 se muestra una máquina que emplea este sistema de tornillo para su funcionamiento, la mayoría de estas máquinas son de una operación más compleja y automatizada.

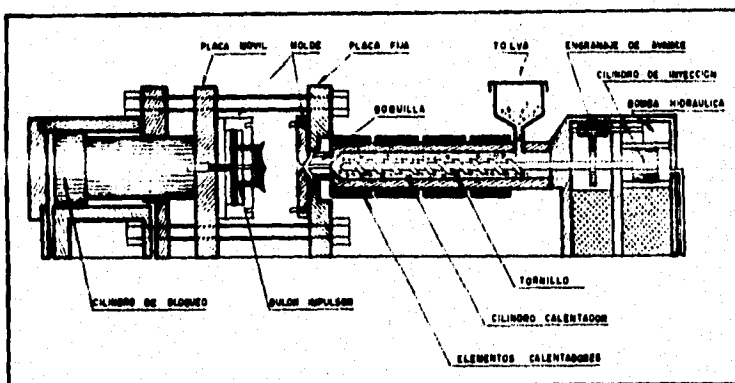


Figura 1.5, Máquina de moldeo por inyección tipo tornillo.

Teniendo en cuenta la gran capacidad plastificadora y el poco tiempo que permanece el material en el cilindro calentador y la elevada calidad de esta plastificación, en la actualidad se emplean máquinas de inyección de husillo, que prácticamente sustituyen en la industria a las máquinas de émbolo. Sin embargo, teniendo en cuenta la sencillez de su estructura y la seguridad que ofrecen en el trabajo, sobre todo para moldear

artículos pequeños de materiales termoestables, se siguen construyendo máquinas de émbolo rápidas, con accionamiento mecánico, hidromecánico, hidráulico y neumático.

Por otro lado, con el fin de aumentar la producción y hacer las máquinas más universales, el mecanismo de inyección de émbolo se le acopla un mecanismo de husillo para la plastificación previa del material que aumenta el volumen de la carga en tres veces y la producción en un 50%. Es por ello que las máquinas mixtas (de émbolo y husillo) permiten combinar la capacidad de plastificación elevada de las máquinas de husillo con la gran presión de inyección que desarrollan las de émbolo.

1.3 ESPECIFICACIONES DE UNA MAQUINA DE INYECCION.

- 1.- Presión de inyección.
- 2.- Presión de cierre del molde.
- 3.- Espacio real para el montaje del molde.
- 4.- Distancia máxima de apertura de placas porta-molde.
- 5.- Capacidad de inyección en gramos.
- 6.- Especificaciones del motor.
- 7.- Controles de temperatura y presión.
- 8.- Velocidad de inyección.
- 9.- Tiempo del ciclo.
- 10.- Viaje del émbolo.
- 11.- Dimensiones de la máquina.
- 12.- Peso de la máquina.

1.4 MATERIALES EMPLEADOS EN EL PROCESO DE MOLDEO POR INYECCION.

MATERIALES TERMOPLÁSTICOS.

Los materiales termoplásticos son aquellos que pueden reprocesarse algunas veces sin ocasioner un cambio en su composición química.

En cuanto a su comportamiento en la elaboración de productos, los distintos tipos de materiel termoplástico muestran diferencias demasiado grandes para permitir una consideración desde el punto de vista de una forma ideal. Por ailo se han captado en forma ganeral las propiedades de las diferentes materias termoplásticas que a su vez se pueden subdividir en diferentes tipos concretos de material; las gráficas 1.1 a 1.4 muestran algunas propiedades para los termoplásticos.

Las propiedades específicas para cada tipo de material termoplástico son el factor determinante para la utilización del mismo desde un punto de viste de las posibilidad de realización así como de los requerimientos del producto deseado. No puede esperarse que todos los materiales tengan las mismas propiedades de elaboración.

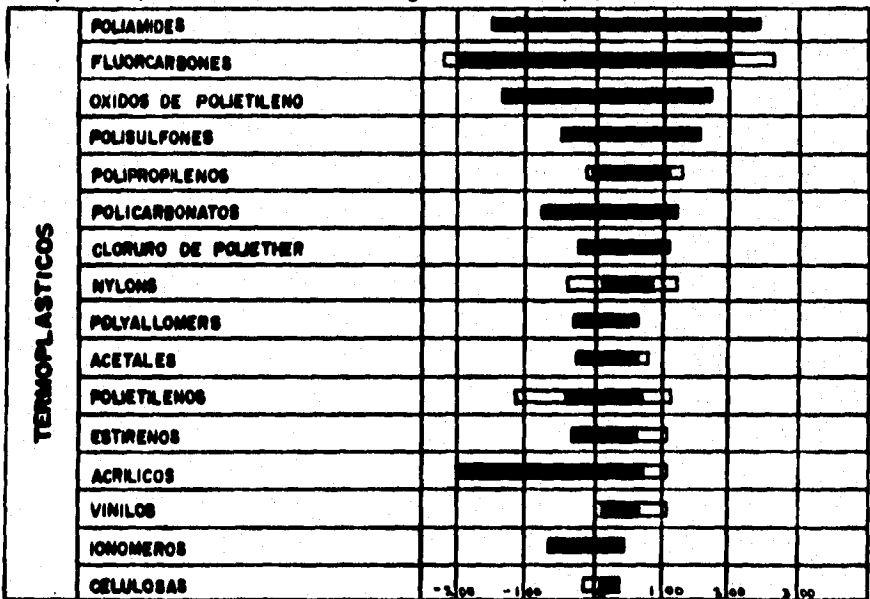
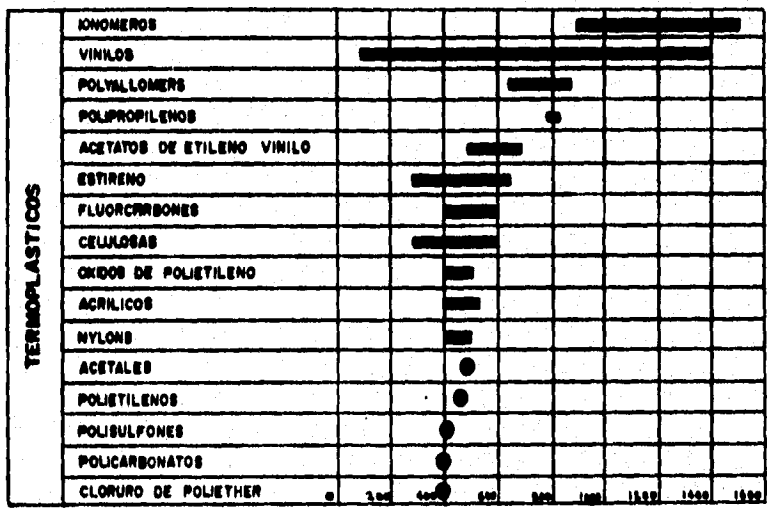
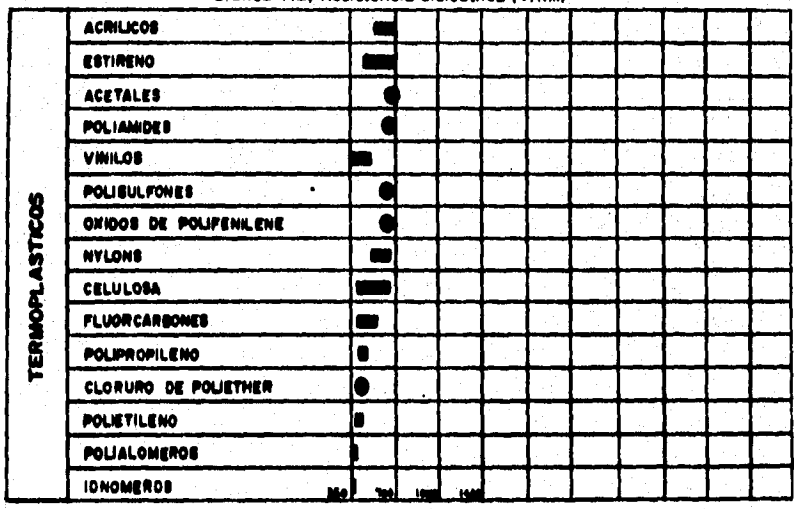


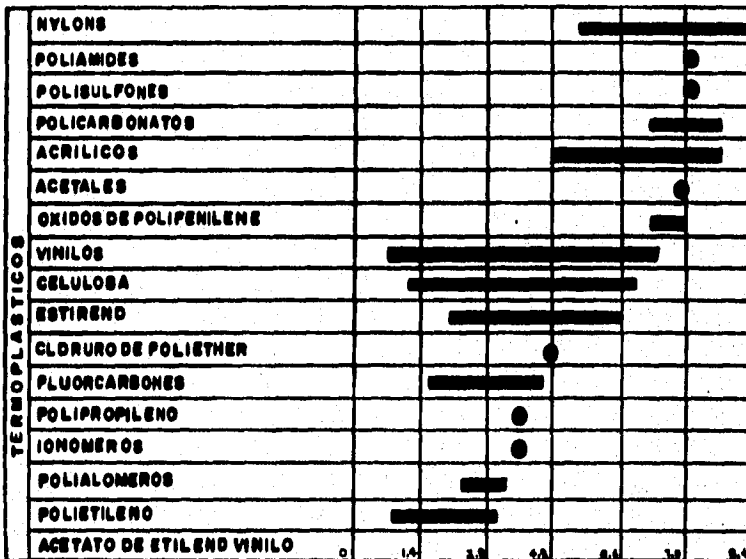
Gráfico 1.1. Rango de Temperaturas de Trabajo (°C)



Gráfica 1.2, Resistencia dieléctrica (V/ml)



Gráfica 1.3 Módulo de Elasticidad (kg/mm²)



Gráfica 1.4, Resistencia Última a la Tensión (kg/mm²)

La selección de un plástico en particular, incluye cientos de tipos de formulaciones. Así como la familia de los aceros incluye los tipos al carbono para herramientas, inoxidables, etc.; los nylons incluyen los tipos 6, 6/6, 6/10, con o sin relleno, etc., y cada uno tiene distintas propiedades.

Como en los metales, se crean nuevos plásticos mediante aleación o variando las técnicas de procesamiento. Los elementos de aleación pueden ser otros plásticos o polímeros.

Pueden ser convertidos en formas sólidas, espumas, películas, perfiles y cubiertas.

Las propiedades mostradas en las gráficas 1.1 a 1.4 para los termoplásticos, representan únicamente formulaciones sin relleno. Películas, espumas, rellenos y refuerzos de los termoplásticos no están representados.

A pesar de que la diversidad de plásticos es grande, en la práctica, la selección para una aplicación específica recae en una banda estrecha del espectro de los plásticos. Las tablas 1.1 a 1.6 son una guía basada en el tipo de aplicación.

18

19

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

610

611

612

613

614

615

616

617

618

619

620

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

634

635

636

637

638

639

640

641

642

643

644

645

646

647

648

649

650

651

652

653

654

655

656

657

658

659

660

661

662

663

664

665

666

667

668

669

670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

680

681

682

683

684

685

686

687

688

689

690

691

692

693

694

695

696

697

698

699

700

701

702

703

704

705

706

707

708

709

710

711

712

713

714

715

716

717

718

719

720

721

722

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737

738

739

740

741

742

743

744

745

746

747

748

749

750

751

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768

769

770

771

772

773

774

775

776

777

778

779

780

781

782

783

784

785

786

787

788

789

790

791

792

793

794

795

796

797

798

799

800

801

802

803

804

805

806

807

808

809

810

811

812

813

814

815

816

817

818

819

820

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

836

837

838

839

840

841

842

843

844

845

846

847

848

849

850

851

852

853

854

855

856

857

858

859

860

861

862

863

864

865

866

867

868

869

870

871

872

873

874

875

876

877

878

879

880

881

882

883

884

885

886

887

888

889

890

891

892

893

894

895

896

897

898

899

900

901

902

903

904

905

906

907

908

909

910

911

912

913

914

915

916

917

918

919

920

921

922

923

924

925

926

927

928

929

930

931

932

933

934

935

936

937

938

939

940

941

942

943

944

945

946

947

948

949

950

951

952

953

954

955

956

957

958

959

960

961

962

963

964

965

966

967

968

969

970

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982

983

984

985

986

987

988

989

990

991

992

993

994

995

996

997

998

999

1000

TABLA 1. 2 Plásticos para componentes mecánicos sometidos a esfuerzos elevados

MATERIAL	RESIST. A LA TENSION kg/mm ²	RESIST. AL IMPACTO M-kg/mm	RESIST. A LA ABRASION MGR PERDIDOS/CICLO	LIMITE DE RESIST. A LA FATIG. kg/mm ²	MODULO DE FLEXION kg/mm ²	TEMP. DE DISTORSION °C		RESISTENTES A				MAQUINA BILIDAD	OBSERVACIONES
						A/046 kg/mm ²	A/196 kg/mm ²	ACIDOS	ALCALIS	SOLVEN TES	ACEITE		
NYLON	5 a 8 E	033 a 22	6 a 8	2.11	105 a 281	171 a 182	60 a 75	R	E	E	E	E	Se recomiendan para engranes de propósitos generales, amortigua las vibraciones, bajo coeficiente de fricción.
ACETALES	6.19 a 7.04	066 a 077	6 a 8	3.52	260.5 a 288	158 a 170	110 a 124	P	E	E	E	E	Magnífica resistencia a la fatiga, partes con tolerancias cerradas, pueden ser expuestas a condiciones de humedad extrema, excelente resistencia a bajas temperaturas.
ACETAL CON RELLENO DE TFE	4.85	047	—	—	291.5	165	100	P	P	E	E	E	Para servicio pesado, pre lubricado, excelente resistencia al desgaste y a la rotura por fatiga.
POLICARBONATOS	6.33 a 7.4	66 a 88	7 a 24	1.4	225.3 a 267	139 a 145	132 a 138	E	B	B	R	E	Para impactos elevados pero intermitentes, no se recomienda para esfuerzos cíclicos, transparente, excelente resistencia a bajas temperaturas, baja absorción de humedad y alta estabilidad dimensional.
FENOLICOS, CON RELLENO	6.33 a 11.26	054 a 138	—	—	563 a 986	160	160	R	R	E	E	R a E	Bajo costo, piezas delgadas, partes estampadas, duro y extremadamente resistente a la rotura por fatiga.

E = Excelente
 B = Buena
 R = Regular
 P = Pobre

TABLA 1. 3 Plásticos para equipo químico y térmico

MATERIAL	RESIST. A LA TENSION kg/mm ²	RESIST. AL IMPACTO M-kg/mm	TEMP. DE FRACILIDAD °C	TEMP. DE OPERACION CONT. °C		TEMP. DE DIST. A 200 kg/mm ² °C		FLAMABILIDAD	RESIST. A LOS ACIDOS	RESIST. A LOS ALCALIS	RESIST. LOS SOLVENTES.	OBSERVACIONES
				RANGO	TIPICA	RANGO	TIPICA					
TFE Y FPE	1.05 a 3.169	137 a 88	251	204 a 288	—	71 a 127	121	BAJA	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	Buenas propiedades mecánicas a altas temperaturas, bajo coeficiente de fricción, no absorbe humedad.
CLORURO DE POLIETHER	4.22	0.22	12 a 29	—	143	—	149	AUTO EXTINGUIBLE	BUENA	EXCELENTE	BUENA	Buena resistencia a la abrasión y rigidez.
FLUORURO DE POLIVINILIDENO	4.92	—	62	—	144	—	149	AUTO EXTINGUIBLE	BUENA	EXCELENTE	BUENA	Fácil de inyectar y extruir.
POLIPROPILENO	2.32 a 4.01	0.165 a 0.165	17	110 a 160	135	101 a 115	99	REGULAR	BUENA	BUENA	REGULAR	El más ligero de los plásticos, excelente resistencia a la rotura por fatiga y por esfuerzo, para cubiertas. No soporta ambientes químicos severos.
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	2.04 a 3.67	0.22 a .77	60 a 129	76 a 126	121	60 a 82	79	MUY BAJA	REGULAR	BUENA	REGULAR	Buena resistencia a la abrasión, más ligero que el agua, no soporta ambientes químicos severos.
POLIAMIDES	7.39	0.495	—	260 a 482	260	—	243	NO ARDE	MALA	MALA	EXCELENTE	Buenas propiedades físicas y mecánicas en un rango amplio de temperaturas.
POLIFENILENE	8.16	0.71	—	—	121	—	179	AUTO EXTINGUIBLE	BUENA	BUENA	EXCELENTE	Conserva sus propiedades aún a altas temperaturas.
EPOXICO CON FIBRA DE VIDRIO	24 a 70	.55 a 1.37	—	121 a 204	121 a 249	149 a 288	177 a 190	BAJA	REGULAR	REGULAR	EXCELENTE	Para estructuras grandes, alta resistencia mecánica; en estado líquido para cuerdas, ofrece buena resistencia.

TABLA 1. 4 Plásticos para partes electro estructurales

MATERIAL	RESIST. AL IMPACTO M-kg/mm		RESIST. A LA FLEXION Lg/mm ²		RIGIDEZ DIELECT. V/MIL		RESISTIVIDAD DE VOL. OHM-cm		FACTOR DE DISIPACION 60 CPS		RESIST. CONTINUA AL CALOR °C		OBSERVACIONES
	RANGO	TIPICO	RANGO	TIPICO	RANGO	TIPICO	RANGO	TIPICO	RANGO	TIPICO	RANGO	TIPICO	
ALLYLICS	.165 a 330	—	7.04 a 14.08	14.08	375 a 400	350	10 ¹⁵ a 10 ¹⁷	10 ⁶	.002 a .01	.009 a .017	163 a 260	—	Sus propiedades eléctricas casi no son afectadas por la humedad, tiene excelente estabilidad dimensional.
ALKYDS	.0165 a .66	.137	4.92 a 11.97	7.04 a 10.56	300 a 350	356	10 ⁸ a 10 ¹²	10 ¹⁵	.003 a .06	.017	135 a 149	—	Excelente y uniforme estabilidad dimensional. Baja contracción durante la cura.
AMINOS	.0165 a .66	.385	7.04 a 16.2	9.8	320 a 430	360	10 ¹² a 10 ¹⁴	10 ⁵	0.33 a .32	.08	77 a 204	—	La superficie resiste la rayadura, retiene los colores claros.
EPOXICOS	.022 a 1.65	.44 a .825	8.44 a 42.2	14.08 a 18.3	350 a 550	375	10 ¹⁵ a 9 x 10 ¹⁶	9 x 10 ¹⁶	.01 a .08	—	204 a 260	—	Notable adhesión a superficies metálicas y no metálicas, excelente resistencia química. Los epóxicos para encapsulamientos tienen buena resistencia ambiental y bajo índice de contracción. Los epóxicos moldeados tienen buena estabilidad dimensional en un amplio rango de temperaturas.
FENOLICOS	.0165 a 1.485	.187	7.04 a 31.68	—	300 a 425	300	10 ¹² a 10 ¹⁴	5 x 10 ¹²	.005 a .50	.18	149 a 260	204	Disponible en compuestos para moldeo por gravedad y a presión. Los laminados pueden ser troquelados o estampados.
POLICARBONATOS	.66 a .88	.77	7.74 a 9.152	8.44	400 a 440	440	.9 a 2.1 x 10 ¹⁷	2 x 10 ¹⁷	.0007 a .001	.0009	121 a 132	126	Se utiliza en partes transparentes que requieren alta resistencia al impacto.
POLIESTERES	.082 a 1.32	—	4.22 a 17.6	9.1 a 14.08	345 a 420	—	10 ¹⁵ a 10 ¹⁶	—	.008 a .041	—	121 a 176	—	Disponible en formas rígidas y flexibles de fácil pigmentación.
OXIDOS DE POLIFENILENO	.082 a .104	—	—	9.85 a 10.56	400 a 500	—	—	10 ¹⁵	—	.35	—	193	Sus propiedades eléctricas permanecen estables en un amplio rango de temperatura y frecuencia; buena resistencia química.
SILICONES	.0165 a .55	.35	4.92 a 12.67	8.45	350 a 400	350	3.4 x 10 ¹⁴ a 10 ¹⁵	—	.006 a .003	.002	149 a 371	246	Mantiene sus propiedades mecánicas y eléctricas a pesar de prolongadas exposiciones al calor.

19

1

TABLA 1. 5 Plásticos para componentes de transmisión de luz, cristales y modelos

	RESIST. A LA TENSIÓN kg/cm ²	RESIST. AL IMPACTO en kg/cm ²	MÓDULO DE FLEXIÓN kg/cm ²	CONT. AL CALOR °C	TRANSMISIÓN DE LUZ		EFECTOS RAYOS ULTRAVIOLETA	FORMABILIDAD	RESISTENCIA A:				OBSERVACIONES
					RANGO	TÍPOLO			ACIDOS	ALCALES	SOLVENTES	ACEITES	
ACRÍlicos	1,67 a 7,39	.022 a .027	246,5 a 152,3	65 a 107	93 a 93	92	NINGUNO	B a E	R	R	R	R	Tiene la más alta resistencia de los plásticos transparentes. Excelentes propiedades a bajas temperaturas, recomendado para aplicaciones generales, especialmente para óptica, decoración y uso a la intemperie
POLIESTIRENOS	3,52 a 6,33	.0138 a .022	281,7 a 152,0	65 a 79	75 a 93	—	LIGERO HASTA EL AGRIETAMIENTO	P	H	E	P	R	Alta resistencia, excelentes propiedades a bajas temperaturas, brillo, prueba maquinabilidad, cuadrado, para partes moldeadas transparentes
ACETATOS	3,11 a 7,74	.086 a .119	77,4 a 281,7	82 a 93	75 a 95	89	LIGERO	R	P	P	R	H	Se puede formar a mano, se utiliza para cristales y guardas flexibles
BUTIRATO ACETATO DE CELULOSA	1,83 a 4,7	.044 a .346	42,2 a 156,7	60 a 104	80 a 92	88	LIGERO A NINGUNO	P	P	P	H	E	Excelente resistencia al impacto, se utiliza para embudos profundos
VINILOS RIGIDOS	1,83 a 4,7	.0138 a .086	267,6 a 184,1	65 a 104	—	89	LIGERO	H a E	R	E	H	B	Buena resistencia a la abrasión. Excelente rigidez dieléctrica y excelente formabilidad
OLICARIONATOS	6,33 a 7,19	.66 a .88	225,3 a 267,6	123 a 132	75 a 85	80	SE DIFÍCIL	E	I	B	B	R	Alta resistencia y estabilidad ante la rotura por fatiga, aplicaciones en el campo de explosivos
ESTIRENO MEDIO IMPACTO	2,86 a 4,78	.013 a .165	211,2 a 528,2	68 a 82	10 a 55	11	LIGERO	R	R	E	H		Transfúndido, para aplicaciones ligeras
KONDARIS	3,52 a 7,7	.275 a .77	28,2	71	—	95	—	—	R	I	H	E	Duro, excelente claridad

B BUENO

R REGULAR

P PÉSIMO

TABLA 1. 6 Plásticos para carcasas, cubiertas, recipientes, ductos y bastidores

	RESISTENCIA A LA TENSION kg/cm^2		RESISTENCIA AL IMPACTO kg/cm^2		MODULO DE FLEXION kg/cm^2		EXPANSION TERMICA $1^\circ\text{C} \times 10^4$	RESIST. CONTINUA AL CALOR $^\circ\text{C}$	FLAMABILIDAD	FORMABILIDAD	ABSORCION DE AGUA EN 24 HRS %	RESISTENTES A				OBSERVACIONES
												ACIDOS	ALCALIS	SOLOVENTES	ACEITES	
ABS	1.83 a 6.33	3.52	165 a 66	33	169 a 260	169	1.77 a 3.22	6.1 a 1.1	BAJA	B	0.1 a 0.5	B	E	R	B	Rugoso, de superficie dura y acabado brillante, recomendado para aplicaciones generales
ESTIRENO DE ALTO IMPACTO	2.11 a 4.78	3.02	027 a 192	055	162 a 352	162	1.2 a 3.1	5.2 a 7.8	BAJA	B	1.3 a 2	B	E	P	R	Se requiere baja temperatura para su formado, recomendado para aplicaciones generales
POLIPROPILENO	2.46 a 4.01	3.87	016 a 165	0155	105.6 a 190	123	1.88 a 3.44	110 a 140	BAJA	B	0.1 a 0.3	E	E	B	E	Estensilizable, alta resistencia a la flexión, resistente a la rotura por impacto y ligero, para aplicaciones en ambientes corrosivos
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	2.04 a 3.87	2.95	022 a 77	66	91.5 a 155	141	3.61 a 9.2	7.6 a 12.6	MUY BAJA	E	0.1	E	E	B	B	Más ligero que el agua, alta resistencia a la corrosión, para aplicación en ambientes corrosivos
BUTIRATO ACETATO DE CELULOSA	1.83 a 4.85	3.87	044 a 346	115	42.2 a 126.7	91.5	3.3 a 5.5	60 a 112.4	BAJA	E	4 a 2.6	P	P	P	B	Para carcasas transparentes
ACRILICO MODIFICADO	3.52 a 6.33	3.87	027 a 165	11	197 a 253.5	197	1.6 a 3.3	11 a 4.5	BAJA	E	2 a 4	B	E	R	R	Resistente a la luz ultravioleta y a las manchas. Resiste la luz del sol
POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO	5.63 a 30.7	11.61	385 a 99	825	704 a 2676	1056	0.5 a 0.7	91.3 a 288	BAJA A NULA	B	1 a 2	B	R	B	E	Excelente adhesión a los no metales, fácilmente reparable, tiene una máxima relación de peso-resistencia, buena rigidez y resistente al calor.
EPOXICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO	23.94 a 70.4	25.3	55 a 1.375	682	1408 a 3521	1760	16 a 0.33	1.21 a 204.4	BAJO A NULO	B	.02 a .08	B	E	E	E	Duro, se adhiere a la mayoría de las superficies. Tiene una máxima relación de peso-resistencia. Buena rigidez y resistente al calor.

I EXCELENTE

B BUENA

R REGULAR

P. PORRE

CAPITULO II

**Partes Elementales que integran un
Sistema Neumático e Hidráulico.**

2.1 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ACTUADORES.

Los actuadores son los dispositivos que reciben la energía neumática o hidráulica en forma de presión y la convierten en energía mecánica, es decir fuerza y movimiento.

Los actuadores pueden ser lineales o giratorios. Un actuador lineal (cilindro con pistón o sin él) puede suministrar fuerza y movimiento en línea recta. Un actuador giratorio o motor, origina un par y un movimiento rotativo.

En la industria, los actuadores lineales se denominan utilizando nombres diversos, se les conoce como cilindros, pistones, émbolos, motores alternativos, motores lineales y por otros nombres más. Los términos más comunes son cilindro y cilindro buzo.

CILINDRO. Cualquier actuador neumático o hidráulico formado por un pistón que se mueve dentro de un cuerpo cilíndrico por la acción de un fluido comprimido.

CILINDRO BUZO. Un pistón de simple efecto tipo cilindro pero sin vástago.

PIEZAS QUE FORMAN UN CILINDRO.

El cilindro es, evidentemente, un tubo, dentro del cual el pistón se mueve. En el cilindro de pistón liso, éste actúa directamente sobre la carga. En los demás, hay un vástago conectado al pistón para actuar la carga.

El extremo del cilindro por el que el vástago avanza se denomina lado del vástago. El otro extremo se llama lado de la tapa, las conexiones neumáticas ó hidráulicas se denominan orificio del lado del vástago y orificio del lado de la tapa.

CLASIFICACIÓN DE LOS CILINDROS.

Los cilindros de pistón pueden ser de dos tipos: de simple efecto y de doble efecto. También se clasifican como cilindros diferenciales y cilindros no diferenciales.

Otra clasificación de los cilindros es en función de su tamaño o por su capacidad de presión. El tamaño incluye su diámetro interno, el diámetro del vástago y su carrera.

Los diámetros internos de los cilindros varían desde unos cuantos centímetros hasta algunos metros. No obstante, los cilindros móviles son raramente mayores de algunas pulgadas. Carreras superiores a un metro no son infrecuentes. La longitud viene limitada por la tendencia de un cilindro largo a flexionarse.

CILINDROS DE SIMPLE EFECTO. Tienen solamente un orificio en el lado de la tapa y puede ser accionado en una sola dirección. Cuando el fluido entra por este orificio, empuja el pistón que se extiende. Para que éste entre, es necesario que el fluido retorne al depósito. El pistón retorna por el peso de la carga o por alguna fuerza mecánica, tal como un muelle. También puede ser controlado por una válvula direccional de simple efecto, figura 2.1.

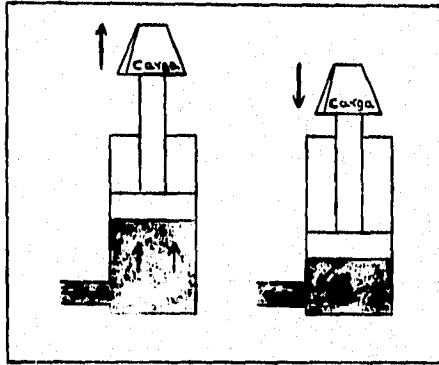


Figura 2.1, Cilindro de Acción Simple

CILINDROS DE DOBLE EFECTO. En un cilindro de doble efecto, figura 2.2, el fluido acciona el pistón en ambas direcciones. El cilindro debe tener orificios de conexión tanto en el lado del vástago como en el de la tapa.

Cuando el fluido entra a presión por el lado de la tapa, el vástago avanza. Al mismo tiempo, el fluido contenido en el lado del vástago es empujado hacia afuera y debe ser dirigido al tanque o depósito. Para que el vástago entre, debe invertirse el caudal. El fluido procedente de la bomba ó compresor entra por el lado del vástago, y se conecta el orificio del lado de la tapa al tanque para permitir el retorno del caudal.

La dirección del caudal, e la ida y a la vuelta, en un cilindro de doble efecto, puede controlarse mediante una válvula direccional de doble efecto, o actuando el control de una bomba reversible.

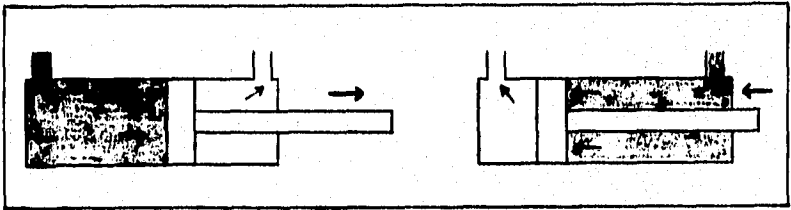


Figura 2.2, Cilindro de Doble Acción

CILINDROS DIFERENCIALES. También son conocidos como cilindros sin equilibrar y se caracterizan porque las áreas del pistón en las que se aplica la presión en ambos lados, no son iguales, Figura 2.3.

En el lado de la tapa, toda el área del pistón recibe la presión del fluido. En el lado del vástago, hay que sustraer el área de éste, de forma que la presión está aplicada sobre el área de una corona circular. El volumen ocupado por el vástago reduce también el volumen de fluido que el lado del vástago puede contener.

De esta forma, podemos establecer dos reglas generales relativas a los cilindros diferenciales:

- 1.- Si el caudal aplicado a ambos extremos del cilindro es el mismo, el vástago se moverá más rápidamente cuando entra, debido al menor volumen disponible para el fluido.
- 2.- Si se aplica la misma presión a ambos extremos del cilindro, el pistón podrá ejercer una fuerza mayor al avanzar, debido a que su área es mayor. De hecho, si aplicamos la misma presión a ambos lados al mismo tiempo, el vástago avanzará debido a que en el lado de la tapa actúa una fuerza mayor.

La relación de áreas a ambos lados del pistón puede ser de 6:5 con un vástago normal, y con un vástago para servicios pesados puede llegar a 1.5:1 o hasta 2:1

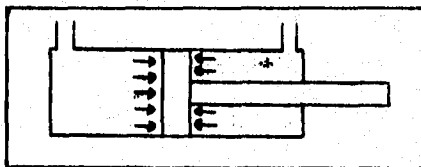


Figura 2.3, Cilindro Diferencial

CILINDROS NO DIFERENCIALES. También son conocidos como cilindros equilibrados y se caracterizan porque sus superficies de trabajo son idénticas.

Un cilindro no diferencial, Figura 2.4, tiene un vástago en cada lado del pistón. Suministra fuerzas y velocidades iguales en ambos sentidos, si el diámetro de los dos vástagos es el mismo, siendo que no varían el caudal y la presión.

Los cilindros no diferenciales se utilizan muy poco en el equipo móvil.

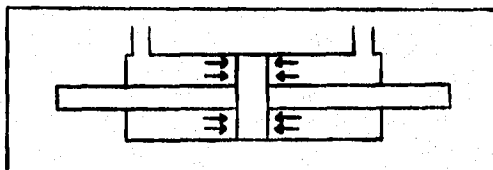


Figura 2.4, Cilindro No Diferencial

2.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS VÁLVULAS.

Las válvulas se utilizan en los sistemas neumáticos e hidráulicos para controlar el funcionamiento de los actuadores.

Es muy frecuente llamar a estas válvulas "controles", particularmente cuando hay varias de ellas montadas en un solo conjunto.

Las válvulas mantienen su autoridad en el circuito regulando la presión, creando condiciones especiales de presión, suministrando caudales diferentes a varias líneas del circuito y dirigiendo el fluido a unas u otras de estas líneas.

Las Válvulas se pueden clasificar en tres grupos principales:

- Válvulas para regular presión.
- Válvulas para regular el caudal.
- Válvulas para distribuir o direccionales.

No obstante, algunas válvulas, tienen funciones múltiples, que recaen en más de uno de estos tipos.

Las válvulas se caracterizan por su tamaño, capacidad de presión, y relación caudal/pérdida de carga. Normalmente, se denominan según sus funciones, pero pueden también designarse por su construcción.

Desde el punto de vista constructivo, varían desde una sencilla esfera y asiento hasta una válvula de corredera de varios elementos con una etapa piloto con inyectores y control eléctrico.

Las válvulas se pueden accionar de varias maneras: manualmente, pilotadas con fuerza hidráulica o neumática o mediante una señal eléctrica que energiza una solenoide para proporcionar la fuerza para el cambio de posición de las mismas.

En algunos sistemas modernos se hace que toda la secuencia de operaciones realizadas por una máquina de gran complejidad se controle de un modo automático.

A continuación se examina brevemente cada uno de los tres tipos principales de válvulas, profundizando un poco en las válvulas de distribución o direccionales que son las que utilizaremos en nuestro sistema hidráulico y neumático.

VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESIÓN.

Las válvulas para regular la presión se emplean para:

- Limitar o regular la presión y evitar que fluctuaciones en el suministro del fluido de trabajo lleguen a afectar a los actuadores, esto principalmente en los sistemas neumáticos.
- Originar una condición particular de presión necesaria para un control determinado.
- Hacer que el funcionamiento de los actuadores ocurra en un cierto orden.

Todas las válvulas antes de control de presión trabajan en condiciones próximas al equilibrio hidráulico o neumático. Normalmente, este equilibrio es muy sencillo: la presión actúa en un lado o extremo de una esfera, obturador o corredera, contra un muelle. Durante el funcionamiento, la válvula asume una posición en la que la presión del fluido equilibre exactamente la fuerza del muelle.

Puesto que la fuerza del muelle varía con la distancia comprimida, lo que se hace es variar esa distancia mediante un tornillo, gracias a esto al girar el tornillo variamos la longitud comprimida del muelle y con esto la fuerza a vencer por la presión del fluido. Por lo anterior, se dice que una válvula de control de presión es de infinitas posiciones.

La mayoría de las válvulas de control de presión son normalmente cerradas, lo que significa que se mantiene cerrado el paso del caudal a través de la válvula hasta que la presión aumente lo suficiente para causar un "desequilibrio".

En una válvula normalmente abierta, hay paso libre de caudal a través de la válvula hasta que ésta empieza a funcionar equilibrada. Entonces el caudal queda restringido total o parcialmente.

El margen de sobrepresión es una característica de los controles de presión normalmente cerrados cuando están equilibrados hidráulicamente. Debido a que la fuerza de compresión de un muelle aumenta cuando su longitud se reduce, la presión de apertura de la válvula es menor que la necesaria para que ésta deje pasar un gran caudal, o todo el caudal.

La diferencia entre las presiones a pleno caudal y de apertura se denomina margen de sobrepresión.

Cuando nos referimos al taraje de una válvula de control de presión, nos referimos a su presión de apertura. Se sobreentiende que la presión real de funcionamiento puede ser superior si el caudal que pasa por la válvula es muy grande.

En la figura 2.5, se muestra un tipo fundamental de válvula reguladora de presión.

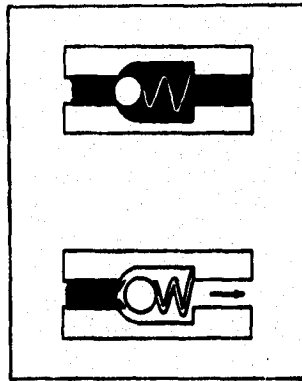


Figure 2.5, Válvula Reguladora de Presión

Son válvulas reguladores de presión, las válvulas antirretorno o de retención, válvulas de seguridad y descarga, válvulas reductoras de presión, válvulas de secuencia.

VALVULAS REGULADORAS DE CAUDAL.

En muchos sistemas es preciso poder regular con máxima precisión la velocidad de extensión de un cilindro o la velocidad de giro de un motor hidráulico. Ello se puede conseguir regulando el caudal de fluido que se manda al órgano que transforma la fuerza hidráulica o neumática en fuerza mecánica. Hay tres formas de hacer variar el caudal que llega al actuador para controlar su velocidad: Control a la entrada (meter in), control a la salida (meter out) y control por sustracción (bleed off).

REGULACIÓN A LA ENTRADA. En este caso, como se muestra en la figura 2.6, la válvula de control de caudal se monta en serie entre la bomba o compresor y el actuador, controlando el caudal que llega al actuador. Cualquier caudal superior al deseado que se suministra es desviado al tanque a través de la válvula de seguridad.

Este método se utiliza en aquellos sistemas donde la carga ofrece continuamente una resistencia al caudal de la bomba, por ejemplo, al elevar un cilindro vertical.

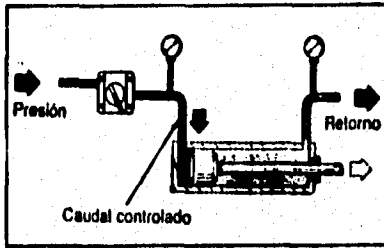


Figura 2.6, Regulación a la entrada.

REGULACIÓN A LA SALIDA. Si la carga tiende a huir del actuador, desplazándose en la misma dirección que éste, es preferible utilizar un control a la salida como se muestra en la figura 2.7.

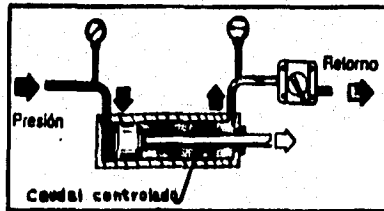


Figure 2.7, Regulación a la salida.

La válvula se coloca entre el actuador y el tanque, controlando el caudal de salida de aquél. De la misma forma que en la regulación a la entrada, el caudal sobrante de la bomba o compresor descarga al tanque a través de la válvula de seguridad.

REGULACIÓN POR SUSTRACCIÓN. Cuando el control del caudal puede ser un poco menos preciso, la válvula se conecta en derivación como se muestra en la figura 2.8.

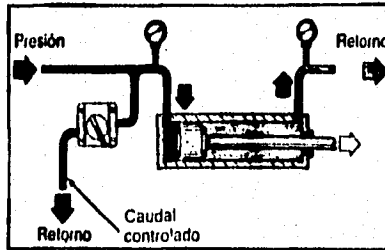


Figura 2.8, Regulación por sustracción.

Instalándola entre la salida de la bomba y el tanque, y controle el caudal desviado, en lugar del de trabajo. El caudal controlado retorna al tanque, prácticamente a la presión de trabajo en lugar de a la presión de taraje de la válvula de seguridad. La diferencia puede llegar hasta el 30-35%.

Las válvulas reguladoras de caudal, pueden actuar de dos maneras:

- 1).- Estrangulando el paso del fluido que entra o sale en el órgano cuya velocidad de trabajo se está regulando. Estas válvulas no están compensadas.
- 2).- Derivando el fluido parcialmente, fuera del órgano cuya velocidad se está regulando. Estas válvulas suelen estar compensadas.

Las válvulas no compensadas no compensan los cambios de presión. La presión a la salida de la válvula depende de la presión que hay en la entrada de la misma. Estas válvulas no se suelen emplear en circuitos donde se requiere una regulación muy exacta del caudal de fluido. A este tipo pertenecen las válvulas de aguja y de bola.

Las válvulas compensadas mantienen el caudal constante a la salida, aunque cambie la presión de entrada. En efecto, estas válvulas regulan el caudal, manteniéndolo constante aunque la presión caiga a la entrada de la válvula.

VÁLVULAS REPARTIDAS DE CAUDAL. Las válvulas repartidoras de caudal regulan éste y lo reparten entre dos o más circuitos. El caudal lo pueden repartir de los siguientes modos:

- a).- Las válvulas prioritarias dejan pasar todo el caudal a un determinado circuito, hasta que sobre fluido, en ese momento, el aceite sobrante queda a disposición de otros circuitos.
- b).- Las válvulas de prioridad ajustable hacen lo mismo que la anterior, con la única diferencia de que el caudal del circuito prioritario se puede ajustar.
- c) Las válvulas proporcionales reparten el caudal simultáneamente entre varios circuitos, pudiéndose regular el caudal de cada uno de ellos. En el caso de dos circuitos, la proporción entre el caudal de uno y otro puede hacerse que sea de 50 a 50 o de 90 a 10.

En la figura 2.9, se muestra el tipo fundamental de regulación de caudal.

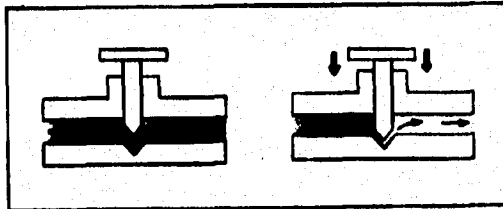


Figura 2.9, Principio de funcionamiento de una válvula para regulación de caudal.

VÁLVULAS DE CONTROL DIRECCIONAL.

Propiamente hablando, una válvula direccional es cualquier válvula que controle la dirección del caudal.

A esta clase de válvulas pertenecen las siguientes:

- Las válvulas de retención.
- Las válvulas rotativas.
- Las válvulas de émbolo de distribución.

En la figura 2.10, se han ilustrado estas tres clases de válvulas. El mecanismo de cada una de ellas es distinto.

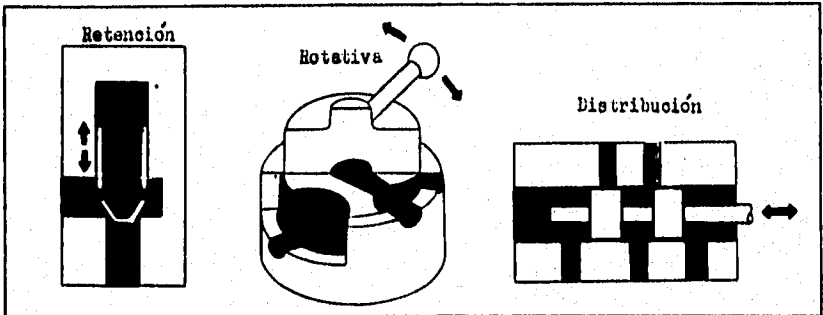


Figura 2.10, Tres tipos de válvulas para regular la circulación del fluido.

La válvula de retención lleva una esfera que se levanta o se aplica contra un asiento; la válvula rotativa consta de un rotor que abre y cierra unas canalizaciones para el fluido; la válvula de émbolo de distribución, lleva un émbolo con renuras que se corre para cerrar o abrir pasos de fluido.

Aparte de las válvulas antirretorno o de retención, la mayoría de las válvulas direccionales son válvulas inversoras, o de cuatro vías. El término cuatro vías significa que la válvula presenta cuatro pasajes o vías diferentes para el caudal.

Las cuatro vías son: la de la bomba, la del depósito (o escape), la de la boca A y la de la boca B del cilindro.

Es corriente en la industria aplicar el nombre de la válvula direccional a la válvula inversora de cuatro vías.

Una característica de las válvulas direccionales inversoras es tener, por lo menos, dos posiciones determinadas, con dos vías posibles para el caudal en cada posición extrema.

La válvula debe tener cuatro orificios como lo muestra la figura 2.11, en donde P (presión de la bomba), T (tanque), A y B (actuador o cilindro).

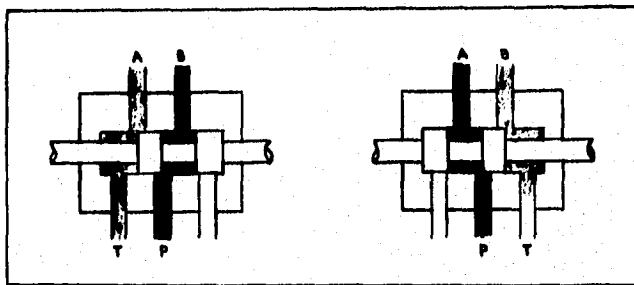


Figure 2.11. Válvula direccional de cuatro vías.

En una posición extrema, la válvula conecta P a A y T a B. En la posición opuesta, el caudal se invierte: P a B y T a A.

Si la válvula tiene una posición central, éste es una posición neutra, es decir la bomba descarga al tanque (centro abierto) o queda incomunicada -bloqueada- con los otros orificios (centro cerrado).

Cuando es necesario una posición neutra, se incorporan muelles o retenciones mecánicas para mantener la válvula "centrada".

Las válvulas direccionales son generalmente de posiciones finitas, con las tres posiciones mencionadas anteriormente.

En las aplicaciones móviles, donde las válvulas son accionadas manualmente, se les puede posicionar en infinitas posiciones entre la posición neutra y las dos extremas para controlar la dirección y también el caudal.

Las válvulas direccionales pueden ser accionadas utilizando muchos controles diferentes; de hecho, por cualquier cosa que pueda mover la corredora de la válvula. Los mandos manuales y los servocontroles pueden utilizarse para un posicionamiento infinito. Para un posicionamiento finito, la corredora puede ser accionada por la presión procedente de otra válvula direccional (funcionamiento pilotado); mecánicamente mediante una leva o a través de una fijación directa; por un solenoide, o por cualquier mando de posicionamiento finito.

2.2.1. APLICACIÓN DE LAS VÁLVULAS DE ÉMBOLO DE DISTRIBUCIÓN.

Este tipo de válvulas se ha popularizado mucho en los sistemas hidráulicos y neumáticos modernos, por varias razones:

- 1) Porque responden con rapidez. Las válvulas de émbolo de distribución se mecanizan con gran precisión y permiten una exacta dosificación del fluido.
- 2) Por su adaptabilidad. Añadiendo orificios se pueden controlar con una sola válvula el número de vías que se necesite.
- 3) Por su compactidad. Apilando las válvulas se consigue reducir el espacio que ocupan, lo que tiene mucha importancia en los equipos móviles.

El inconveniente de estas válvulas estriba en que exigen un buen servicio de conservación. Un fluido sucio daña las superficies de los émbolos mecanizados con

alta precisión, haciendo que dejen de trabajar con eficacia. La suciedad, por mínima que sea, también suele agarrar estas válvulas, haciendo que trabajen con irregularidad.

Es común que las pequeñas partículas de suciedad o cieno obstruyan los orificios calibrados o actúen como abrasivos que harán que la válvula termine perdiendo fluido.

Cualquiera de las causas anteriores es suficiente para que la máquina trabaje mal e incluso para que llegue a pararse. Todos estos inconvenientes se evitan trabajando con limpieza.

FALLAS DE LAS VÁLVULAS Y SUS CAUSAS PROBABLES.

A continuación se indican determinadas fallas de las válvulas y la causa probable de las mismas. Para obtener más información deberá consultarse siempre el manual técnico de la máquina en cuestión. Las fallas se refieren únicamente a las válvulas de distribución en sus tres tipos (émbolo de distribución, rotativas y retención).

A) Distribución Incompleta o defectuosa.

- 1.- Varillaje de mando con holgura o agarrado.
- 2.- Presión de cebado insuficiente.
- 3.- Electroimán quemado o defectuoso.
- 4.- Muelle de centrado defectuoso.
- 5.- Ajuste inadecuado del émbolo.

B) El cilindro se extiende o retrae con lentitud.

- 1.- El émbolo de distribución no se centra bien.
- 2.- El émbolo de distribución no se corre hasta el tope.
- 3.- El cuerpo de la válvula está gastado.
- 4.- Fuga del fluido por el pistón, dentro del cilindro.
- 5.- Fugas de los asientos de la válvula.

C) La carga del cilindro desciende con el émbolo de distribución en su posición central.

- 1.- Conexiones flojas de las tuberías con la caja de la válvula.
- 2.- Fugas de fluido por las juntas tóricas de muelles y tapones.
- 3.- Muelle de bloqueo roto.
- 4.- Fugas de fluido por las válvulas de descarga del circuito.

D) La carga del cilindro desciende un poco después de elevada.

- 1.- Muelle o asiento de la válvula de retención defectuosos.
- 2.- Posición del émbolo de distribución mal ajustada.

E) El fluido se calienta (sistemas cerrados)

- 1.- Fuga de fluido por el asiento de la válvula (hay presión en el circuito de retorno).
- 2.- Válvulas mal ajustadas.

DESPIECE CORRECTO DE VÁLVULAS.

- 1º Las válvulas no deben repararse nunca sobre el suelo del taller o donde haya peligro de que recojan polvo. Hacer el trabajo siempre sobre una mesa perfectamente limpia, comprobar que todas las herramientas estén limpias y que no tengan grasa.
- 2º Al despiezar la válvula se deben marcar las piezas para recomponerlas en la misma forma. Los émbolos de distribución se ajustan para un determinado cuerpo de la válvula, por lo que no se pueden intercambiar. Las secciones de la válvula se deben unir entre sí en el mismo orden en que iban.

- 3° Cuando se tenga que coger la caja de una válvula entre las mordazas de un tornillo de banco, se hará con la máxima precaución para no astopearla. Conviene cubrir la mordaza con plomo o cobre para no dañar la caja de la válvula.
- 4° Todas las bocas de la caja de la válvula se tienen que tapar después de sacar las piezas. Sólo así se puede evitar que entre en ella materia extraña.
- 5° Las válvulas cargadas con un muelle hay que abrirlas con precaución para no lesionarse al saltar aquél. Si el muelle está comprimido a gran presión, se debe emplear una prensa para desmontarlo.
- 6° Lavar todas las piezas de la válvula en un disolvente para grasas limpio que no sea corrosivo. Secar las piezas con aire comprimido y ponerlas sobre una superficie limpia para examinarlas. No secar las piezas con papel o algodones, se podrían desprender hilos que, al penetrar en el sistema podrían ser la causa de su mal funcionamiento.
- 7° No emplear tetracloruro de carbono para la limpieza porque estropea las juntas de goma.
- 8° Después de limpiar y secar las piezas se deben guardar donde no se ensucien ni puedan mojar, hasta el momento de reinstalarlas.
- 9° Al despiezar las válvulas se deben examinar cuidadosamente los muelles, cambiando todos los que estén deformados, rotos u oxidados.

Los muelles se prueban con un aparato que mide su fuerza comprimidos a determinada longitud.

2.2.2 REPARACION DE VALVULAS DE DISTRIBUCION.

Los émbolos de distribución de éstas válvulas se esmerilan con gran precisión para ajusterlas a su correspondiente taladro de la caja de la válvula. Se procura conseguir de esta forma el ajuste más exacto posible para reducir al mínimo las fugas internas de fluido.

Para conseguir este ajuste tan preciso, se requieren una técnica y un equipo especiales. Esta es la razón de que estos émbolos de distribución se suministren siempre en su correspondiente caja en forma de juego de piezas, no pudiéndose adquirir por separado. Al reparar estas válvulas se tienen que examinar los émbolos de distribución y los taladros en busca de las señales de desgaste y avaria indicadas en la figure 2.12.

- 1.- Examinar el reten
- 2.- Examinar en busca de rebaba
- 3.- Buscar incrustaciones en estos puntos
- 4.- Buscar arañazos en estos puntos

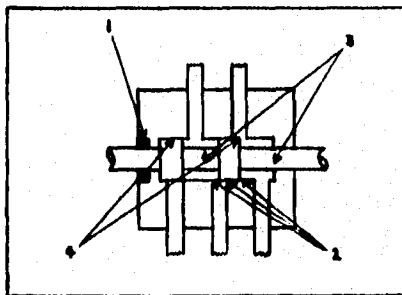


Figura 2.12, Inspección de teladro y del émbolo de distribución de la válvula.

Sobre el émbolo de distribución se pueden adherir o incrustar las impurezas que contenga el fluido. Cuando los arañazos no son muy profundos y las incrustaciones son superficiales, el émbolo de distribución se puede pulimentar con polvo de óxido de hierro. No quitar las incrustaciones del teladro de la válvula. Si los arañazos y las incrustaciones son profundas, se tendrá que cambiar el cuerpo de la válvula con su émbolo de distribución.

Si la válvula funcionaba con irregularidad o se egarroteba antes de desmontarla, es posible que la cause del fallo fuere el desgaste del émbolo de distribución o del cuerpo de la válvula, en cuyo caso se tendrían que cambiar ambos.

2.3 CONEXIONES.

Un factor de gran importancia en el diseño de un sistema neumático o hidráulico, son los elementos que unen los distintos componentes del sistema, e saber, tuberías y mangueras.

Aunque estos componentes son menos complejos que otros de los que ya nos hemos ocupado, no dejan por ello de ser vitales para el buen funcionamiento del sistema neumático o hidráulico.

2.3.1 TUBOS FLEXIBLES.

Los tubos flexibles o mangueras tienen gran ventaja para unir los distintos componentes de un sistema neumático o hidráulico; además de poderse doblar, absorben las vibraciones y las puntas de presión y son fáciles de instalar.

El tubo flexible consta de las siguientes capas básicas:

EL TUBO INTERIOR. Es de caucho sintético resistente al aceite. Tiene que ser de superficie lisa, flexible y capaz de resistir el calentamiento y la corrosión.

LAS CAPAS DE REFUERZO. Varían con el tipo de tubo flexible. Estas capas (o lonas) se fabrican de fibras sintéticas o naturales, de malla metálica o de una combinación de ambas. La resistencia de estas capas de refuerzo, depende de la presión a que trabaja el sistema neumático o hidráulico en el que se emplea el tubo flexible.

LA CUBIERTA EXTERIOR. Tiene por objeto proteger las capas de refuerzo. Suele ser de una goma especial resistente a los abrasivos, al aceite, a la suciedad y a la acción de la interperie. Es común que la cubierta exterior también sea de fibras sintéticas o naturales.

FORMA DE SELECCIÓN DE LOS TUBOS FLEXIBLES.

Para seleccionar un tubo flexible hay que saber lo siguiente:

- 1.- El caudal del sistema de trabajo, para conocer el calibre del tubo que se necesita.
- 2.- La presión y temperatura a que trabaja el sistema, para determinar el tipo de tubo flexible que se necesita.

Recuérdese que la sección del tubo debe ser suficiente para el caudal. Un tubo de sección insuficiente estrangula el paso del fluido, lo sobrecalienta y causa pérdidas de presión.

Un tubo de sección excesiva puede resultar demasiado débil para la presión a la que trabajará el sistema.

Los tubos de más sección tienen que estar más reforzados para trabajar a la misma presión que los tubos de menor sección. Además son más caros que éstos últimos.

FORMA DE SELECCIONAR EL TIPO DE TUBO.

Los tubos flexibles se clasifican de acuerdo con la presión que son capaces de resistir. Existen los cuatro tipos siguientes. (Figura 2.13):

- Tubos de baja presión.
- Tubos de presión media.
- Tubos de alta presión.
- Tubos de muy alta presión.

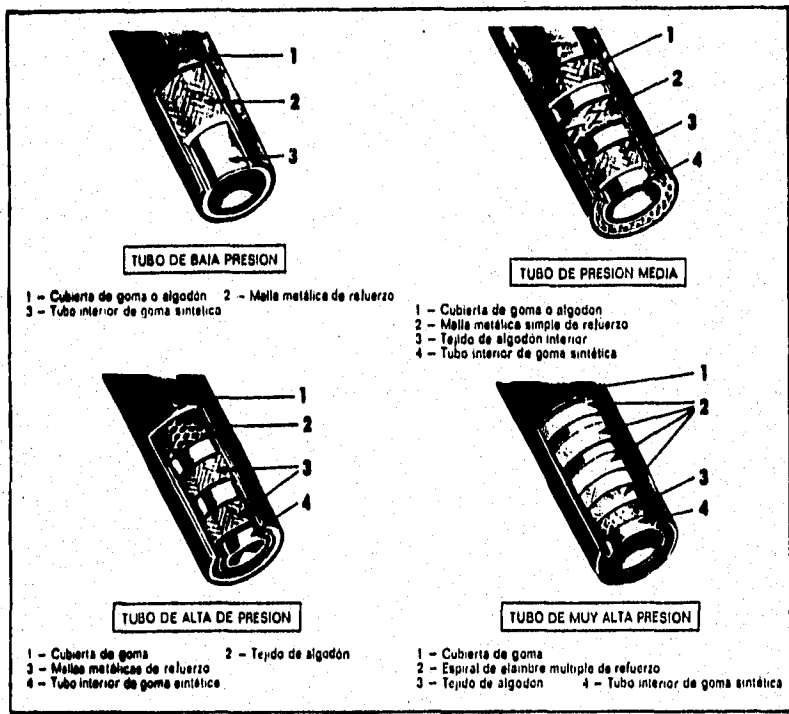


Figura 2.13. Cuatro tipos de tubos flexibles.

Los tubos flexibles para altas presiones llevan más capas de refuerzo o capas de refuerzo más gruesas.

Sin embargo, la máxima presión que un tubo flexible es capaz de soportar varía con su sección. El tubo de mayor sección soporta menos presión que el de menor sección de la misma estructura.

La presión nominal que debe soportar el tubo flexible, depende de la presión de trabajo del sistema. Aquella tiene que ser tal que soporte las elevaciones bruscas de presión que se producen durante el funcionamiento normal del equipo neumático o hidráulico.

La temperatura del fluido tiene gran importancia para la selección del tubo flexible. Los cuatro tipos de tubo flexible que se han mencionado anteriormente, son capaces de soportar las temperaturas de trabajo normales, pero para trabajar a temperaturas muy elevadas se fabrican tubos flexibles especiales.

INSTALACIÓN DE LOS TUBOS FLEXIBLES.

En la instalación de tubos flexibles hay que atenerse a las seis normas básicas siguientes:

- 1.- No dejar los tubos tirantes. Instálense siempre con un poco de holgura. Los tubos tensados se debilitan por efecto de la presión. (Figura 2.14).

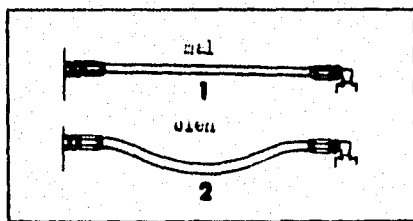


Figura 2.14

- 2.- Evitense los bucles. Mediante el empleo de conectores de empalme en ángulo se puede reducir la longitud de los tubos, se evitan los bucles y se consigue una instalación más limpia. (Figura 2.15).

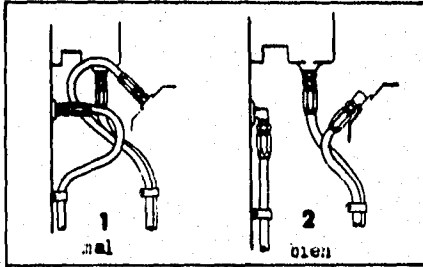


Figura 2.15

- 3.- Evítese toda torsión. Los tubos se debilitan y los racores se aflojan durante el funcionamiento. Déjese suficiente longitud del tubo libre donde haga falta. Apriétese el racor sobre el tubo y no el tubo sobre el racor, (Figura 2.16).

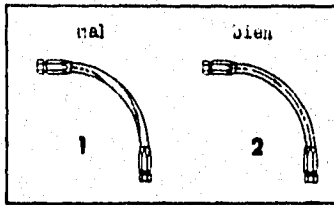


Figura 2.16

- 4.- Evítense las rozaduras. Fijese el tubo mediante abrazaderas para que no pueda rozar por el movimiento de las piezas. Si no basta con esto, protéjase el tubo por medio de una coraza metálica, (Figura 2.17).

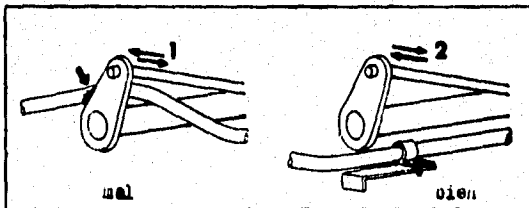


Figura 2.17

- 5.- Evítense el calor. Manténgase los tubos alejados del colector de escape y otras superficies calientes. Si el tubo no se puede alejar de estas zonas, protéjase con una pantalla, (Figura 2.18).

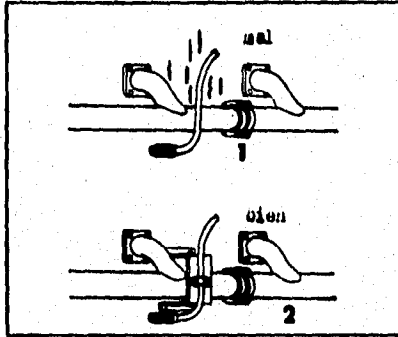


Figura 2.18

- 6.- Evítense las angulaciones agudas. El ángulo mínimo que puede formar el tubo depende de su fabricación, sección y presión a que trabaja. El fabricante suele indicar el ángulo mínimo permisible. Cuanto más reducida la presión, más se puede doblar un tubo. Siempre que sea posible se debe disponer el tubo en forma tal que se eviten angulaciones excesivas. Recuérdese que solamente el tubo es flexible, el rescor no lo es, (Figura 2.19).

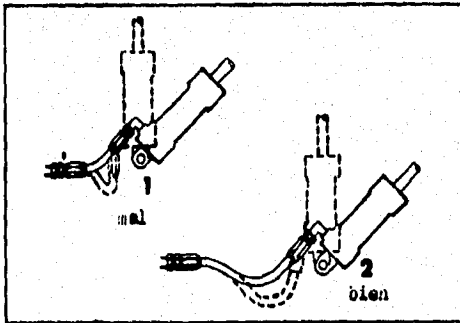


Figura 2.19

CONECTORES PARA TUBOS.

Los conectores para tubos o mangueras son de dos tipos:

- I. Los racores, que forman parte del tubo y
- II. Los adaptadoras, que son una pieza separada que se utiliza para conectar el tubo flexible a acoplamientos de diferente diámetro.

Los racores y los adaptadores pueden ser machos o hembras y se acoplan mutuamente.

Los conectores se fabrican de acero, bronce, acero inoxidable y, para algunas aplicaciones especiales, de plástico. El acero es el más comúnmente empleado por ser el que mejor soporta las altas presiones y el calor.

RACORES PARA MANGUERA. Los racores para manguera o tubo flexible logran hacer un cierre hermético por algunos de los siguientes cinco sistemas, (Figure 2.20).

- 1.- Cierre roscado metal contra metal.
- 2.- Cierre seco contra asiento cónico de 30 grados.
- 3.- Cierre abocardado contra cono.
 - a) Cierre abocardado S.A.E. sobre cono de 45 grados.
 - b) Cierre abocardado J.I.C. sobre cono de 37 grados.
- 4.- Cierre por junta tórica.
- 5.- Cierre por junta tórica sobre brida hendida.

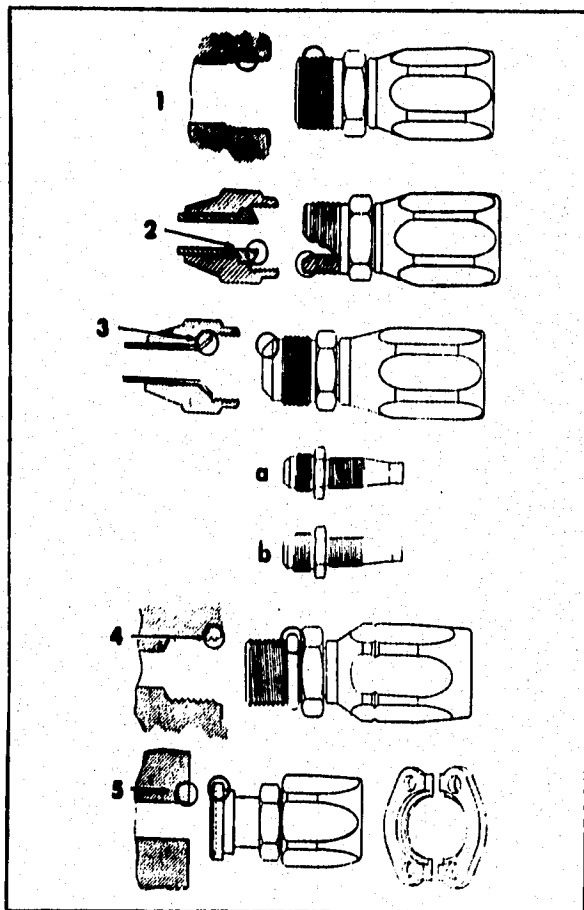


Figura 2.20, Sistemas para conseguir cierre hermético en los rotores.

Se empleen tanto racores rectos como en ángulo. Los racores en ángulo deben emplearse únicamente para ligar a puntos que tienen difícil acceso o para modificar la instalación del tubo flexible. Los racores para tubo flexible pueden ser permanentes o recambiables.

Los racores permanentes se desechan juntamente con el tubo flexible, el que van fijos por un pligüe o remachados.

Los racores recambiables se atornillan o se fijan mediante abrazadera al extremo del tubo flexible. Se pueden quitar y poner en un tubo nuevo. Cambiando la boquilla del casquillo, se puede cambiar el paso de rosca del racor. Como es natural, los racores recambiables son algo más caros que los permanentes.

Se debe tener cuidado en instalar los racores adecuados a la presión de trabajo del sistema, ya que si no se considera, se producirán pérdidas de presión, calentamientos, roturas de los tubos flexibles y otras averías.

ADAPTADORES PARA TUBO FLEXIBLE. Se llama adaptador una pieza separada que se utiliza para conectar un tubo flexible a una boca u otro racor.

Como casi todos los componentes neumáticos o hidráulicos llevan bocas con rosca cónica para tubería, se tienen que roscar en éstas, adaptadores con objeto de poder conectar a éste el racor del tubo flexible.

Los adaptadores tienen cuatro aplicaciones principales. (Figura 2.21).

- 1.- Conexión sobre un componente.
- 2.- Empalme de varios tubos flexibles.
- 3.- Conexión a través de un mampero (para fijar la tubería conectada al tubo flexible).
- 4.- Como reductor, en lugar de un casquillo.

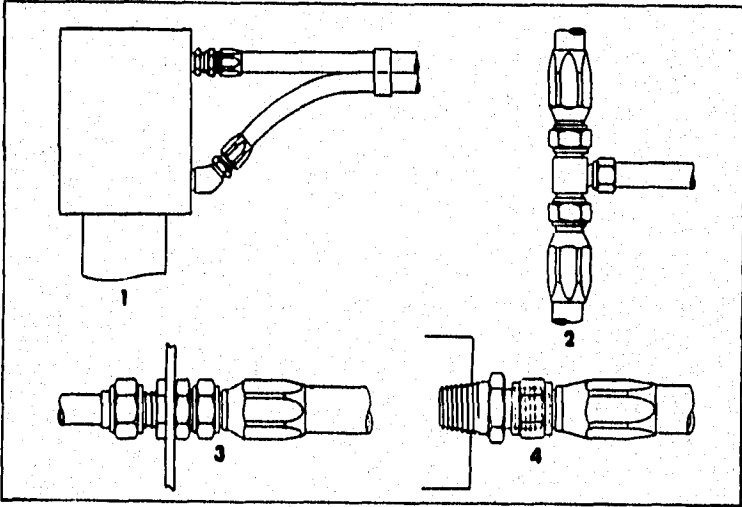


Figura 2.21, Aplicaciones de los adaptadores para tubo flexible.

CAPITULO III

Cálculo del Sistema de Calentamiento Eléctrico

3.1 CALENTAMIENTO ELÉCTRICO

El calentamiento eléctrico se adopta, sobre todo, debido a su gran simplicidad. Los aparatos eléctricos de calefacción sólo necesitan, para su utilización, de una toma de corriente.

Se llaman aparatos eléctricos de calefacción, todos aquellos que contienen un elemento térmico llamado resistencia y que al ser atravesados por una corriente eléctrica, transforman ésta en calor. La resistencia o elemento térmico de los aparatos de calefacción, viene a ser la parte que produce el calor en los mismos y esta compuesta de alambre nicrom o kanthal generalmente, cuya composición o elección es especial para resistir la corriente eléctrica sin fundirse, irradiando calor mientras está en contacto con la misma.

En un horno o calefactor eléctrico se usan por lo regular resistencias en espiral encastradas en un material refractario y el conjunto encerrado en una camisa protectora que puede ser de diversos materiales.

La temperatura en el calefactor se controla por medio de un controlador de temperatura el cual no se deberá colocar tan cerca de la resistencia.

El calentamiento eléctrico es más caro, por regla general, que el calentamiento con gas o con vapor, pero es más limpio, pues evita los escapes de agua y los humos. Quizá es algo más lento en elevar la temperatura, cuando se comienza a trabajar, pero el control de la temperatura es fácil y segura.

En la tabla 3.1 se muestra el consumo medio en watts de algunos aparatos eléctricos de calefacción.

Aparato Eléctrico	Consumo en Watts	Aparato Eléctrico	Consumo en Watts
Calentador Eléctrico	400 - 6000	Máquina de planchar	1300 - 1500
Cocina eléctrica	4000 - 12000	Plancha	500 - 800
Encendedor eléctrico	100 - 200	Rizador de cabello	25 - 50
Estufas chicas	500 - 1000	Tanque calentador	500 - 2000
Cafeteras y hervidores	500	Tostador de pan	500

Tabla 3.1

3.2 RESISTENCIA ELECTRICA.

Cuando pasa una corriente por un alambre (en general, un conductor), éste opone al paso de la corriente una resistencia tanto mayor cuanto más largo es el alambre, pero tanto menor cuanto más grueso es. Además, esta resistencia depende del material con que se ha fabricado el alambre. Lo anterior expresa en otras palabras la siguiente ley:

"La resistencia de un conductor está en razón directa con la longitud y en razón inversa con su sección".

$$R = \frac{l \rho}{q} \quad \text{ohmios } (\Omega)$$

l es la longitud en metros, q la sección en milímetros cuadrados y ρ la resistencia específica o resistividad, es decir, la resistencia de un conductor de 1 metro de longitud y 1 milímetro cuadrado de sección. La unidad ohmio (Ω) es la resistencia de una columna de mercurio de 1.063 m de longitud y 1 mm² de sección a 0° C.

En la tabla 3.2 se indica la resistencia específica y coeficientes de temperatura (α) de algunos metales y aleaciones para resistores a la temperatura de 20° C.

Metal	Composición Química	Resistencia Especifica ρ	Coefficiente de Temperatura α
Aluminio	Al	0.02857	0.0037
Carbón	C	63	-0.0004
Zinc prensado	Zn	0.061	0.0039
Cobre de líneas	Cu	0.0175	0.00393
Esteño	Sn	0.12	0.0045
Hierro	Fe	0.1...0.15	0.0047

Kruppina	Fe - Ni	0.85	0.0007
Mangénina	Cu-Mn-Ni	0.43	0.000005
Mercurio	Hg	0.957	0.00087
Niquelina	Cu-Ni-Zn	0.40	0.00028
Plata recocida	Ag	0.0163	0.0037
Platino recocido	Pt	0.095	0.0024
Plomo	Pb	0.204	0.0037
Rotón	Cu-Ni-Zn	0.5	0.00023

Tabla 3.2

3.3 MATERIAL REFRACTARIO.

Se pueden definir como refractarios, de una manera muy general, aquellos materiales no metálicos que soportan temperaturas muy elevadas sin fundirse, sin sufrir una deformación excesiva o sin experimentar cambios de composición.

Existe una gran cantidad de requisitos que debe llenar un material refractario para considerarse como tal, pero las condiciones más importantes para el metalurgista, son probablemente las siguientes:

- 1.- Habilidad para procurar una buena aislación térmica.
- 2.- Trabajar el refractario como un material estructural de alta temperatura.
- 3.- Servir como soporte del enrollamiento metálico en hornos de resistencia eléctrica.
- 4.- Que pueda utilizarse como recipiente para materiales líquidos.

Para clasificar los refractarios, conforme a los requisitos principales citados, es necesario conocer las propiedades siguientes:

- a) Punto de fusión.
- b) Conductividad térmica.
- c) Resistencia a las temperaturas elevadas.
- d) Coeficiente de expansión térmica.

- e) Resistencia al choque térmico.
- f) Capacidad de ser químicamente inerte a los metales líquidos y a su entorno.
- g) Conductividad eléctrica a temperaturas altas.

Debido a que el material refractario que utilizamos para la construcción de nuestro calefactor eléctrico es alúmina, nos enfocaremos a dar algunas propiedades y usos principales de este material refractario con el conocimiento de que para la gran diversidad de materiales refractarios disponibles, las propiedades de éstos dan la pauta para el uso de cada uno de los mismos. En la tabla 3.3, se indican algunas propiedades y usos principales de la alúmina en el laboratorio de metales.

Composición	Al_2O_3	Conductividad Térmica	89.7 (425°C)
Punto de fusión, °C	2050-1900° *Temp.util.max	Cal/Seg/cm/°C X 10 ⁻⁴	72.5 (540°C) 59.6 (980°C) 55.2 (1425°C)
Resistividad eléctrica ohms/cm ³	3 X 10 ¹³ (a 300°C)	Coefficiente de expansión Térmica X 10 ⁶ , °C	6 - 9 (20 - 1000°C)
Formas comerciales	tubos, crisoles, rodillos, placas, ladrillos, etc.		

Tabla 3.3

La alúmina es el refractario más usado en el laboratorio metalúrgico, porque se obtiene con una pureza muy alta, por su punto de fusión elevado, por su baja reactividad, por su resistencia al choque térmico regular y por su conductividad eléctrica muy baja a temperaturas elevadas. Esta última propiedad, en unión de alguna de las mencionadas, son las que hacen que la alúmina sea un material de empleo casi universal en la construcción de tubos de horno y muflas sobre las cuales va el devanado de las resistencias eléctricas metálicas.

3.4 CONSIDERACIONES PARA EL CALCULO DEL CALEFACTOR ELECTRICO.

CÁLCULO DE LA POTENCIA CALORÍFICA DE UN HORNO.

La potencia calorífica necesaria para calentar un horno depende de: la magnitud de la superficie a calentar, el espesor del aislamiento, la magnitud de las pérdidas en los extremos o tapas y, por supuesto, de la temperatura deseada.

Una regla buena, aunque no muy exacta para computar la potencia calorífica (W), es la dada por la expresión:

$$W = 100 \frac{LD}{T}$$

Donde: L = longitud del horno.

D = diámetro interior del horno.

T = espesor del aislamiento, en pulgadas.

Esto se aplica a hornos con devanado interno, que operan entre 1000 y 1100 °C, empleando como aislante tierra de diatomeas. Debe aumentarse esta potencia de un 10 a un 20 % para hornos cortos (longitud menor de diez veces el diámetro interior del tubo) con gran cantidad de pérdidas de calor en los extremos.

Debido a que tales hornos, por trabajar en este intervalo de temperatura, pierden una gran cantidad de calor por conducción, la temperatura máxima no será exactamente proporcional a la entrada de potencia.

El factor numérico 100, que se utiliza en la ecuación se basa en una temperatura máxima de operación de 1000 °C. Si se desea otra temperatura, el factor numérico que debe emplearse será de cerca de un 10 % de la temperatura máxima de operación requerida.

Si se conoce la potencia necesaria para trabajar el horno a la temperatura deseada, es fácil determinar la resistencia total del alambre para cualquier voltaje de operación y seleccionar así un calibre de alambre que nos dé esta resistencia.

Considerando que nosotros requerimos de una temperatura máxima de operación de 800° C en nuestro horno, tendremos que el factor numérico que utilizaremos en la ecuación anterior será 80, por lo que se usará la siguiente ecuación:

$$W = 80 \frac{LD}{T}$$

donde: $D = 12 \text{ cm} = 4.72 \text{ plg.}$
 $L = 16.5 \text{ cm} = 6.5 \text{ plg.}$
 $T = 7.85 \text{ cm} = 3.09 \text{ plg.}$

$$W = 80 \frac{(6.5)(4.72)}{3.09} = 794.3$$

$$W = 794.3 + 158.86 \text{ (watts)}$$

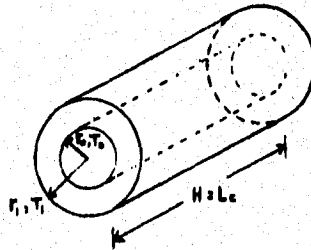
Por lo tanto, la capacidad calorífica requerida de nuestro horno será aproximadamente,

$$W = 955 \text{ watts.}$$

DETERMINAR EL CALOR DEL HORNO CILINDRICO DE LADRILLO REFRACTARIO DE ALUMINA.

Datos:

$$\begin{array}{ll}
 H = 0.165 \text{ m} & r_i = 0.1385 \text{ m} \\
 r_o = 0.06 \text{ m} & T_i = 40^\circ \text{C} \\
 T_o = 800^\circ \text{C} & K = 1.7344 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ \text{C}}
 \end{array}$$



El calor del horno cilíndrico será dado por:

$$Q = \frac{T_o - T_i}{R}$$

donde:

$$R = \frac{1}{2 \pi r H} \ln \frac{r_i}{r_o}$$

$$R_c = \frac{L_c}{A_c K} ; A_c = \frac{A_i - A_o}{\ln \frac{A_i}{A_o}}$$

$$A_1 = 2\pi r_1 H = 2\pi(0.1385 \text{ m})(0.165 \text{ m}) = 0.1436 \text{ m}^2$$

$$A_0 = 2\pi r_0 H = 2\pi(0.06 \text{ m})(0.165 \text{ m}) = 0.0622 \text{ m}^2$$

$$A_c = \frac{0.1436 - 0.0622}{\ln \frac{0.1436}{0.0622}} = 0.0973 \text{ m}^2$$

$$R = \frac{0.165 \text{ m}}{0.0973 \text{ m}^2 (1.7344 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}})} = 0.9777 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$Q = \frac{800^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}}{0.9777 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}} = 777 \text{ Watts}$$

CALOR Y LEY DE JOULE.

Al igual que el Trabajo, el calor es una energía en tránsito, o sea, que es una forma de intercambio o de energía entre un cuerpo y otro.

La energía en forma de calor siempre fluye del cuerpo de mayor temperatura hacia el de menor temperatura.

La kilocaloría es la cantidad de calor que a la presión atmosférica incrementa la temperatura de 1 kg. de agua de 14.5° a 15.5° C.

Si T_1 es la temperatura inicial, T_2 la temperatura final, G el peso en gramos del agua calentada y Q la cantidad de calor, se podrá escribir:

$$Q = G (T_2 - T_1) \text{ Kcal}$$

Con el nombre de calor específico, o capacidad calorífica, de un determinado cuerpo se conoce la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado la temperatura de un kilogramo de dicho cuerpo.

Designando por c el calor específico de un cuerpo del que se tienen G kilogramos, para calentarlo de T_1 a T_2 se requerirán:

$$Q = c G (T_2 - T_1) \text{ Kcal.}$$

LEY DE JOULE. Debido al hecho de que toda corriente eléctrica desarrolla calor; Joule determinó la relación entre la intensidad de la corriente y el calor producido, y lo ha expresado en la siguiente ley que lleva su nombre.

"Al pasar una corriente por un conductor, desarrolla en él una cantidad de calor proporcional a su resistencia, al tiempo y al cuadrado de la intensidad de la corriente".

$$Q = K R I^2 t \text{ (Kcal)}$$

donde Q = Cantidad de calor desarrollada Kcal
 I = corriente en amperes
 R = resistencia en ohms
 t = Tiempo en segundos

siendo K un coeficiente experimental constante o factor de proporcionalidad que en la práctica se toma igual a $K = 0.00024$

La ley de Joule puede traducirse por las siguientes expresiones considerando la ley de Ohm.

$$Q = 0.00024 R I^2 t$$

$$Q = 0.00024 V I t$$

$$Q = 0.00024 \frac{V^2 t}{R}$$

donde V = Volaje en volts

3.5 CANTIDAD DE CALOR TEORICA PARA CALENTAR LA CAMARA.

Si deseamos calentar una masa de acero de 8.6 kg. de peso de $T_1 = 20^\circ \text{C}$ a $T_2 = 250^\circ \text{C}$, en 15 minutos; tendremos:

$$Q = cG (T_2 - T_1) \text{ Kcal}$$

siendo, $c = 0.48 \text{ kJ/kg}^\circ \text{K}$

$$C = \left[\frac{0.48 \text{ kJ}}{\text{kg}^\circ \text{K}} \right] \frac{1 \text{ kcal}}{4.187 \text{ kJ}} = 0.10986 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ \text{K}}$$

$$Q = 0.10986 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ \text{K}} (8.6 \text{ kg}) (523^\circ \text{K} - 293^\circ \text{K}) = 217.3 \text{ kcal}$$

de la ecuación de Joule que se da en Kcal

$$Q = 0.00024 \text{ VIt (kcal)}$$

tenemos,

$$\text{VI} = \frac{Q}{0.00024 \text{ t}} = \frac{217 \text{ kcal}}{0.00024 \text{ t}} = \frac{217.3 \text{ kcal}}{0.00024 (15) (60 \text{ seg})}$$

$$Q = 1006 \text{ Watts}$$

CALCULO DE LA RESISTENCIA NECESARIA DE ALAMBRE PARA UN HORNO DE 1000 WATTS DE POTENCIA.

Partiendo de la ley de Joule,

$$Q = 0.00024 \frac{\text{V}^2}{\text{R}} \text{ t}$$

tenemos que,

$$1 \text{ Watt} = 239 \times 10^6 \text{ Kcal/seg} \quad 1000 \text{ W} = 0.239 \text{ kcal/seg}$$

$$0.239 \text{ kcal} = 0.00024 \frac{\text{V}^2}{\text{R}}$$

Considerando que el voltaje que vamos a manejar es de 220 volts, entonces la resistencia necesaria para la potencia de 1000 Watts será:

$$\text{R} = \frac{0.00024 (220)^2}{0.239} = 48.6 \Omega$$

de la ecuación,

$$\text{R} = \frac{\rho l}{\text{A}}$$

Siendo ρ del Nicromel, $\rho = 1.673 \frac{\Omega}{\text{m}}$ y $\phi = 1 \text{ mm}$

$$\text{R} = \frac{(1.673) (l)}{0.7854} = 2.13 \Omega$$

∴ si necesitamos tener una resistencia de 48.6 Ω tendremos:

$$\text{R} = (2.13) l, \quad l = \frac{48.6}{2.13} = 22.8 \text{ m}$$

CAPITULO IV

Sistema de Plastificación e Inyección.

4.1 SISTEMAS DE PLASTIFICACIÓN.

La plastificación de la masa granulada tiene lugar, en las máquinas de inyección de tipo convencional, en el cilindro de plastificación, donde el material termoplástico (por influencia de la presión que parte del émbolo y se transmite por la masa granulada y la termoplástica) es inyectado en el molde.

En las máquinas de inyección de tipo convencional, el material disgregado disponible en la boquilla no posee una consistencia termoplástica completamente homogénea. La resistencia al flujo producida dentro del cilindro de plastificación limita la velocidad de inyección del material, a pesar del potencial específico de presión disponible en el émbolo. El dispositivo prador de la masa o bien las variaciones de la sección de flujo, formadas para aumentar las superficies calefactoras del cilindro en contacto con el material, reducen el volumen de los cilindros de plastificación convencionales y limitan su capacidad de fluidificación.

En máquinas con gran capacidad de disparo, la velocidad de producción (frecuencia de disparos) queda fuertemente limitada por el tiempo necesario para la disgregación de la cantidad de material utilizada, debido a las malas propiedades de transmisión térmica de los termoplastos.

Ya desde hace años se dudó de la posibilidad de una reducción de estas desventajas mediante un desarrollo técnico del sistema de plastificación convencional.

A la vista de los éxitos que acompañaron en los últimos años a la aplicación de dispositivos para intensificar la plastificación, no puede apenas suponerse que los fabricantes de máquinas concedan una importancia, que justifique inversiones para su desarrollo, el método convencional de disgregación de material.

El desarrollo de dispositivos de plastificación se basó en una separación de los procesos de plastificación y de inyección, ofreciendo la posibilidad de una configuración constructiva ganerosa, tanto en el grupo de inyección como en el de la plastificación.

Se hace abundante uso de la posibilidad de un diseño a base de consideraciones puramente termodinámicas, como la creación de superficies calefactoras óptimas con una sección mínima de flujo; de este modo se evita una diferencia de temperatura excesiva entre el material y la pared caliente del cilindro, reduciendo a un mínimo los fenómenos perjudiciales, como sobre calentamiento del material o la salida de material sensible a la temperatura. Además se limita el aumento de temperatura efectivo perpendicularmente a la dirección de flujo; las divergencias de temperatura se mueven en límites tolerables. Se consigue una disgregación mejor y más uniforme, aumentando así la calidad de la producción. Desaparecen en su mayor parte las

oscilaciones de presión durante la inyección, con las consiguientes variaciones de las condiciones de producción entre una inyección y la siguiente (causadas por una disgregación irregular del material) y la mayor efectividad del cilindro de plastificación permite un aumento de la cuota de fluidificación.

En el estado actual de competencia en el sector, no puede admitirse un trabajo poco rentable, incluso en cuanto a la tendencia de un tamaño óptimo de los productos. En muchos problemas de producción, el elaborador tiene que recurrir a una realización de las posibilidades de maquinaria que se ofrecen, especialmente cuando la alternativa se extiende a una nueva inversión, desde el punto de vista de la tarea de producción.

Y precisamente aquí reside una posibilidad no reconocida aún en toda su magnitud por muchas industrias: la de comprobar si la capacidad de fluidificación de las máquinas de inyección existentes, de tipo convencional, puede aumentarse mediante la posterior incorporación de una instalación de plastificación por extrusor. En muchos casos esta consideración ha justificado la modificación, no sólo por la intensificación del proceso de plastificación, sino también por la posible elevación del volumen de disparo.

De una manera general, podemos decir que todos los dispositivos existentes en el mercado tienen ventajas y desventajas, sin embargo, teniendo en cuenta los resultados del trabajo de desarrollo realizado en los últimos años, hay que decir que la industria de maquinaria ha conseguido crear aparatos que permitan un aumento muy considerable de la capacidad de disparo y de la calidad de producción en comparación con los dispositivos de plastificación convencionales.

4.2 DISGREGACIÓN DEL MATERIAL.

La transformación de la consistencia de materias termoplásticas, desde el granulado hasta la masa plástica homogénea y de viscosidad estructural, lista para la elaboración, tiene lugar en el sistema de plastificación de la unidad inyectora de la máquina.

En el curso de la disgregación del material la masa de inyección recorre tres estados distintos, cuyas transiciones no pueden delimitarse con nitidez a causa de la diversa longitud de las cadenas macromoleculares.

El material se encuentra en estado sólido en su forma de suministro, cuando llega al cilindro de plastificación. El estado termoelástico empieza al alcanzar la temperatura de reblandecimiento y se caracteriza por una reducción de las fuerzas de cohesión intermoleculares, un descenso de resistencia del material debido a la disgregación de la estructura molecular. Al progresar la influencia térmica se hace cada vez mayor la

flexibilidad de los elementos de unión intermoleculares, hasta que se pierden por completo al sobrepasar la zona de temperatura de fluidez y se hace posible un desplazamiento de la macromolécula. El material ha alcanzado con ello su estado de elaboración, se encuentra en estado termoplástico.

La plastificación empieza tras la entrada del granulado en la cámara interior del cilindro caliente, conjuntamente con una compresión que se produce por la influencia de la presión del émbolo, en el curso del movimiento de avance. Tiene lugar entonces una transmisión térmica desde las superficies internas del cilindro de plastificación que están en contacto con el material.

En la zona de caída de la masa de inyección (extremo de fijación del cilindro de plastificación) no se disponen en general elementos calefactores para impedir un reblandecimiento prematuro del granulado que podría influir en su posterior avance. En muchas máquinas de inyección la placa transversal (y el émbolo) está provista de canales de circulación de agua de refrigeración, con objeto de disipar el calor transmitido.

La conductividad térmica de las materias termoplásticas es extraordinariamente baja, situándose, según el tipo de material, de 300 a 400 veces por debajo de los valores válidos para los metales. Esta circunstancia produce algunas dificultades para configurar en forma óptima la potencia de fluidificación de la máquina, y se han adoptado medidas constructivas muy diversas para compensarlas.

La mayor parte de todos los termoplastos que se elaboran por el proceso de inyección posee una baja estabilidad a la temperatura. La degradación molecular ligada a la disgregación produce una reducción de las propiedades de resistencia cuando el material se someta a un calentamiento muy fuerte o se expone durante un tiempo demasiado largo a la temperatura normal de trabajo. Esta circunstancia explica que no sea muy sencillo aumentar la potencia de plastificación del cilindro mediante una elevación de temperatura, ya que el aumento de potencia conseguido de este modo tiene que producir en la zona inmediata de la transmisión térmica una excesiva degradación molecular en el material y las piezas inyectadas muestran defectos cualitativos.

Debido a las malas propiedades de conductividad del material, existe siempre el peligro de un sobrecalentamiento de la capa expuesta directamente a la superficie calefactora, mientras que las partes internas no han reblandecido aún.

En máquinas con cilindro de plastificación horizontal, el ángulo de talud condicionado por la caída de material como se muestra en la figura 4.1 provoca adicionalmente un flujo de material irregular que se muestra con mayor intensidad en la parte inferior del cilindro.

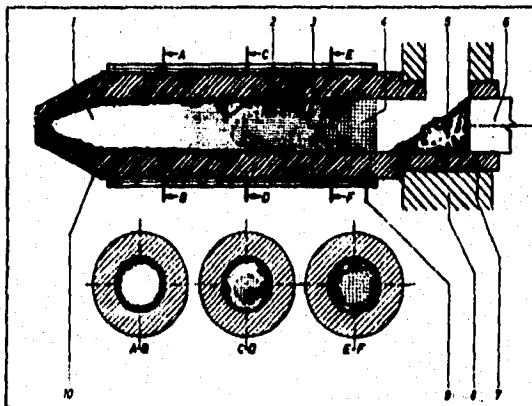


Figura 4.1, Esquema de la disgregación del material en el cilindro de plastificación.

En la representación de diversas zonas de influencia de temperatura se considera el flujo más intenso en la parte inferior del cilindro, debido al ángulo de talúd del material dosificado. (1) Material en estado termoelástico. (2) Material notablemente disgregado. (3) Material en estado termoplástico. (4) Tapón de material sólido. (5) granulado dosificado. (6) Embolo. (7) Extremo de fijación del cilindro. (8) Placa transversal. (9) Elemento calefactor. (10) Cilindro de plastificación.

4.3 CILINDRO DE PLASTIFICACION

La principal tarea de un cilindro de plastificación consiste en disgregar el material en una fusión lo más homogénea posible con reducidas diferencias de temperatura.

En un cilindro bien construido, esta disgregación de material es uniforme, sin que se formen restos sometidos durante un tiempo prolongado a la calefacción. Los canales de flujo están configurados de tal forma que la masa fluye en todos los puntos con la misma velocidad.

Al proyectar tales cilindros se tiende a una solución que ofrezca la mínima resistencia posible al material que fluye. Un cilindro de este tipo permite un llenado del molde más rápido para una presión dada en el émbolo, influyendo positivamente en las propiedades de la pieza inyectada y aportando así una producción rentable.

Aunque los modernos cilindros calefactores se han adaptado ampliamente a los descubrimientos relativos a la óptima disgregación del material, no puede obtenerse tampoco aquí una fusión homogénea de consistencia uniforme; el material que sale por la boquilla posee capas de diversas temperaturas.

Como la potencia máxima de plastificación de una máquina de inyección puede valorarse en forma muy diversa y depende de la temperatura de calefacción, de las propiedades del material y de la construcción del molde, es relativamente difícil, con los cilindros convencionales, expresar un valor definido del rendimiento.

Las dificultades se muestran especialmente en la elaboración de termoplastos con muy baja estabilidad térmica en máquinas de inyección con cilindro de plastificación-inyección.

La disgregación del material sólo tiene lugar, en este principio de plastificación, durante el movimiento de avance del émbolo, cuando éste comprime hacia adelante el granulado ración dosificado en el cilindro calefactor.

En unidades de plastificación de gran volumen de inyección ocurre a menudo que el tiempo de enfriamiento de la pieza es muy corto por una configuración del artículo de acuerdo con el proceso.

En este caso no es suficiente el tiempo disponible para la plastificación del material; el cilindro de plastificación se carga con un múltiplo del volumen necesario para el llenado del molde y este material sólo pueda disgregarse aumentando la temperatura del cilindro, si no quiere reducirse la producción mediante tiempo de paro. Aquí es relativamente grande el peligro de una sobrecarga térmica del material.

Pero también con tiempos de enfriamiento relativamente largos se corre el riesgo de una sobrecarga térmica, pues los tiempos de permanencia son demasiado largos en el cilindro calentado normalmente.

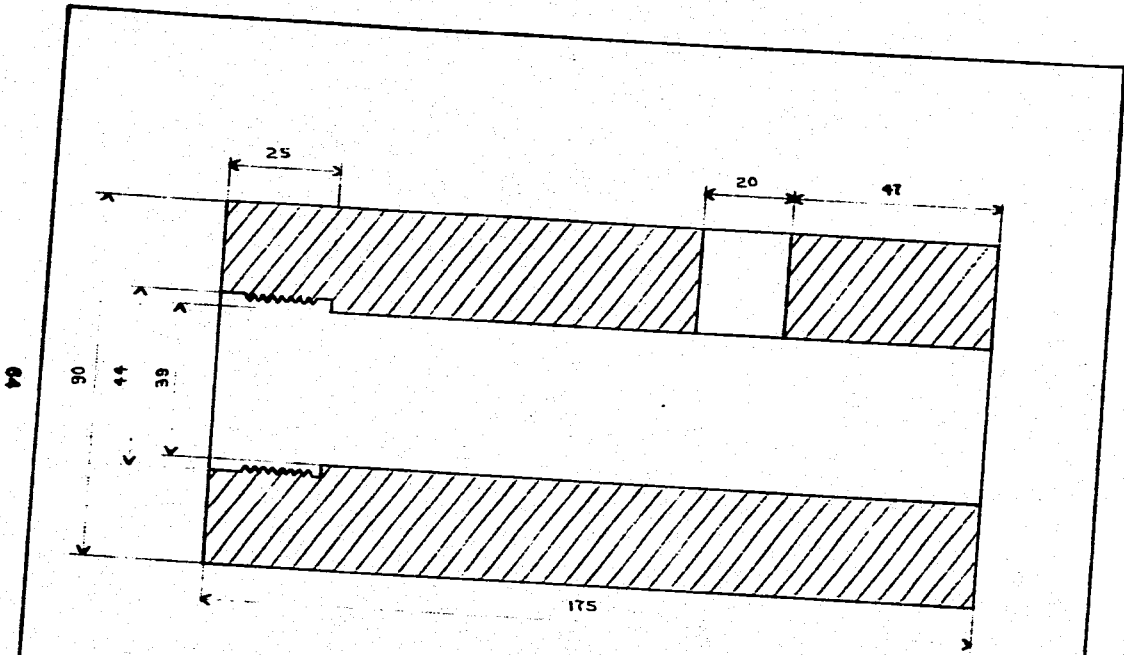
En máquinas con cilindro de plastificación-inyección es sólo posible en forma muy limitada una deseable coordinación de los factores temperatura del cilindro/tiempo de plastificación-volumen de inyección y tiempo de enfriamiento.

En interés de un correcto resultado de producción, se ha indicado ya varias veces la necesidad de la disgregación de la masa en un fluido homogéneo, dentro de un intervalo de temperatura lo más estrecho posible. Es imposible formular una regla que

pueda aplicarse en general como concepción térmica básica, debido a la variedad de construcciones de cilindros de plastificación y a las diversas potencias de fluidificación que de ellas resultan. Si por ejemplo, desciende la temperatura general de un cilindro con escasa potencia de plastificación, crecen muy rápidamente las condiciones bajo las cuales se arrastren de vez en cuando porciones de material insuficientemente disgregado y se inyectan en el molde. Esta circunstancia perjudica la producción y fuerza a aumentar la temperatura del cilindro calefactor y prolongar el ciclo de trabajo.

Un cilindro de plastificación con buena potencia de fluidificación produce la disgregación del material sin influencias térmicas nocivas en la masa de inyección, permitiendo la producción con temperatura relativamente baja y ciclo de trabajo rápido.

En la figura 4.2 se muestra la representación gráfica del cilindro de plastificación utilizado.



90

44

39

25

20

47

175

DIBUJ: G.M.M.	FE.S. CUAUTITLAN	ESC.: 1:1
UNAM	CILINDRO DE PLASTIFICACION	ACOT.: 1/16"

4.4 BOQUILLA DE INYECCIÓN.

Mediante la boquilla de inyección, que se fija en la parte anterior del cilindro de inyección, se establece la conexión con el molde, para dirigir el material termoplástico al bebedero.

Análogamente a la diversidad de posibilidades en la técnica de llenado, se dispone de boquillas de diversa construcción. Las boquillas se fijan en la parte anterior del cilindro de inyección mediante rosca o bien mediante un perfil de bayoneta.

La boquilla con fijación de bayoneta como se muestra en la figura 4.3 ofrece la ventaja de un rápido cambio de boquilla y permite en muchos casos el desmontaje del émbolo hacia adelante.

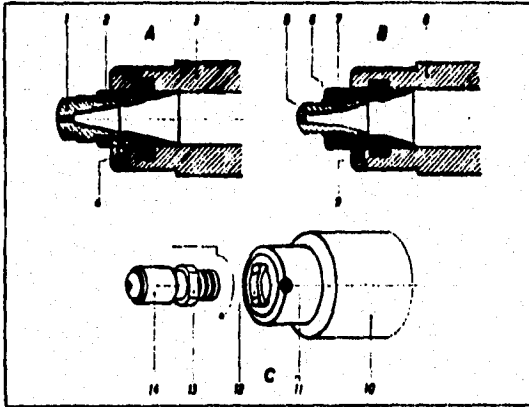


Figura 4.3. Representación esquemática de boquillas con fijación de bayoneta en el cilindro (BATTENFELD).

A, ejecución con boquilla normal roscada. (1) boquilla. (2) ajuste de bayoneta. (3) cilindro. (4) tornillo de fijación del cuerpo de ajuste. B, ejecución con boquilla deslizable. (5) boquilla deslizable. (6) tope límite de cerrera. (7) ajuste de bayoneta. (8) cilindro. (9) tornillo de fijación. C, boquilla normal con perfil de bayoneta e indicación de la forma de montaje. (10) cilindro. (11) tornillo de fijación para el cuerpo de boquilla. (12) perfil interior de bayoneta. (13) perfil exterior de bayoneta. (14) cuerpo de boquilla.

El diámetro de canal de flujo en la boquilla depende del volumen de la cavidad del molde. En piezas de peso reducido (20- 30 gramos) el orificio de la boquilla tiene que poseer un diámetro de unos 3-3,5 mm. Para moldes mayores y piezas con diverso espesor de pared pueden utilizarse boquillas con un orificio de hasta 6 mm de diámetro. Algunos métodos especiales de elaboración y las piezas de grueso espesor exigen muchas veces mayores orificios de boquilla, para poder compensar contracciones de volumen a través del eje del canal de llenado, que conserva su consistencia plástica durante el máximo tiempo. En la práctica de la elaboración se utilizan mucho las boquillas convexas, que trabajan por contacto con un bebedero con la correspondiente concavidad en el molde. Este tipo de boquilla se ilustra en la figura 4.4.

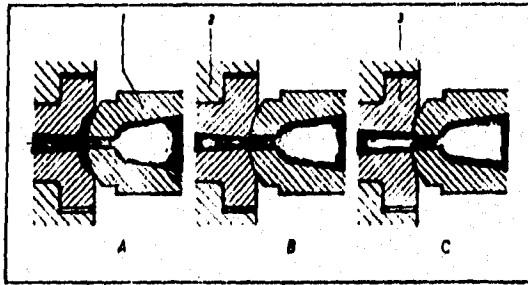


Figura 4.4. Representación esquemática de la utilización de boquillas convexas.

Esquema A falso. El radio de la convexidad es mayor que el radio de la concavidad del bebedero. Esquema B falso. El orificio de la boquilla tiene un diámetro mayor que el canal del bebedero. Esquema C correcto. El radio de la boquilla es menor que el radio de la concavidad del bebedero. El diámetro del canal del bebedero es mayor que el de la boquilla. (1) boquilla. (2) cuerpo de fijación del molde. (3) bebedero.

En principio son de desear las condiciones mostradas en el esquema C de la figura 4.4. En la práctica ha resultado adecuada una diferencia de 5-10 mm entre ambos radios; observando esta particularidad queda garantizada una junta correcta entre las dos piezas.

En el esquema B de la figura 4.4, la boquilla tiene el mismo radio que el bebedero.

Solamente se obtiene estanquidad con una exacta coincidencia de ambas superficies de contacto. Si se ensucia la cara frontal de la boquilla (por material que escapa) queda perjudicada la junta. El diámetro del orificio de la boquilla es además mayor que el del canal de flujo en el bebedero. Con ello se hace problemático el desmoldeo de la mazarota tras separar el molde de la boquilla.

En el esquema A de la figura 4.4, se muestra una boquilla cuyo radio de curvatura es mayor que el radio de concavidad del bebedero. Al llenar el molde se llena también la cámara intermedia originada y la masa solidifica una vez efectuada la separación de la boquilla. El desmoldeo de la mazarota solamente es posible cuando se extrae el tapón desde la parte de la boquilla mediante una varilla de metal no férrico. No puede usarse aquí un desmoldeo espontáneo lo cual es una condición previa para un funcionamiento completamente automático.

Además de las boquillas convexas se utilizan en la práctica boquillas planas, que, como puede verse en la figura 4.5 B son especialmente apropiadas para moldes sin bebedero.

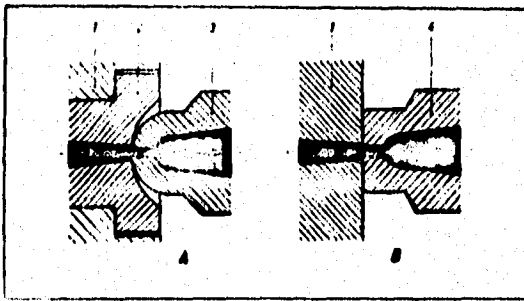
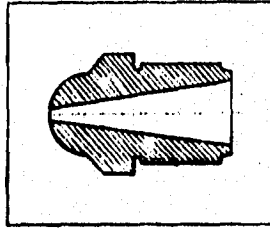


Figura 4.5, Confrontación esquemática de boquilla convexa y plana. (1) Cuerpo delantero de fijación del molde. (2) bebedero. (3) boquilla convexa. (4) boquilla plana.

A continuación se muestran algunos tipos de boquillas de diversa construcción:

- 1.- La ejecución estándar de boquilla según la figura 4.6 con largo orificio cónico, es la más frecuentemente utilizada, aunque proporciona una resistencia al flujo relativamente alta.



**Figura 4.6, Esquema de una boquilla
Ejecución estándar con perfil convexo
y orificio cónico.**

- 2.- La figura 4.7, muestra una boquilla de flujo libre. Se desarrolló para reducir el mínimo la resistencia al flujo. La resistencia producida al pasar por el orificio de la boquilla puede mantenerse reducida si el camino de flujo no es mayor de unos 3 mm., conviene tener esto en cuenta para la construcción de boquillas de este tipo.

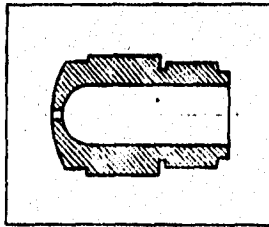


Figura 4.7

- 3.- La boquilla cónica empujada representada en la figura 4.8, se utiliza para la elaboración de materias termoplásticas cuyas cadenas moleculares tienden a la cristalización (poliamida, polietileno). Tales materiales poseen un punto de fusión bastante concreto y elevado, tendiendo a salir de la boquilla entre dos inyecciones cuando ésta está demasiado caliente, o a perder su consistencia plástica en la boquilla demasiado fría, cuando por ejemplo se disipa demasiado

calor hacia el molde por un contacto prolongado con el bebedero. La boquilla cónica ampliada permite extraer fácilmente de la salida el material solidificado y evita una manipulación con temperaturas de boquilla más altas, hasta un punto que hace problemática la salida de material.

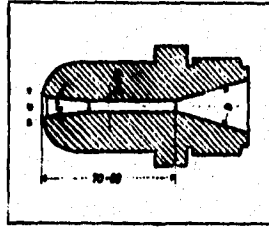


Figura 4.8

- 4.- La boquilla de antecámara, con punta de cobre al berilio se muestra en la figura 4.9.

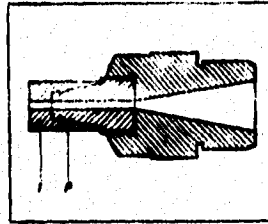


Figura 4.9

- 5.- La boquilla mostrada en la figura 4.10 ha sido desarrollada con el mismo punto de vista que la boquilla de la figura 4.8.

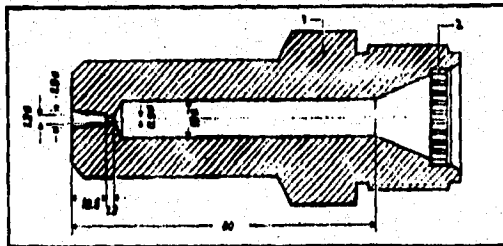


Figura 4.10, Representación esquemática de boquilla para poliamidas.

La construcción de boquillas para poliamidas se ha acreditado para la elaboración de estos materiales que son de baja viscosidad. Con el estrechamiento del canal se evita la salida del material al separarla del batedero, con el correspondiente atemperado del cuerpo de la boquilla. (1) Cuerpo de boquilla. (2) Placa perforada. Las dimensiones indicadas (en mm.) corresponden a una capacidad de fluidificación de unos 200 cm³ en el cilindro.

6.- En la figura 4.11, se ilustra una boquilla de mezcla para material coloreado en seco.

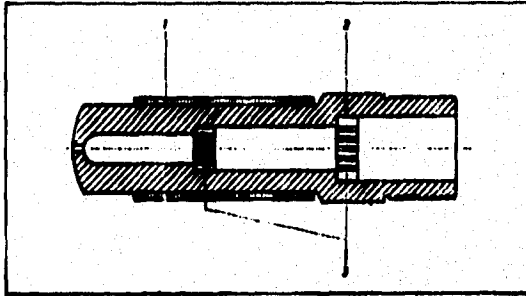


Figura 4.11, Esquema de una boquilla de mezcla.
(1) banda calefactors de la boquilla. (2) cuerpo de boquilla. (3) placas perforadas.

A continuación se muestra en las figuras 4.12 y 4.13, los esquemas de la boquilla de inyección utilizada en la máquina de inyección experimental.

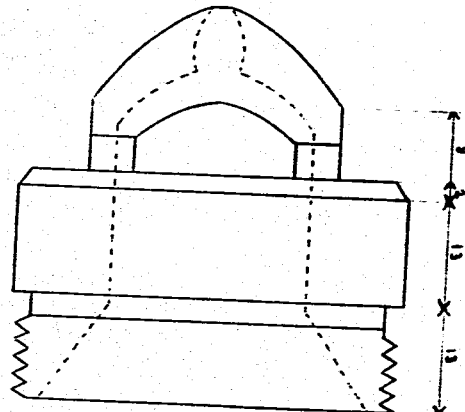


FIGURA 4.12, BOQUILLA DE INYECCION UTILIZADA

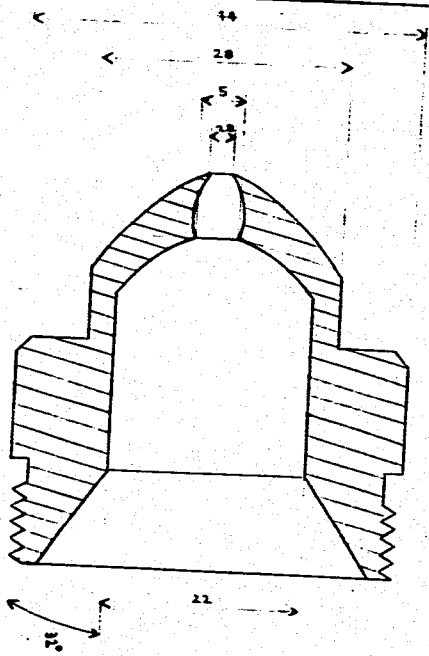


FIGURA 4.13, BOQUILLA DE INYECCION UTILIZADA

DIBUJO: GEM	F.E.S. COAUTITLAN		ESC.: 2:1
UNAM	BOQUILLA DE INYECCION	ACOT.: WITH	

4.5. TRATAMIENTOS TERMICOS

La maleabilidad, dureza, ductibilidad y otras propiedades de los metales en general, pueden ser cambiadas, no sólo con aleaciones sino también con tratamientos térmicos que consisten en calentar los materiales a temperaturas definidas de tal manera que se provoca una transformación en el estado sólido como la recristalización, precipitación o transformación de fase, pero después enfriarlos a diversas velocidades controladas, lo que determina la naturaleza y distribución de los microconstituyentes, esto, además de fijar sus propiedades, define el tamaño del grano.

Algunos de los diversos propósitos del tratamiento térmico son:

- 1.- Eliminar tensiones después del trabajo en frío.
- 2.- Eliminar tensiones internas, tales como las producidas por el embutido, doblado o soldadura.
- 3.- Incrementar la dureza del material.
- 4.- Mejorar la maquinabilidad.
- 5.- Mejorar las propiedades cortantes de las herramientas.
- 6.- Aumentar las propiedades de resistencia al desgaste.
- 7.- Ablandar el material.
- 8.- Mejorar o cambiar las propiedades físicas de un material, tales como la resistencia a la corrosión, resistencia al calor, propiedades magnéticas u otras según se requiera.

Existen siete principales procedimientos o formas de tratamientos, las principales características de estos son las siguientes:

- 1.- **NORMALIZACION.** Consiste en eliminar las superficies endurecidas por el laminado, y hacer recuperar mediante calor, la estructura normal y uniforme en los metales.
- 2.- **RECOCIDO.** Se puede comparar con la normalización, porque también se utiliza para reducir tensiones internas; su diferencia radica en que al recocido se realiza dejando enfriar las barras o piezas al aire libre.

También se conoce como un proceso de ablandamiento del acero duro; esto implica que se puede trabajar en frío o maquinar más fácilmente.

El ablandamiento se logra calentando el metal a temperaturas cercanas a la de fusión (para los recocidos de homogeneización y regeneración), un poco mayores que las de recristalización (para el recocido contra acritud), o a

temperaturas que van de 100 a 200 °C durante tiempos muy prolongados (para el recocido de estabilización), este calentamiento se mantiene hasta que la temperatura de la pieza sea uniforme en toda ella para luego enfriarla lentamente.

- 3.- **REVENIDO.** Se aplica exclusivamente a los materiales que han sido templados. Consiste en el recalentamiento del material endurecido hasta una temperatura inferior a la del temple, seguido de un enfriamiento a cualquier velocidad. Este tratamiento permite reducir o eliminar tensiones internas y exceso de dureza producidas por el temple del material.
- 4.- **CEMENTACION.** Es la adición de carbono a la superficie de las piezas de hierro y acero con bajo contenido de carbono, a fin de obtener una mayor dureza en la superficie y una buena tenacidad en el núcleo del material. Debido a que se basa en la aportación de un elemento a la superficie de la pieza se le denomina tratamiento termoquímico. Consiste en el calentamiento del hierro o del acero hasta el rojo, estando en contacto con carbono o algún material sólido, líquido o gaseoso que lo contenga.
- 5.- **NITRURACION.** Es un método de endurecimiento superficial aplicado a los aceros aleados. En este proceso el material se calienta hasta una temperatura aproximada de 500 °C y se mantiene en ella durante algún tiempo, introduciendo al horno gas amoníaco (NH₃). El nitrógeno es absorbido por el acero, formando nitruros muy duros que se dispersan finamente en toda la superficie del metal.

El proceso de nitruración desarrolla una dureza extrema en la superficie del acero (900 a 1100 en escala Brinell), por lo que se usa en piezas sometidas al desgaste, tales como ejes de bombas, matrices de embutir, engranes, embragues, mandriles, etc.

- 6.- **CIANURADO.** Es un tratamiento termoquímico que combina la absorción de carbono y nitrógeno para endurecer una capa superficial de los aceros de bajo y medio contenido de carbono (de 0.1 a 0.5 % de carbono).

Este tratamiento se realiza sumergiendo las piezas de acero en una solución de sales de cianuro de sodio o cianuro sódico, carbonato sódico y cloruro sódico,

e una temperatura que puede variar de 750 a 950 °C. La duración del tratamiento determina el espesor de la capa cianurada, pudiendo variar de 0.13 a 0.5 mm.

Las desventajas de este tratamiento son la toxicidad de las sales utilizadas y las limitaciones en el tamaño de las partes que puedan ser tratadas.

- 7.- **TEMPLE.** Consiste en calentar una pieza metálica hasta una temperatura menor a la de fusión, seguida de un enfriamiento rápido. Para algunos metales no ferrosos, el temple va acompañado de la precipitación de un componente químico, que es el que pone en tensión a los cristales del material y lo endurece.

El temple tiene por objeto, dar la dureza necesaria a ciertas herramientas y elementos de máquina que lo requieren. Es conveniente recordar que el endurecimiento de cualquier metal, mediante temple o cualquier otro método, viene acompañado por la pérdida en la tenacidad y ductilidad del material. Por las muchas condiciones que influyen en el temple, es difícil dar cifras sobre la temperatura, tiempo en el horno y modo de enfriamiento.

El calentamiento rápido de piezas de forma apropiada, de acero sin alea o pobremente aleado, aumenta el rendimiento.

El calentamiento lento está indicado para evitar grietas en los aceros altamente aleados. Se requiere habilidad y adaptación al sistema de trabajo, aprovechando las peculiaridades del material y la forma de las piezas.

Las piezas esféricas y cilíndricas no son tan sensibles a la temperatura como los ejes gruesos con partes angostas. Elevadas temperaturas de temple sólo producen en las piezas esféricas mayor profundidad del temple, pero no grietas. Estas piezas pueden ser sometidas, sin cuidado especial, a un brusco enfriamiento, siempre que no tengan ranuras ni agujeros. En las bolas se distribuyen las tensiones de temple más favorablemente que en los rodillos; éstos tienen que reventarse inmediatamente después del enfriamiento brusco, para evitar el peligro del agrietamiento.

Los ejes y los husillos deben calentarse uniformemente sobre base bien ajustada para evitar distorsiones durante la permanencia en el horno. Es ventajosa la inmersión vertical en baño salino. Enfriamiento por inmersión vertical en el baño de temple rápido; así se evitan las distorsiones durante el enfriamiento. No deben dejarse las piezas mucho tiempo en el baño de enfriamiento, para evitar grietas motivadas por tensiones y facilitar el trabajo de rectificación con una textura todavía austenítica y relativamente blanda.

Los aros y cilindros tienen tendencia a la distorsión y a las "manchas blandas". Las partes delgadas deben colocarse sobre bases apropiadas (crucetas, chapas, sobre bolas, etc.) a fin de poder moverlas en el horno sin deformarlas. Estas piezas deberían recocerse para eliminar tensiones, antes del temple y torneado. En el enfriamiento brusco, para evitar la formación de manchas blandas, los taladros de piezas cilíndricas, por ejemplo, tubos, deben ser recorridos con uniformidad por el agente enfriador.

Todos los aceros aleados como los no aleados pueden ser tratados térmicamente.

CAPITULO V

Fundamentos de Diseño para la Elaboración de un Molde.

5.1 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES PARA LA ELABORACIÓN DEL MOLDE.

Toda la industria de transformación depende de los fabricantes de moldes. Los moldes de buena calidad permiten la producción en serie, un excelente acabado, fácil inyección de piezas moldeadas sin deformación, dimensiones exactas, piezas sin defectos y limpieza de las piezas a bajo coste después del moldeo.

Un buen molde puede dar muchos años de servicio a entera satisfacción. El éxito de cualquier operación de moldeo puede medirse por la perfección del diseño del molde y la calidad en la construcción del mismo.

Durante la producción, aún los mejores moldes puedan llegar a romperse y el fabricante debe estar preparado para reparar y sustituir rápidamente las partes rotas.

Los moldes también sufren desgaste y con frecuencia hay que corregir las dimensiones y volver a pulir tras un largo período de tiempo y servicio continuo. Muchas veces el fabricante del molde se ve obligado a cambiar el diseño de una pieza y a introducir en el molde cambios que son complicados y arriesgados. Todas las piezas moldeadas se someten a operaciones de acabado después del moldeo. Estas operaciones permiten eliminar "entradas", "rebabas" o "aletas".

Las entradas unen a una pieza moldeada con el resto del material en moldeo por transferencia y por inyección.

Se llama rababa al exceso de material que se escape fuera de la cavidad, cuando se cierra un molde de compresión o cuando se aplica presión a un molde de transferencia o de inyección.

Recibe el nombre de aleta la parte de material que penetra en las pequeñas ranuras entre las partes móviles del molde.

Para realizar la operación de acabado, a veces se emplean troqueles de desbordado o punzonado. Estos troqueles eliminan las aletas de los agujeros y de las superficies irregulares.

Con otros útiles especiales pueden realizarse otras operaciones, tales como llevar las dimensiones, mediante rectificadas con muela abrasiva, dentro de unos límites estrechos o taladrar agujeros difíciles de obtener en el moldeo.

En programas de producción importantes, a veces son justificables los enormes gastos realizados en diseñar útiles especiales que faciliten las operaciones de limpieza y acabado realizadas por el transformador.

DISEÑO DE PRODUCTOS PLÁSTICOS.

La primera responsabilidad del proyectista de un molde es comprobar el diseño de la pieza del modo más completo y, si es preciso, realizar un diseño de compromiso de modo que dicha pieza se pueda moldear con los métodos y equipos de fabricación de que se disponga. Probablemente es posible proyectar y construir un molde para cualquier producto imaginable, si el usuario puede soportar el coste. Existen, sin embargo, ciertas reglas fundamentales en un buen proyecto de moldeo que han de seguirse si se quiere lograr bajo coste, una producción en serie y una buena calidad.

A veces, el proyectista de moldes descubre los errores de un proyecto y realiza las correcciones pertinentes antes de construir el molde.

Debe corregir los errores de dibujo, las secciones que no son moldeables, las tolerancias demasiado estrechas, inserciones y líneas de partición que serían difíciles de limpiar, y comprobar cualquier otro aspecto que pudiere dar lugar a perturbaciones en la fabricación, durante el acabado o posteriormente en servicio.

El proyectista de un molde, antes de diseñarlo, debe asegurarse siempre de que el diseño de la pieza a moldear es correcto.

5.2 SISTEMAS DE MOLDEO.

Actualmente se utilizan muchos sistemas de moldeo como consecuencia de la gran variedad de materiales de que se dispone y debido también a que los fabricantes se han resistido a prescindir de viejos equipos y técnicas cuando aparecieron nuevos métodos. El moldeo por compresión y transferencia se emplea ampliamente con los materiales que endurecen o solidifican bajo presión y calor. A tales materiales se les denomina con el nombre de termoendurecibles o plásticos que endurecen con calor.

Los materiales termoendurecibles pueden también moldearse por inyección. El endurecimiento de materiales endurecibles se realiza a través de una reacción química de la resina y que tiene lugar bajo presión y calor.

Los materiales plásticos pueden extruirse en longitudes continuas de sección transversal regular tales como tubos, perfiles y barras. Esto se logra obligando al material plástico caliente a pasar a través de una boquilla que da forma al producto.

Debido a la gran variedad de materiales y métodos de moldeo existentes se han desarrollado muchos tipos de moldes para poder aprovechar al máximo las posibilidades de los diferentes materiales. Se utilizan tres tipos generales de moldes

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

que a su vez pueden subdividirse en varias clases. Los tres tipos fundamentales son los moldes de compresión, transferencia e inyección.

A continuación daremos una breve explicación de los moldes de compresión y transferencia y nos enfocaremos en forma más profunda en el molde de inyección.

5.3 MOLDES DE COMPRESIÓN.

Los moldes de compresión se componen de una cavidad donde se aloja el compuesto cuando está abierto el molde, y un macho o pistón para comprimir el compuesto plástico cuando se cierra.

En general estos moldes sólo se utilizan con materiales termoestables y con los que se moldean en frío. Los moldes pueden estar fríos o calientes. Se emplean calientes con los materiales termoendurecibles de fenol, urea, etc., y fríos con los compuestos que se moldean en frío.

Los moldes de compresión se utilizan rara vez con materiales termoplásticos debido a que se necesita mucho tiempo para calentar el material hasta su estado plástico y a que luego es preciso refrigerar el molde para que la pieza tome rigidez suficiente antes de desmoldearla.

5.4 MOLDES DE TRANSFERENCIA.

Los moldes de transferencia utilizan básicamente el mismo instrumental utilizado en los moldes de compresión, con la diferencia de que el molde está formado por tres piezas: la cavidad, el macho y la cámara de transferencia.

El material previamente calentado, se carga en una zona exterior a la cavidad, esto es en la cámara de transferencia, y luego se obliga a entrar en ésta mediante un pistón de alta presión que se introduce en la cámara de carga para formar el producto moldeado. La presión se mantiene hasta que se ha terminado el curado y ha endurecido la pieza. En el moldeo por transferencia, el material penetra en el molde como un fluido con lo que disminuye enormemente la fuerza ejercida contra las distintas partes del molde e inserciones.

En general, los moldes de transferencia se utilizan sólo para el moldeo de compuestos termoendurecibles.

Los moldes de transferencia se emplean para la realización de trabajos difíciles como el moldear piezas que tienen secciones gruesas y delgadas al mismo tiempo.

5.5 MOLDEO POR INYECCIÓN.

Los moldes de inyección son semejantes a los de transferencia, con la diferencia de que los primeros no llevan cámara de carga. El compuesto se plastifica en la máquina de inyección y luego es obligado a pasar a través de los canales de alimentación del molde y a entrar finalmente en las cavidades. La presión de cierre de la máquina mantiene cerrado el molde mientras se inyecta el material sometido a una presión de procedencia diferente.

Los moldes de inyección se utilizan para el moldeo de materiales termoendurecibles y termoplásticos.

El moldeo por inyección de materiales termoendurecibles se llama a veces jet molding (moldeo por chorro).

5.6 CONSIDERACIONES SOBRE DISEÑO DE MOLDES DE INYECCIÓN.

Al diseñar un molde de inyección conviene tener en cuenta las observaciones siguientes:

- 1.- Conocer perfectamente el plano de la pieza a moldear, establecer las líneas de partición, zona de entrada, lugar de los expulsores, aplicación del producto moldeado, y operaciones de montaje o piezas que encajan unas con otras. Revisar todas las dimensiones y tolerancias y comprobar las conicidad y detalles de la construcción del molde que pueden facilitar su fabricación.
- 2.- Calcular el peso de la pieza y el número de cavidades a hacer, basándose en el tamaño de la máquina y en las exigencias de fabricación o de costos.
- 3.- Determinar el tipo de máquina de moldeo y el efecto que puede tener en el diseño del molde.
- 4.- A partir de las especificaciones del material, tener en cuenta su contracción, las características de flujo y abrasión y los requisitos de calentamiento y enfriamiento.
- 5.- Cuando ciertas partes de la cavidad o macho del molde, se han de construir de manera que la pieza moldeada presente ciertas marcas tales como una línea o una superficie interrumpida, el proyectista deberá asegurarse de que este defecto en el aspecto será comprendido y aceptado por el usuario del producto. En ciertos casos, los defectos ocasionados por montajes o ajustes escalonados serán censurables ya que pueden devenir asperos, acumular

suciedad y echar a perder su buen aspecto. Lo mismo puede decirse con respecto a las zonas donde se sitúen las entradas y los expulsores.

5.7. TIPOS DE MOLDES DE INYECCIÓN.

Los diseños de moldes de inyección dependen del tipo de material a moldear, necesitan diferentes principios de realizar la entrada y la expulsión para cumplir su objetivo con la máxima economía.

Las exigencias de fabricación, vida del producto y costo del mismo dictarán cuál ha de ser el tamaño del molde, el porcentaje de mecanización y la eficiencia que se exigirá en el ciclo de moldeo.

Los tipos usados con más frecuencia son los siguientes:

- 1.- **Dos Platos.** Las cavidades del molde se montan en un plato y los machos en otro; el bebedero central va situado en la mitad fija del molde, y alimenta directamente al sistema de canales de alimentación en moldes de cavidades múltiples o sirve de entrada directa en el centro en moldes de una sola cavidad. La mitad móvil del molde contiene normalmente los machos y el mecanismo extractor, y en la mayor parte de los casos, los sistemas de alimentación. Este es el sistema básico del moldeo por inyección y todos los demás derivan de este esquema fundamental.
- 2.- **Tres Platos.** La introducción de un tercer plato móvil, que contiene normalmente las cavidades en moldes múltiples, permite situar las entradas centrales o laterales en cada cavidad a partir del sistema de canales de alimentación que parten del bebedero central. Este tipo de diseño se utiliza mucho y, en muchos casos, es preciso utilizar extractores de mazarota múltiples para lograr una operación eficiente.
- 3.- **Elementos Dismontables.** Las roscas, inserciones o núcleos que no pueden realizarse en una operación normal de la prensa, se procesan en detalles del molde independientes, que se sacan con la pieza y se separan a mano o mediante un dispositivo de desmontaje al terminar el ciclo de moldeo. Este procedimiento se usa frecuentemente en fabricaciones experimentales o de pequeñas series, con objeto de disminuir los gastos que supone la fabricación de un molde semiautomático, siempre más costoso.

Los núcleos desmontables deben diseñarse de modo que permitan una fácil colocación evitándose así que se dañe el molde.

- 4.- **Colocación de Núcleos Horizontales o Inclinados.** Este método permite mover o colocar núcleos en partes del molde que no pueden ser accionadas por la prensa, utilizando levas inclinadas que permitan el movimiento lateral o en ángulo de ciertos elementos del molde.

Estos movimientos secundarios pueden realizarse también mediante cilindros hidráulicos o neumáticos que se accionan a su vez por el sistema central de la prensa, levas, solenoides o una fuente de aire independiente.

- 5.- **Desenroscado Automático.** Las roscaas internas o externas en productos que requieren gran volumen y bajo costo de producción, se realizan en moldes que llevan machos o anillos roscados accionados por un mecanismo de engranaje y cremallera, y movido por un largo cilindro de doble acción, temporizando secuencialmente dentro del ciclo de moldeo. También pueden utilizarse otros tipos diferentes de movimiento.
- 6.- **Leva Ascendente o Movimiento Expulsor en Angulo.** Este diseño se usa para moldear entrentes (sin salida) en el interior de las piezas. El desplazamiento en ángulo del núcleo durante la carrera de expulsión, permite despegar el núcleo metálico de la pieza de plástico.
- 7.- **Expulsión en la parte del molde correspondiente a la boquilla.** Esta disposición se utiliza cuando es preciso tener las entradas y la expulsión en la parte de la boquilla o mitad fija del molde.
- 8.- **Moldes de canales calientes.** Los moldes de canales calientes o aislados térmicamente, se utilizan en teoría para mantener los materiales plásticos fluidos en estado fundido hasta la misma entrada de la cavidad. Este procedimiento se llama también moldeo sin canales. Cuando se abre el molde, la entrada que acaba de endurecerse, queda libre del sistema de canales de alimentación todavía calientes.

5.7.1. SISTEMAS EXTRACTORES O EXPULSORES.

Una vez inyectada la pieza en el molde, se separan ambas mitades del mismo y la pieza debe quedar retenida en alguna de las mitades para que sea expulsada por las espigas expulsoras. Es posible moldear piezas sin ayuda de estos extractores pero es mejor emplearlos con aquellas piezas que han de fabricarse en cantidad y bajo precio.

En las espigas extractoras se coloca a veces el número de cavidad del molde y la marca de identificación del fabricante.

Estas marcas de las espigas extractoras deben situarse en una superficie oculta de la pieza, y, como casi siempre es posible proyectar al molde de modo que la pieza quede engarrada a una de ambas secciones, las espigas expulsoras deben situarse de acuerdo a ello.

Para adornar o disimular las marcas que pueden dejar las espigas extractoras se usan a veces anillos concéntricos u otros dibujos sencillos, como los que se muestran en la figura 5.1.

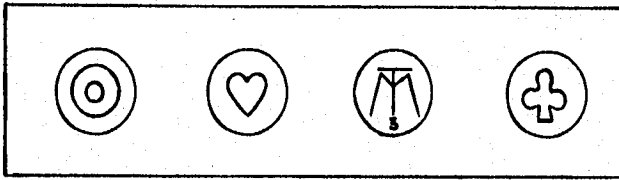


Figura 5.1, Espigas extractoras con motivo decorativo.

Es imposible mantener las marcas de los expulsoras a nivel con la superficie a un precio razonable. Debe llegarse a un acuerdo que determine la variación permisible por encima o por debajo de la superficie. En general y para un coste no excesivo, es conveniente una variación de 0.015 pulg. para una fabricación sin dificultades. Las espigas expulsoras no deben actuar sobre las zonas delgadas. Siempre que sea posible, estas espigas deben actuar sobre nervios. Esto es especialmente válido para el caso de materiales termoplásticos, que a veces se expulsan cuando aún están blandos y se deforman con facilidad. Para materiales blandos y secciones delgadas es preciso emplear expulsoras de gran superficie.

La carrera de los expulsoras debe ser suficiente para retirar la pieza moldeada de las partes fijas del molde. En estas partes fijas pueden maquinarse muescas de retención con objeto de que la pieza moldeada permanezca en la parte del molde que lleva el dispositivo extractor. Estas muescas tienen por lo general una profundidad de 0.005 a 0.010 pulg. y su longitud varía según sea la dificultad para mantener la pieza en la sección del molde deseada.

Antes de realizar tales muescas, el proyectista del molde debe asegurarse de que estas marcas no afectarán ni al comportamiento ni al aspecto del proyecto.

Los expulsoras accionados por una barra extractora deben también llevar espigas de retroceso para llevar las espigas extractoras a su sitio antes de comenzar un nuevo ciclo de moldeo.

Con objeto de bajar los costos, las piezas moldeadas se extraen en el momento preciso en que están suficientemente rígidas para evitar su deformación y en muchos casos se refrigera el molde para alcanzar la temperatura mínima en el momento de la expulsión. En la figura 5.2, puede verse la situación ideal de las espigas extractoras cuando se moldean materiales blandos tales como polietileno.

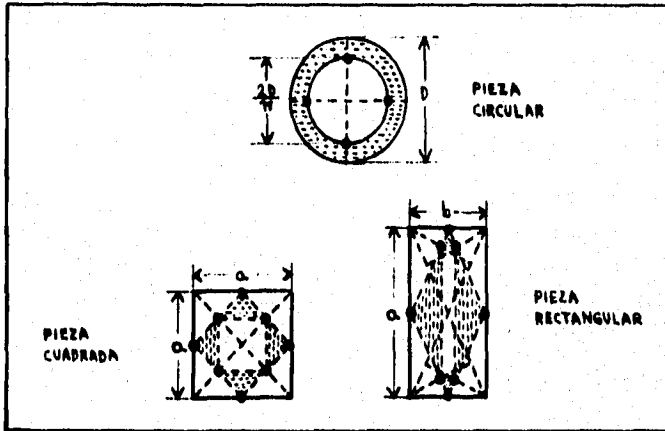


Figura 5.2, Situación de las espigas extractoras.

Nota: Tomando como base los cálculos para obtener la deformación mínima, las zonas rayadas son las preferibles para colocar los extractores en el caso de plásticos blandos y flexibles.

LÍNEAS DE PARTICIÓN.

El proyectista del molde debe esforzarse al máximo para reducir los costos de acabado mejorando el diseño de la pieza. Las líneas de partición constituyen un mal necesario en todo molde. En estas líneas de partición es donde que hay que separar las rebabas y en muchos casos habrá que pulir.

Los moldes con líneas de partición rectas cuestan mucho menos que los que tienen líneas de partición curvas o escalonadas.

Las líneas de partición de la mayor parte de las piezas se sitúan en las aristas o en los ángulos, fáciles de pulir en tembor giratorio, a lima o en torno.

Quando se quita la rebaba se redondean los bordes o esquinas; por tanto, los diseños que presentan un ángulo extremadamente vivo en la línea de partición no deben adoptarse sin comprobar antes que el pequeño radio que se va a añadir durante la operación de pulido no es perjudicial.

En las líneas de partición se requieren de cantos vivos, pero en general son indeseables en cualquier otro punto. Todos los cantos exteriores al igual que las aristas interiores deben redondearse para facilitar el flujo del material y evitar los ángulos vivos en la pieza moldeada que se estilan y rompan fácilmente durante las operaciones de acabado.

El ahorro en el coste de acabado, en muchos casos compensa los gastos extra de molde y material.

5.7.2. SISTEMAS DE CANALES DE ALIMENTACIÓN.

La función de los canales es conducir el material del cono bebedero a las cavidades del molda como lo muestra la figura 5.3.

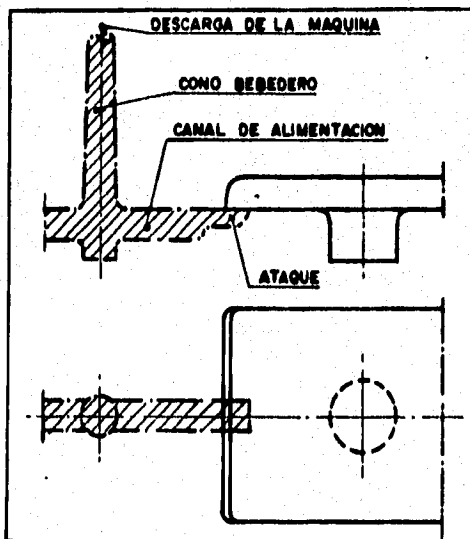


Figura 5.3, Ataque traslapado.

Los canales se deben mantener tan cortos como sea posible y es preferible la utilización de canales totalmente circulares maquinados en ambas mitades del molde para obtener una zona de flujo central con baja viscosidad y un mínimo contacto con la pared del canal, esto es, tener la menor relación de superficie a volumen; con ello se tienen las mínimas pérdidas de calor y de presión. Además, la sección de flujo de los canales ha de ser lo suficientemente grande para garantizar que una vez llenado el molde, la zona central del material (eje plástico) permanezca plástico el mayor tiempo posible y compensar la contracción de volumen de la pieza, mediante una acción de compresión durante la solidificación de la misma en la cavidad del molde.

Los canales trapezoidales dan buenos resultados y permiten que el sistema de alimentación vaya en una sola parte del molde. Este tipo de canales se usa en general en los moldes de tres platos en los cuales los totalmente circulares podrían no desmoldarse adecuadamente y en líneas de partición de moldes que realicen un movimiento de deslizamiento y en los que los canales redondos podrían interferir dicho movimiento.

En la figura 5.4, están representadas las secciones transversales correctas e incorrectas de canales de alimentación más corrientes.

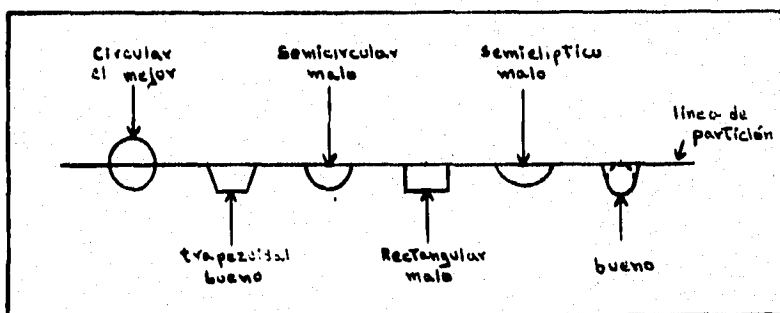


Figura 5.4, Secciones de los canales de alimentación más comúnmente empleados.

No es posible especificar con exactitud el tamaño, forma y longitud de los canales de alimentación a usar en los moldes de inyección. Sin embargo, la experiencia general y ciertos ensayos empíricos, permiten hacer las siguientes sugerencias en cuanto al diseño de canales de alimentación.

Los canales deben diseñarse para llenar la cavidad rápidamente y de modo que tanto su extracción como la de las piezas sea fácil. La superficie de los canales debe estar

bien pulide pero le gran mayoría de los materiales plásticos (normalmente el polietileno no exige una superficie tan pulida como los demás materiales).

En la tabla 5.1, se dan algunos diámetros corrientes para los canales de alimentación con materiales no cargados. (Las áreas de otros tipos de canales deben ser iguales o mayores que las correspondientes a canales circulares). Estas dimensiones aproximadas se refieren a canales convencionales y no a moldes de canales calientes o aislados.

En el caso de fabricaciones especiales o de nuevos materiales, es conveniente consultar con el proveedor del material en cuanto al tamaño y tipo de canales y tener en cuenta sus consejos.

MATERIAL	Ø DE CANALES EN PULG.	MATERIAL	Ø DE CANALES EN PULG.
ABS,SAN	3/16 - 3/8	POLICARBONATO	3/16 - 3/8
ACETAL	1/8 - 3/8	POLIETILENO	1/18 - 3/8
ACETATO	3/16 - 7/16	POLIPROPILENO	3/16 - 3/8
ACRILICOS	5/16 - 3/8	POLIOXIDO DE FENILENO	1/4 - 3/8
ACRILICOS DE IMPACTO	5/16 - 1/2	POLISULFONA	1/4 - 3/8
BUTIRATO	3/16 - 3/8	POLIESTIRENO	1/8 - 3/8
NYLON	1/16 - 3/8	POLICLORURO DE VINILO	1/8 - 3/8

Tabla 5.1

Las piezas de pequeña sección transversal y con canales de poca longitud, necesitarán los valores mínimos dados anteriormente y las piezas de gran sección transversal con partes no uniformes, precisarán los valores máximos dados para el diámetro ya se trate de sistemas de alimentación cortos o largos. El área de los canales debe ser igual al área del bebedero para que el flujo del material a la zona de la entrada sea rápido.

El flujo de material en la cavidad del molde queda determinado por la disposición, forma y colocación de canales de alimentación y etaques.

Los "índices de flujo" han demostrado ser de gran utilidad, cuando se incluyen en el sistema de alimentación, en el control de los factores de calidad y de dimensiones en moldes de cavidades múltiples, según se muestra en la figura 5.5, el índice de flujo puede incorporarse en cualquier molde para controlar su presión y la velocidad de llenado durante el proceso, cuando la contracción de la pieza moldeada constituye un factor crítico.

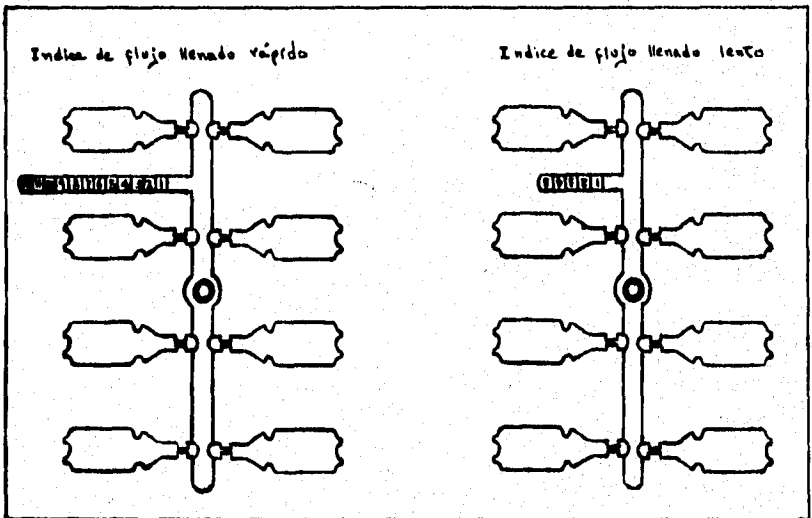


Figura 5.5, Indicador de presión en moldes para poliolefinas.

El índice de flujo, que sale de un canal de alimentación, se obtiene maquinando un canal de unas 5 pulg. de largo, 0.25 pulg. de ancho y 0.035 pulg. de espesor. Para indicar el flujo dentro del molde, estos índices se marcan a intervalos de 1/8 pulg.

El operario puede comprobar periódicamente los valores y ajustar luego las condiciones de la máquina (en general la presión de inyección) para que el flujo y la presión se mantengan en el molde de modo uniforme. Por ejemplo si se fundiera una resistencia de calefacción del cilindro se detectaría inmediatamente por la disminución en la longitud del índice de flujo.

Otro método extraordinariamente simple de controlar la calidad y tamaño de moldeo en moldes de cavidades múltiples, consiste en una "regla" grabada, adyacente a la

base del bebedero y que es, en realidad, un "manómetro" automático incorporado. Tendría una longitud de 3 1/2 pulg., 1/4 pulg. de enchufe, y 0.05 pulg. de espesor en el caso de "plexiglás"; 0.03 pulg. de espesor en el caso de Inyector "Implex". Se graban números del 1 al 15, con una separación de 1/4 pulg. En la fabricación en serie, todas las piezas llenadas en un grado correcto tendrán un tamaño y una forma uniformes.

5.7.3. SISTEMAS DE ENTRADAS.

La entrada o estaque es una zona de transición entre el canal de alimentación y la cavidad del molde. De su forma y dimensiones depende la uniformidad del llenado, una entrada correctamente diseñada logra un efecto de replastificación del material durante su paso por la reducción de sección.

Las entradas se hacen, con frecuencia, con las dimensiones mínimas y luego se van agrandando hasta conseguir llenar adecuadamente todas las cavidades. La longitud de la entrada es muy crítica y en general varía su función con el tipo de entrada.

Dada la gran variedad de materiales, formulaciones complejas y cargas de que se dispone actualmente, se sugiere que las especificaciones sobre las entradas se estudien conjuntamente con los fabricantes de cada material específico cuando no existe ningún dato experimental con el cual hacer comparaciones.

Cuando se requiera llenar un molde de una sola cavidad, sin tener que desviar el canal de alimentación y evitar un posicionamiento excéntrico, se recomienda la inyección directa en la línea de partición del molde (ataque lateral). Este tipo de entrada es particularmente conveniente para la producción de grandes piezas planas. Cuando la entrada lateral es impracticable se utiliza una entrada central delgada.

En la entrada central o directa, la mazarota queda unida a la pieza para cortarla posteriormente y no se recomienda para superficies visibles, debido a la marca que queda sobre la pieza.

Las dimensiones de la entrada varían entre 1/16 y 1/4 pulg. de diámetro y 1/16 a 1/2 pulg. de longitud, con una conicidad mínima de un grado. El diagrama 5.1, es de gran utilidad para determinar el diámetro de entrada de bebederos cónicos en relación con el peso de la pieza. El diámetro menor del bebedero debe ser mayor que el de la boquilla para evitar que la mazarota se vea impedida en su salida.

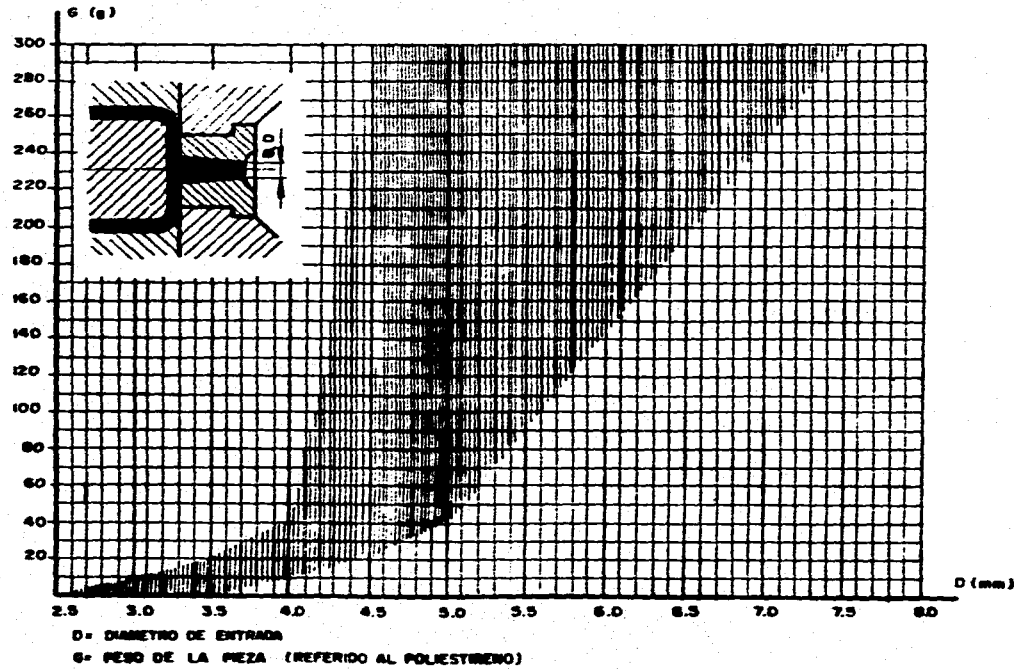


Diagrama 5.1. Diagrama para determinar el diámetro de entrada en bebederos cónicos en relación con el peso de la pieza

CONTRACCIÓN.

Los materiales de moldeo se contraen después de que se extraen del molde. La contracción depende de las características del material y de la temperatura final del moldeo. Cuando no se controlan bien la temperatura y la presión, aparecen otras variables de contracción. La contracción mínima se logra cuando se enfría el molde antes de expulsar la pieza.

Las dimensiones que no pueden lograrse con suficiente exactitud mediante moldeo, deben obtenerse por maquinado. Las piezas termoestables que han de ser maquinadas para lograr unas dimensiones exactas, deben sufrir antes un tratamiento térmico con objeto de obtener la máxima contracción antes de realizar la operación de maquinado.

Al diseñar el molde para una pieza, es necesario tener en cuenta la contracción durante la solidificación y enfriamiento de la pieza en el mismo; las dimensiones de la pieza que así lo requieran, habrán de sobredimensionarse con el valor de la contracción, para que la pieza fría se encuentre dentro de las tolerancias prescritas.

Las diferencias de contracción entre los plásticos son tan grandes que, por ejemplo, no es posible obtener con dimensiones exactas, una pieza pequeña de polimetacrilato, en un molde que se haya diseñado para emplear poliamida.

CONICIDAD DE DESMOLDEO O DE SALIDA.

Para desmoldar las piezas, se da a las paredes que se encuentran en el plano perpendicular a la línea de partición una cierta conicidad. Estas salidas varían de acuerdo al proceso de moldeo, espesor de la pared y material.

En caso absolutamente necesario, es posible obtener algunas superficies sin esta conicidad. Sin embargo, en la mayor parte de los trabajos, el no dar una conicidad adecuada, es causa de muchos problemas de moldeo.

En general es suficiente una conicidad mínima de $1/2^\circ$ por cada lado, aunque para la fabricación en serie es más aconsejable una conicidad lateral de 1° . El diagrama 5.2, permite obtener la conicidad en función de la altura de la pieza.

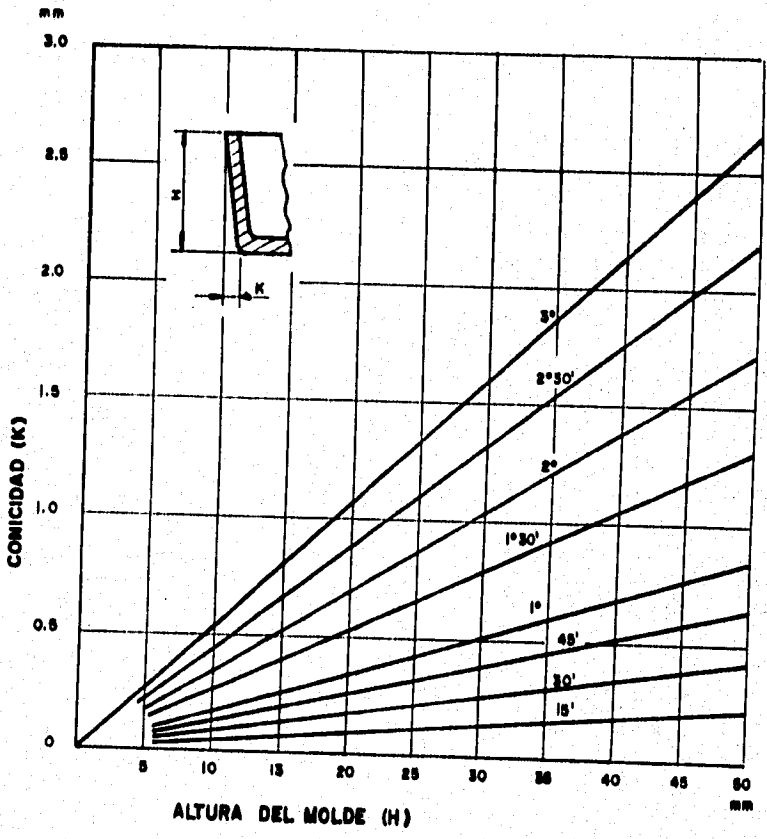


Diagrama 5.2, Nomograms para obtener la conicidad de un molda.

RESPIRACIÓN.

En un molde cerrado, es absolutamente imprescindible facilitar el escape de aire y gases. Si el escape o respiración es deficiente, se corre el peligro de obtener zonas sin llenar y de poca solidez, mala apariencia, extracción difícil y un ciclo poco eficiente.

Los equipos de inyección se proyectan para llenar el molde con rapidez. Cuanto más rápido se desee que sea el ciclo, más acuciante se hace la necesidad de procurar una buena respiración.

Una zona del molde donde se deben poner respiraderos, es la línea de partición, situándolo en diferentes puntos con unas dimensiones comprendidas entre 0.001 y 0.003 pulg. de profundidad por 1/16 a 1/4 pulg. de anchura.

El escape libre del aire o gases desde el molde através de los canales es a la atmósfera. En ocasiones puede ser necesario el empleo del vacío para eliminar el aire atrapado durante el tiempo de la inyección.

Otras zonas donde conviene situar respiraderos son los sistemas expulsores y núcleos móviles. En secciones moldeadas gruesas a veces es esencial añadir espigas móviles de respiración.

REFRIGERACIÓN.

Para que el material endurezca en un periodo mínimo de tiempo, es importante reducir la temperatura del material moldeado después de que haya penetrado en las cavidades.

En general, los moldes llevan canales internos que permiten el flujo de agua a diferentes temperaturas bien controladas; muchas veces los canales están dispuestos de modo que es posible controlar la temperatura del molde por zonas. Las partes móviles deben refrigerarse lo mismo que las zonas que rodean las cavidades y machos.

Los canales deben tener la abertura suficiente para que el medio refrigerante o de calefacción pueda fluir rápidamente. En la figura 5.6, se muestra uno de los métodos usados con más frecuencia para refrigerar moldes.

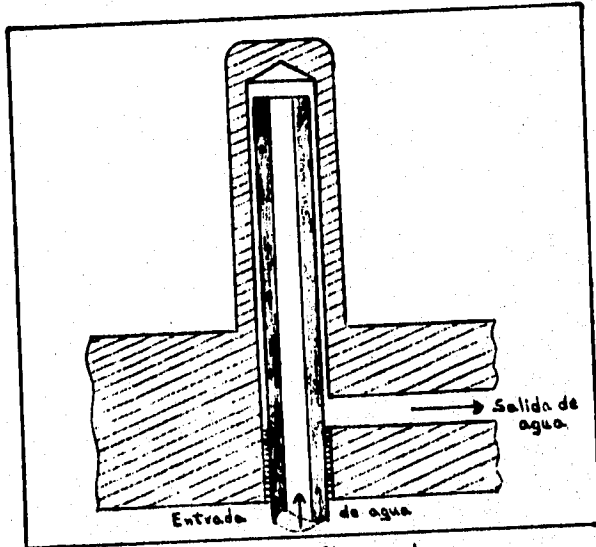


Figura 5.6, Borboteador. Sistema de refrigeración para moldes de inyección.

A continuación se ilustra en la figura 5.7, la perspectiva de un molde, que represente las conexiones del agua de refrigeración.

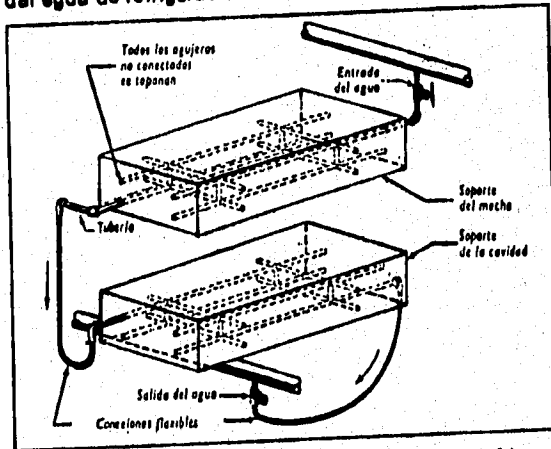


Figura 5.7, Perspectiva de un molde con sistema de refrigeración.

CAPITULO VI

Puesta en Marcha y Funcionamiento de la Máquina

6.1 DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINA

La máquina consta de cuatro placas unidas entre sí por cuatro espigas pulidas y roscadas en sus extremos; este bloque o "prensa" se sitúa sobre una estructura en forma de mesa la cual cuenta con ruedas en cada una de sus cuatro patas para poder ser maniobrable.

Tres de las cuatro placas de esta "prensa" son fijas y servirán para soportar las diferentes partes que conforman la máquina, a saber : el pistón neumático, la mitad fija del molde, la cámara de plastificación con su correspondiente boquilla, el calefactor eléctrico y la tolva de alimentación de material. Una placa será móvil sobre las espigas guía y portará la otra mitad del molde .

El cilindro hidráulico descansa sobre la mesa soporte y tiene integrado al final de su vástago el pistón de inyección.

El fluido suministrado al cilindro neumático se hace a través de mangueras desde el compresor hasta un tubo distribuidor o tanque del cual se suministra nuevamente a través de mangueras al cilindro y es controlado por medio de una válvula direccional de cuatro vías.

Para el suministro del fluido hidráulico se utiliza un motor eléctrico al que se acopla directamente una bomba hidráulica de engranes la cual succiona aceite hidráulico de un depósito previamente acondicionado con filtros a la succión y descarga para evitar impurezas excesivas en el sistema. A la salida de la bomba se conecta una válvula direccional de la cual saldrán las conexiones al cilindro hidráulico de doble efecto, así como la conexión de descarga al tanque o depósito.

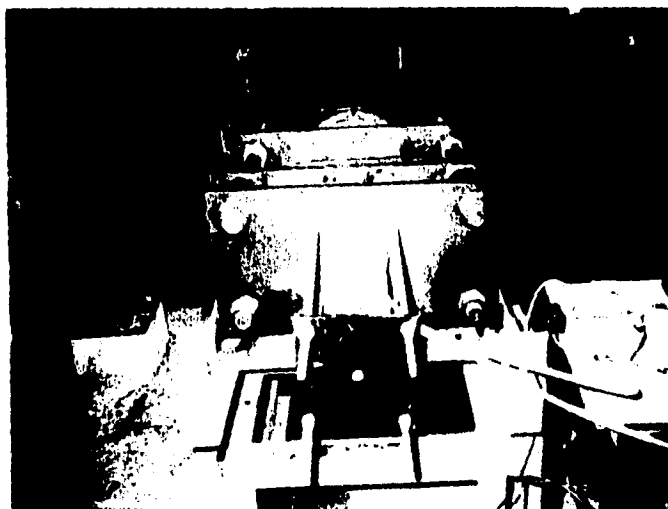
La dirección del fluido para extender o retraer el vástago será controlada por medio de esta válvula direccional.

Para controlar la temperatura del calefactor eléctrico y a su vez de la cámara de plastificación se hace uso de un pirómetro con su respectivo termopar y un relevador de corriente.

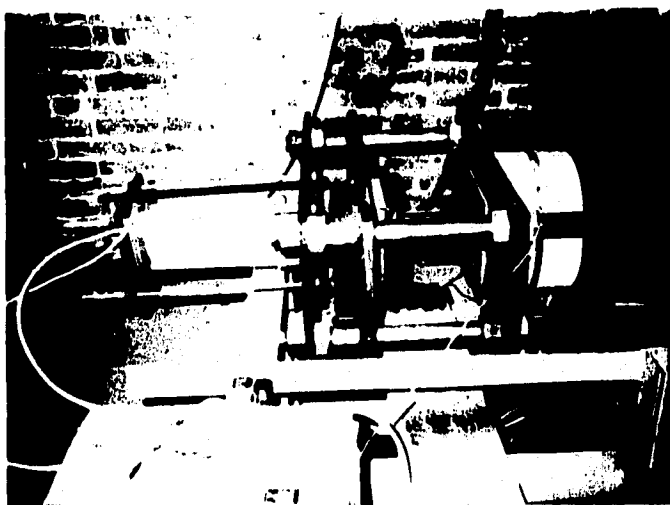
A continuación se ilustra en forma conjunta la máquina experimental de inyección.



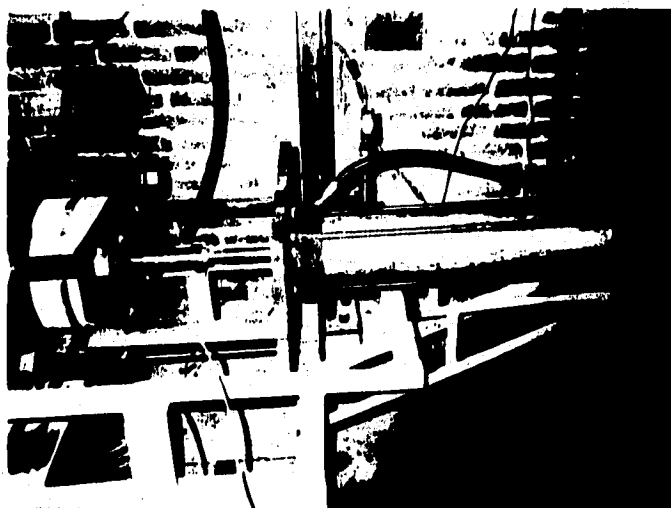
Vista superior de la máquina experimental de inyección en la que se aprecian los elementos que la conforman.



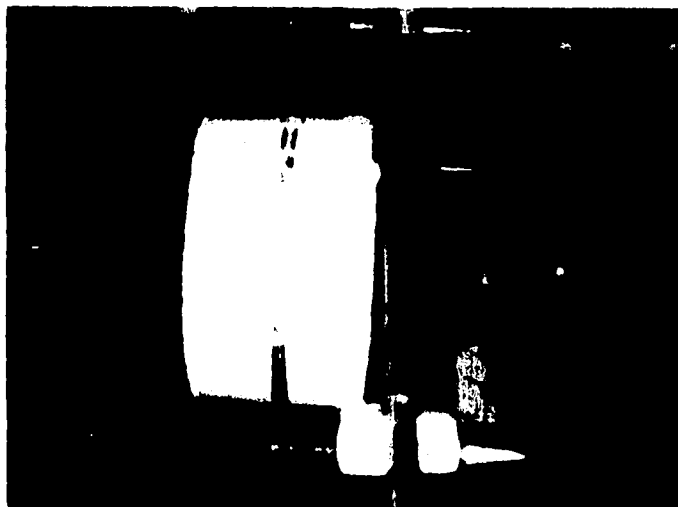
Bloque de placas montado sobre estructura en forma de mesa soporte.



Cilindro neumático que acciona la placa móvil a la cual se fija la mitad del molde.



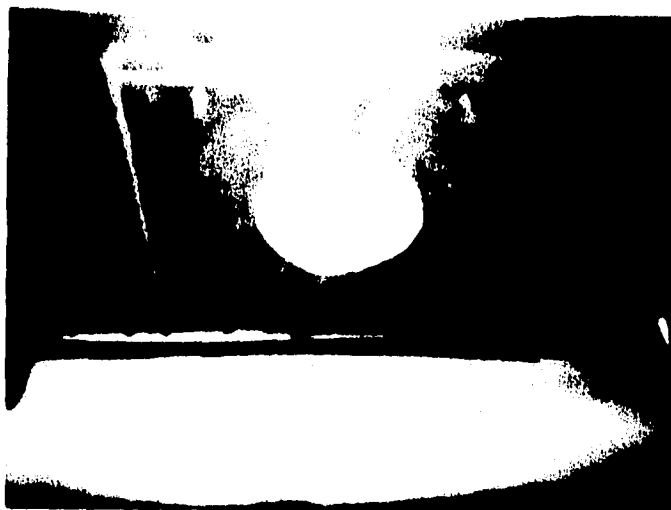
Cilindro hidráulico con pistón de inyección acoplado al final de su vástago.



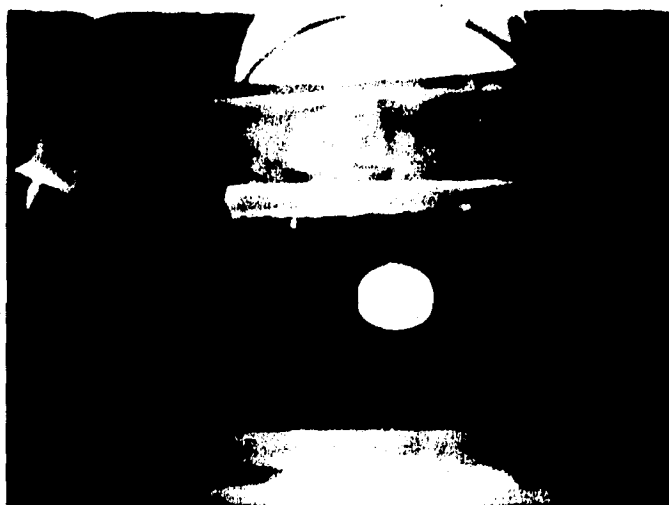
Calefactor eléctrico cerrado y apreciación de la cavidad cilíndrica en la mitad móvil del molde.



Camara de plastificación alojada en el calefactor eléctrico y pistón de inyección a la entrada de la cámara.



Pieza inyectada que presenta una aleta en la línea de partición por baja presión de cierre del molde.



Pieza inyectada y retenida en la mitad fija del molde con cierre hermético del mismo.

CÁMARA DE PLASTIFICACIÓN.

La cámara de plastificación es de un acero especial, clasificado como H-13 según AISI/NOM, y con la siguiente composición aproximada: Carbono 0.37%, Silicio 1.00%, Manganeso 0.35%, Cromo 5.25%, Molibdeno 1.25% y Vanadio 1.05%.

La cámara de plastificación que utilizamos estaba inconclusa en lo que a maquinado se refiere en la parte correspondiente únicamente al lado de la boquilla, esto es, que las dimensiones de longitud y diámetro exterior así como el diámetro del canal de flujo y entrada para alimentación de material a la cámara ya eran definitivas.

La parte que se maquinó en el lado de la boquilla fue en función del diseño de fijación de la boquilla y por lo anterior se determinó que fuera roscada.

La manera en que se fija la cámara de plastificación a la "pransa" es por presión, al ser incrustada entre dos placas de la "pransa" a las cuales previamente se les hizo unas cajas para sujeción de igual diámetro al de la cámara y con una profundidad de 5mm.

Para evitar que se mueva la cámara dentro de estas cajas, la cámara está moleteada en los extremos para que tenga mayor agarre en la sujeción.

Una vez que fue terminada la cámara en lo que a maquinado se refiere esta fue templada, revenida y posteriormente nitrurada para aumentar la dureza en la superficie de la cámara con el fin de evitar desgaste interno por fricción del pistón de inyección.

El pistón que se utiliza para inyectar material tiene una longitud de 170 mm y un diámetro de 38.7mm., y el material de que está maquinando este pistón es cold Rolled.

BOQUILLA DE INYECCIÓN.

La boquilla diseñada es de tipo convexo de un acero especial clasificado como EWX40M de aceros fortuna y con la siguiente composición aproximada: Carbono 0.10%, Silicio máximo 0.25%, Manganeso máximo 0.25% y Cromo 2.5%.

A esta boquilla se le hizo un tratamiento térmico de temple al aceite a 900°C aproximadamente y posteriormente un recocido a 800°C aproximadamente para eliminar tensiones internas.

La forma de fijación de esta boquilla a la cámara de plastificación es mediante rosca y la sección de flujo a través de esta se describe a continuación.

El diámetro del canal de flujo a la salida de la boquilla es de 2.8mm y este diámetro se amplía en forma de "barril cónico" hasta un diámetro de 5mm en un camino de flujo de 8mm de longitud siendo el radio aproximado de curvatura de 18mm. La forma de "Barril Cónico" en la boquilla tiene el propósito de que exista una zona para retener el material fluido entre dos inyecciones y no tienda a salir de la boquilla debido a que este demasiado caliente.

Después el canal de flujo en la boquilla se amplía de 5mm de diámetro a un diámetro de 22mm con radio aproximado de curvatura de 45mm y un camino de flujo de 7mm de longitud. Posteriormente el canal de flujo es cilíndrico con un diámetro de 22mm y un camino de flujo de 22mm también y para finalizar el canal de flujo de la boquilla tendrá forma cónica con un ángulo de 32° y una longitud en el camino de flujo de 12mm.

TIPO DE MOLDE UTILIZADO

El material utilizado para el maquinado del molde es placa de acero al carbón de 1.905cm (3/4pulg) de espesor y su construcción es bastante simple con el fin primordial de obtener una pieza de fácil elaboración para poder verificar el funcionamiento de la máquina experimental de inyección.

Las dimensiones de cada una de las placas utilizadas son 16.5cm de ancho por 21cm de largo. A estas placas se les realizaron cuatro barrenos para fijación con diámetro de 0.79375cm (5/16"), a distancias de 13.7cm a lo largo de las placas y 14.2cm a lo ancho de estas. Posteriormente se maquinaron cajas concéntricas a estos barrenos para alojamiento de las cabezas de tornillo para llave allen.

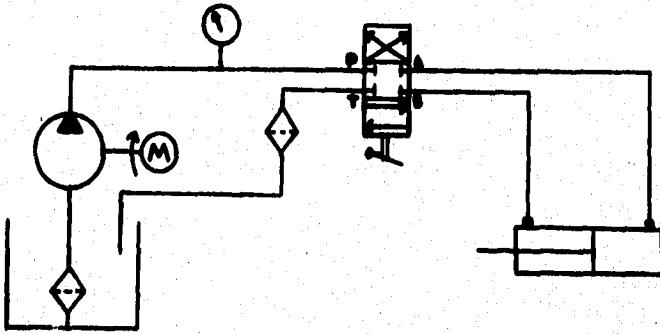
Nuestro tipo de molde es de dos platos con una sola cavidad y en el cual no se montan machos en ninguno de los platos por lo que se obtendrá una pieza cilíndrica maciza de 52mm de diámetro y 14mm de espesor.

La entrada será directa al centro de la cavidad y por lo tanto no existirán canales de alimentación. El molde está maquinado de tal forma que la pieza que se va obtener al abrir el molde quede retenida en el plato fijo.

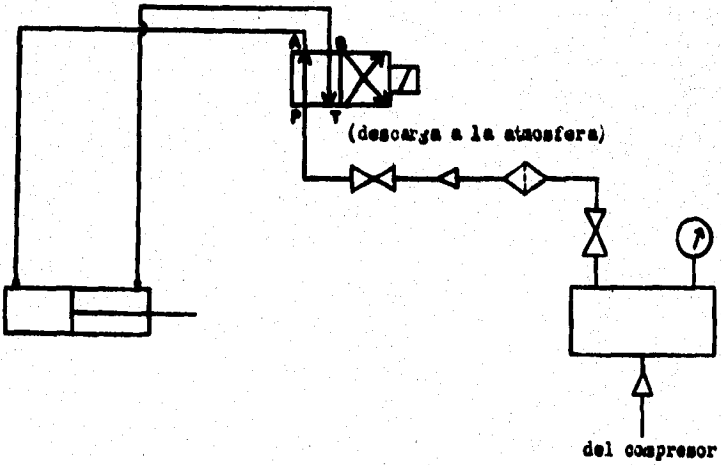
El molde no tendrá mecanismo extractor por lo que la pieza se quitará de la mitad fija manualmente.

DIAGRAMAS DE LOS SISTEMAS HIDRÁULICO Y NEUMÁTICO EN LA MAQUINA DE INYECCIÓN

Sistema Hidráulico



Sistema neumático



6.2 FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA DE INYECCIÓN

La máquina de inyección por el sistema de émbolo o pistón operara en posición horizontal. Las dos mitades de el molde de inyección van atomilladas a las placas fija y móvil de la prensa.

Para la apertura y cierre de molde se utilizará un cilindro neumático de doble efecto que será controlado por una válvula inversora de solenoide de cuatro vías y el fluido presurizado será suministrado por un compresor de aire previamente conectado al sistema.

Para la inyección de material al molde se hace uso de un émbolo acoplado al cilindro hidráulico el cual forzara el material previamente plastificado en la cámara plastificadora através de la boquilla de inyección para llenar la cavidad del molde cuando este se encuentra cerrado y listo para "disparo" o inyección.

El cilindro hidráulico es independiente del accionamiento del cilindro neumático que es utilizado para abrir o cerrar el molde.

En la parte anterior a la placa porta molde fija se localiza el calefactor eléctrico y una tolva de alimentación de material a la cámara de plastificación la cual se encuentra alojada dentro del calefactor eléctrico que suministra el calor necesario a la cámara para fundir el material antes de ser inyectado.

Una vez que ha sido realizada la inyección y se abre el molde, la pieza queda retenida en la mitad fija del molde y se procederá a extraerla manualmente. Una vez retirada la pieza se cerrara nuevamente el molde para iniciar un nuevo ciclo.

6.3 PARTE EXPERIMENTAL

Materiai Utilizado :
Polielieno de densidad media (Tipoll)

Parámetros cualitativos del materiai :

-Índice de fluidez
5.0-20

-Punto de fluencia a la tensión
1.28-1.19 kg/mm²

-Resistencia última a la tensión
1.4-1.28 kg/mm²

-% de elongación antes de la ruptura
150-125

-Módulo de elasticidad
21.8-21.12 kg/mm²

-Dureza shore - D
27-38.

Determinación del punto de fusión de polietileno:

Para determinar la temperatura a la cual el material se encuentra completamente en estado fluido o termoplástico, se utilizó un pequeño crisol de aluminio el cual contenía polietileno. A este crisol se le aplicó calor con un mechero y con ayuda de un termopar conectado directamente a un pirómetro determinamos el punto de fusión del material.

Tiempo de precalentamiento de la cámara:
20 minutos

DATOS TECNICOS DE LA MAQUINA

- 1.- **Presión de inyección :**
300 lb/pulg² (21.09 kg/cm²)
- 2.- **Presión de cierre del molde:**
100 lb/pulg² (7.03 kg/cm²) + fuerza no determinada de prensas de tornillo.
- 3.- **Espacio real para el montaje del molde sobre las placas:**
25 cm ancho y 35cm de largo (9.84 X 13.77 pulg)
- 4.- **Distancia máxima de apertura de placas porta molde:**
24.5cm (9.65 pulg)

- 5.- Capacidad de inyección:**
40 gramos por tiro
- 6.- Controles de temperatura:**
Pirometro electronico con margen de 50 a 1200°C, 110/220V, 30 A
y 6000 W máximo.
Termopar tipo J 30, Fe - constantano, Relevador RM303627, 127 V
16 A/380 V
- 7.- Dimensiones generales de la máquina:**
Longitud 200cm (78.74 pulg), ancho 75cm (29.53 pulg),
altura 115 cm (45.28 pulg).
- 8.- Peso aproximado de la máquina:**
320 kg. (704.8 lb)

TABULACIÓN DE DATOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

ENSA- YO	Temperatu- ra de inyección	Presión de inyección	Permane- ncia de material en la camara	Permanen- cia de la pieza en el molde	Posición del pistón de inyec- ción	Acabado superficial de la pieza	Observaciones
1	170 °C	270 lb. ₂ in	6 min.	10 seg	fuera de la camara	Marcada de- formación al centro, superficie rugosa, color no uniforme	Pequeñas aletas en la línea de partición.
2	170 °C	270 lb. ₂ in	6.5 min	20 seg	fuera de la camara	Marcada de- formación al centro, superficie rugosa, color no uniforme	Pequeñas aletas en la línea de partición
3	170 °C	300 lb. ₂ in	5 min.	30 seg	dentro de la camara	Deformación al centro, superficie lisa color no uniforme.	Aleta en la línea de partición
4	180 °C	300 lb. ₂ in	6 min.	30 seg.	dentro de la camara	Deformación al centro, superficie lisa color no uniforme.	Sin aleta en la línea de partición
5	180 °C	300 lb. ₂ in	5 min.	180 seg.	fuera de la camara	Deformación al centro, superficie lisa color no uniforme.	Sin aleta en la línea de partición
6	180 °C	300 lb. ₂ in	5 min.	240 seg.	dentro de la camara	Menor de- formación superficie lisa, color uniforme	Problemas de suministro de material a la camara.
7	180 °C	300 lb. ₂ in	5 min.	360 seg.	fuera de la camara	Deformación en una cara, superficie lisa pieza muy sucía	Problemas de suministro de material a la camara.
8	180 °C	300 lb. ₂ in	5 min.	360 seg.	dentro de la camara	Mínima de- formación superficie lisa y muy sucía	Residuo de material sucio y sobre calentado

6.3.1 RESULTADOS

Considerando como base las piezas obtenidas al realizar ensayos en la máquina experimental de inyección bajo diferentes condiciones en cuanto a los parámetros de control del sistema, esto es: presión de inyección, temperatura de inyección, tiempo de permanencia de la pieza dentro del molde (enfriamiento), tiempo de permanencia del material dentro de la cámara y la posición del pistón de inyección y sea ejerciendo presión o no; podemos hacer una evaluación de los factores que afectan directamente la calidad de la pieza obtenida.

En los primeros dos ensayos realizados, las piezas obtenidas tuvieron una marcada deformación al centro atribuible muy presumiblemente a la succión creada al retraer el pistón de inyección, además estas piezas presentan una superficie muy rugosa y de color no uniforme lo cual se debe al poco tiempo de enfriamiento de la pieza.

En estos ensayos la presión de cierre del molde fue rebasada por la presión de inyección, por lo cual el material tendió a salir ligeramente de la cavidad formando pequeñas aletas en la línea de partición.

En el siguiente ensayo se incremento la presión de inyección sin que se incrementara la presión de cierre del molde por lo cual la pieza obtenida presenta una aleta grande en la línea de partición debido al material que salió del molde.

Al igual que en los ensayos iniciales en el tercero y cuarto ensayos los tiempos de enfriamiento fueron reducidos, de tal suerte que en esos ensayos se presentaron las mayores deformaciones en cada una de las piezas.

Para todos los ensayos siguientes se mantuvo una presión de inyección uniforme y con el fin de asegurar el cierre hermetico del molde se utilizaron prensas de tornillo. En estos ensayos, se incremento sustancialmente el tiempo de permanencia de la pieza dentro del molde, con lo cual la deformación experimentada por las piezas disminuyo.

Un aspecto que se pudo notar en las piezas obtenidas, es que el molde tiene un pequeño defasamiento en las cajas que se maquinaron.

6.3.2 DISCUSION

Al efectuar los ensayos en la máquina experimental de inyección existieron condiciones no muy propias en cuanto a los requerimientos para obtener un cierre hermético del molde; esto se debió a que el sistema neumático utilizado no tenía la capacidad de presión suficiente de cierre del molde por lo cual se tuvo que realizar este con ayuda de prensas de tornillo haciendo poco funcional el sistema.

Un factor de importancia trascendental es el poder determinar el tiempo de permanencia de la pieza dentro del molde (enfriamiento), toda vez que esto incide directamente en la calidad de la pieza y en nuestro molde por no estar refrigerado se tuvo que mantener la pieza por periodos prolongados antes del desmoldeo para evitar drásticos cambios dimensionales causados por la cristalización debida al enfriamiento del post moldeo la cual crea atabecos o deformaciones que generalmente no siguen un patrón uniforme.

Como consecuencia de mantener la pieza por periodos prolongados en el molde, se crea un efecto perjudicial de sobrecalentamiento de material en el cilindro de plastificación ya que este se carga con un múltiplo del volumen necesario para el llenado de la cavidad del molde.

Por otro lado, se tuvo el problema de no poder suministrar material adecuadamente a la cámara de inyección debido al diámetro reducido que tiene el canal de alimentación a la cámara y en el cual se tiende a formar un tapon de material porque el material en estado fluido o termoelástico que se encuentra próximo al canal de alimentación impide la entrada del material sólido granulado. Este problema es atribuible al mal diseño de la cámara puesto que ésta es demasiado corta y por consiguiente el canal de suministro de material aparte de ser de un diámetro reducido está expuesto a una influencia térmica elevada todo el tiempo.

Por lo antes mencionado se tuvo la necesidad de ir suministrando cantidades suficientes de material solo para llenar la cavidad del molde teniendo que esperar a que se disgregara material hasta un estado fluido y posteriormente proceder a la inyección con lo cual el tiempo del ciclo se incrementó considerablemente.

El solo suministrar el material necesario para la inyección de la pieza es una de las causas a las cuales se atribuye que al mantener el pistón de inyección dentro de la cámara y abrir el molde para el desmoldeo, el material no siguiera saliendo por la boquilla de inyección. Es conveniente señalar que cuando el pistón de inyección se mantuvo ejerciendo presión dentro de la cámara las piezas presentaron una deformación menor en el centro de la pieza.

Por otra parte, también es bueno mencionar que las piezas no presentan de manera visual la formación de burbujas pequeñas que se pudieran formar por gases o aire atrapados por una mala respiración del molde.

6.3.3 CONCLUSIONES

De manera general podemos decir que los objetivos inicialmente planteados para estructurar las diferentes partes de que esta integrada la máquina experimental de inyección fueron cubiertos totalmente.

Es preciso señalar que en cuanto al funcionamiento de la máquina experimental de inyección existieron elementos que no cubrían totalmente la función para la cual fueron empleados, pero estos elementos se utilizaron por no contar con los recursos suficientes para poder cambiarlos.

Toda vez que se pudieron superar los inconvenientes presentados, se pudieron realizar los ensayos de inyección. En los ensayos realizados se obtuvieron piezas cilíndricas de polietileno, presentándose primordialmente el problema de un largo periodo del ciclo, esto se debió básicamente a que la velocidad de producción o frecuencia de disparos quedó fuertemente limitada por el tiempo necesario para la disgregación de la cantidad de material utilizada debido al mal diseño de la cámara de plastificación que impide el poder alimentar adecuadamente la cámara.

Es justo señalar que en el estado actual de competencia en el sector no puede admitirse un trabajo poco rentable y por lo tal motivo se justifican los enormes costos de investigación en diseños a base de consideraciones puramente termodinámicas para optimizar la superficie calefactora con una sección mínima de flujo y de ese modo evitar una diferencia considerable de temperatura entre el material y la pared del cilindro. Un cilindro o cámara de plastificación de este tipo permitirá una disgregación de material uniforme facilitando un llenado de molde más rápido para una presión determinada de émbolo o pistón de inyección influyendo positivamente en las propiedades de la pieza inyectada y aportando así una producción rentable.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- "Ingeniería de Manufactura"
U. Scharer Sauberli, J.A. Rico, J. Cruz Solares, R. Moreno
CECSA.

- 2.- "Plásticos, Formulación y Moldeo".
H.R. Simonds y J.M. Church.
CECSA

- 3.- "Moldeo por Compresión y Transferencia"
Ramón Anguita Delgado
Editorial Blume

- 4.- "Manual de Oleohidráulica Industrial"
Sperry - Vickers
Editorial Blume

- 5.- "Fundamentos de Técnica Aplicada Hidráulica".
John Deere

- 6.- "Hidráulica Simplificada".
L.S. Mc Nickle
CECSA

- 7.- "Procesos de Transferencia de Calor"
Donald Q. Kern
CECSA

- 8.- "Ingeniería de Moldes Para Plástico"
J.H Dubois y W.L Pribble
Ediciones Urmo

9.- "Diseño de Máquinas"
A.S. Hall, A.R. Holowenco, H.G. Laughlin.

10.- "Tecnología de los Plásticos"
Carlos Castañón Alvarado
Publicación del IPN

11.- "Manual de Oleohidráulica Móvil"
Vickers
Editorial Blume

12.- "Problemas de Electricidad"
H.W. Viweger
Editorial Gustavo Gill, S.A.

13.- "Técnicas de Metalurgia Experimental"
A.V. Seyboit y J.E. Burke
Centro Regional de ayuda Técnica

14.- "Moldes para inyección de plásticos"