

**INYECTORA DE PISTÓN CON RECAMARAS DE CARGA INTERCAMBIABLES
PARA POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS PARA USO DEMOSTRATIVO DEL
PROCESO DE INYECCIÓN Y REALIZACIÓN DE PROBETAS, DISEÑO Y
CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO FUNCIONAL**

**IVAN MAURICIO MORENO ESPARZA
JORGE ELIECER FLOREZ OCHOA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2007

**INYECTORA DE PISTÓN CON RECAMARAS DE CARGA INTERCAMBIABLES
PARA POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS PARA USO DEMOSTRATIVO DEL
PROCESO DE INYECCIÓN Y REALIZACIÓN DE PROBETAS, DISEÑO Y
CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO FUNCIONAL.**

**IVAN MAURICIO MORENO ESPARZA
JORGE ELIECER FLOREZ OCHOA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el titulo de
DISEÑADOR INDUSTRIAL**

**Director:
ORLANDO ANGULO
Diseñador Industrial
Esp. En Automatización Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2007

DEDICATORIA

A Dios, por ser nuestro guía e inspirador y darnos las fuerzas para seguir adelante pese a las dificultades y estar a nuestro lado en todo momento

A nuestros padres, por ser nuestro apoyo incondicional en todo momento, por sus consejos, sus valores, su motivación constante, pero mas que nada por su amor.

A nuestros maestros, por su tiempo, por su apoyo y toda esa sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de nuestra carrera profesional.

A nuestros amigos, que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos de manera especial a todos quienes han participado con su esfuerzo personal y profesional en la elaboración de esta propuesta y en especial a :

A Dios por darnos fuerzas a lo largo de esta travesía académica y estar a nuestro lado en todo momento.

Industrias Pavaplast Ltda., por abrirnos sus puertas y asesorarnos en cuanto a propuestas, procesos y materiales de una forma real y practica.

Diseñador Orlando Angulo Gómez, Director del Proyecto, por sus acertados aportes y seguimiento del proyecto.

Nuestros padres, por su apoyo incondicional y su inversión económica para la realización de este proyecto, así como por transmitirnos su confianza y fortaleza.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	16
1. ESTRUCTURACION DEL PROBLEMA	18
1.1 INTRODUCCION AL PROBLEMA	18
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2.1 Justificación	19
1.2.2 Perfil del usuariO	20
1.2.3 Subproblemas	20
1.3 OBJETIVOS	20
1.3.1 Objetivo general	20
1.3.2 Objetivos específicos	21
2. PARÁMETROS DE DISEÑO ESPECÍFICOS PARA LA INYECTORA	22
3. MARCO TEORICO	23
3.1 LOS POLIMEROS	23
3.1.2. Clasificación de los plásticos	23
3.1.3 Materias primas polimétricas	26
3.3 NEUMATICA	29
3.4 EL CICLO DE INYECCIÓN	30
3.5 COLORES, SÍMBOLOS, FORMAS Y DIMENSIONES DE LAS SEÑALES DE SEGURIDAD Y DE MANDO	33
3.5.1. Definiciones	34
3.6 QFD	35
3.6.1 Ventajas competitivas y fomento de la innovación	38
4. METODOLOGIA	39
4.1 MÉTODOS CON MARCO DE REFERENCIA LÓGICO	39

4.1.1 Clarificación de objetivos	41
4.1.2 Establecimientos de funciones	43
4.1.3 Fijación de requerimientos	46
4.1.4 Determinación de características	49
4.1.5 Generación de alternativas	84
4.1.6 Evaluación de alternativaS	86
4.1.7 Mejora de detalles	87
5. FUNCIONAMIENTO	88
6. USABILIDAD	94
6.1 ESTUDIO DE USABILIDAD DE LA INYECTORA DE PROBETAS	94
6.2 USABILIDAD DE OPERACIÓN Y CONTROL DE LA MAQUINA.	95
6.3 MANUAL DE USO	96
6.3.1 Prueba piloto de Card Sorting	99
6.3.2 Prueba piloto de Card Sorting 2	101
6.3.4 Propuesta final del manual de uso	105
6.3.5 Prueba de usabilidad	110
7. AMFE	112
7.1 AMFE PARA EL SISTEMA DEL CILINDRO INYECTOR.	112
7.2 AMFE PARA EL SISTEMA DEL TAMBOR.	114
7.3 AMFE PARA EL SISTEMA DEL CILINDRO GIRADOR	116
7.4 AMFE PARA EL SISTEMA DEL CIERRE INFINITO	118
7.5 AMFE PARA EL SISTEMA DEL CILINDRO CIERRE INFINITO	120
7.6 AMFE PARA EL SISTEMA TOLVA	122
8. ERGONOMÍA	125
8.1 DISPOSITIVOS DE MANDO Y DISPLAYS	125
6.3.1 Mandos y señales (dispositivos informativos y de control	125
8.1.2 Mandos y dispositivos de control	126
8.1.3 Mandos y dispositivos de control	127
8.1.4 Proceso de información y elección de los dispositivos de mando de acuerdo a la tarea a realizar por la maquina	127

8.1.4 Disposición de los mandos	128
8.2 ERGONOMÍA APLICADA A LA MAQUINA DE POLÍMEROS	
TERMOPLÁSTICOS	129
8.2.1 Ergonomía ambiental de la maquina	138
9. PROCESOS DE PRODUCCION	142
9.1 PLANOS TECNICOS	142
9.2 CALCULOS GENERALES	142
9.2 MATERIALES Y PROCESOS	142
9.2.1 Lamina Cold Rolled	142
9.2.4 Soldadura MIG	148
9.2.5 Fabricación de piezas torneadas	149
CONCLUSIONES	151
BIBLIOGRAFIA	153
ANEXOS	155

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Clases de polímeros	25
Cuadro 2. Métodos con marco de referencia lógico	40
Cuadro 3. Formato para recolección de datos	51
Cuadro 4. Test de evaluación para los dispositivos de mando y control	55
Cuadro 5. Test de evaluación para la herramienta de validación del cambio del polímero	59
Cuadro 6. Test de evaluación para la herramienta de validación de la posición de la inyectora.	62
Cuadro 7. Test de evaluación para la herramienta de validación del tipo de anclaje	66
Cuadro 8. Test de evaluación para la herramienta de validación del tipo de cierre	69
Cuadro 9. Test de evaluación para la herramienta de validación de las resistencias	73
Cuadro 10. Test de evaluación para la herramienta de validación del perfil estructural	76
Cuadro 11. Características genéricas	84
Cuadro 12. Recolección de datos.	105
Cuadro 13. Manual de uso final de la inyectora.	106
Cuadro 14. Acciones correctoras	124

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Cierre del molde e inicio de la inyección	31
Figura 2. Inyección del material	31
Figura 3. Aplicación de la presión de sostenimiento	32
Figura 4. Plastificación del material	32
Figura 5. Enfriamiento y extracción de la pieza	33
Figura 6. Matriz de calidad de un envase para un producto farmacéutico	38
Figura 7. Las siete etapas del proceso de diseño colocadas dentro del modelo simétrico de problema /solución	41
Figura 8. Imagen clarificación de objetivos basado en el ejemplo 1.	43
Figura 9. Imagen caja negra	45
Figura 10. Imagen caja transparente basado en el ejemplo 3	45
Figura 11. Aprovechamiento ventaja mecánica	79
Figura 12. Dispositivo de mando y control	80
Figura 13. Sistema elegido: El de tambor	81
Figura 14. Posición elegida: horizontal	81
Figura 15. Elección del tipo de anclaje: tornillos	82
Figura 16. Tipo de cierre elegido es el de tipo H.	82
Figura 17. La resistencia elegida es la de abrazadera.	83
Figura 18. Elección tipo de perfil: Tipo C	83
Figura 19. Montaje previo en 3d max studio	88
Figura 20. Mecanismo de trinquete	89
Figura 21. Carga de recamara	90
Figura 22. Cierre infinito	90
Figura 23. Cilindro inyector	91
Figura 24. Circuito neumatico	92

Figura 25. Circuito electroneumatico.	93
Figura 26. Imagen uso del ipod	97
Figura 27. Imagen modelo mental de uso del autor	98
Figura 28. Imagen prueba piloto de card sorting	100
Figura 29. Prueba piloto de card sorting 2	102
Figura 30. Propuesta del manual de uso	103
Figura 31. Imagen cilindro inyector AMFE	112
Figura 32. Tambor AMFE	114
Figura 33. Cilindro girador AMFE	116
Figura 35. Cilindro cierre infinito AMFE	120
Figura 36. Tolva AMFE	122
Figura 37. Campo Visual Recomendado A.	125
Figura 38. Análisis del campo visual B	126
Figura 39. Esquema simplificado de las relaciones informativas y de control.	128
Figura 40. Vista lateral del usuario y la inyectora.	131
Figura 41. Vista frontal del usuario y la inyectora	133
Figura 42. Usuario y panel de control	135
Figura 43. Ángulo mano palanca.	136
Figura 44. Colores panel de control	137
Figura 45. Panel de control	138
Figura 46. Iluminación para la inyectora	139
Figura 47. Movimientos repetitivos.	141
Figura 48. Laminado en frío	143
Figura 49. Pintura electro estática	144
Figura 50. Torno	145
Figura 51. Diagrama torno horizontal	146
Figura 52. Operaciones de torneado	147
Figura 53. Equipo de soldar MIG	148
Figura 54. Proceso de torneado.	150

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Tabla de requerimientos.	47
Tabla 2. Característica del sistema	49
Tabla 3. Generación de alternativas	86
Tabla 4. Prueba piloto de card sorting	100
Tabla 5. Prueba piloto de card sorting 2	102
Tabla 6. Prueba de usabilidad.	111
Tabla 7. Imagen análisis cilindro inyector	113
Tabla 8. Análisis del tambor.	115
Tabla 9. Imagen análisis cilindro girador.	117
Tabla 10. Análisis cierre infinito	119
Tabla 11. Análisis cilindro cierre infinito.	121
Tabla 12. Análisis tolva	123
Tabla 13. Composición química acero SAE 1010 y 1008	143

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Cálculos preliminares de la inyectora	156
Anexo B. Planos generales de la Inyectora	172
Anexo C. Determinación del tamaño de la muestra	173
Anexo D. Normatividad internacional usada en el proyecto	175

RESUMEN

TITULO: INYECTORA DE PISTÓN CON RECAMARAS DE CARGA INTERCAMBIABLES PARA POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS PARA USO DEMOSTRATIVO DEL PROCESO DE INYECCIÓN Y REALIZACIÓN DE PROBETAS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO FUNCIONAL*

AUTORES: IVAN MAURICIO MORENO ESPARZA
JORGE ELIECER FLOREZ FLOREZ OCHOA**

PALABRAS CLAVES:

Inyectora, Inyección, Polímero, Presión, Probeta, Recamara, Temperatura, Termoplásticos.

RESUMEN:

Con el desarrollo de una maquina inyectora de probetas de polímeros termoplásticos, queremos brindar un aporte al conocimiento y practica de este tipo de procesos en el espacio académico de nuestra universidad y a su vez ofrecer una solución práctica enfocada al estudio de materiales usados en su producción por medio de probetas de prueba poliméricas a la creciente y cada vez mas desarrollada industria de los polímeros a nivel local y nacional.

Debido a que el tema de los polímeros y en especial sus procesos de transformación cada día toman mas fuerza en el mundo de tecnología y avances en el cual vivimos se desarrollo este modelo funcional para comprender un poco mejor todo lo que conlleva la producción y transformación de un material termoplástico a pequeña escala y así tener una mejor comprensión practica y real que ayudara al estudiante o a la industria en el momento de enfrentar un proyecto relacionado con este campo de aplicación.

La investigación y desarrollo de este proyecto abarca temas como automatización industrial, neumática, electrónica, robótica básica en cuanto al desarrollo de la maquina así como propiedades físicas de los polímeros y pruebas de laboratorio, todo esto incentivado por la escasez de soluciones actuales existentes en el mercado que cumplan la misma función.

Así, todo conlleva a la realización de una propuesta eficaz de un sistema de inyección de probetas didáctico, automatizado, el cual ofrece una interesante ayuda didáctica del proceso y material, así como una herramienta de análisis y pruebas en cuanto a la industria de los plásticos se refiere.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director de proyecto: Orlando Angulo.

SUMMARY

TITLE: INYECTORA OF PISTON WITH YOU RECHAMBER OF LOAD INTERCHANGEABLE FOR THERMOPLASTIC POLYMERS FOR DEMONSTRATIVE USE OF THE INJECTION PROCESS AND ACCOMPLISHMENT OF TEST TUBES, DESIGNED AND CONSTRUCTION OF A FUNCTIONAL MODEL

AUTHORS: IVAN MAURICIO MORENO ESPARZA
JORGE ELIECER FLOREZ FLOREZ OCHOA**

KEY WORDS: Inyectora, Injection, Polymer, Pressure, Test tube, Rechamber, Temperature, Thermoplastic.

SUMMARY:

With the development of a inyectora machine of thermoplastic polymer test tubes, we want to offer a contribution to the knowledge and practices of this type of processes in the academic space of our university and to as well offer a focused practical solution to the study of materials used in its production by means of poliméric test tubes of test to the flood and more and more developed industry of polymers to local and national level.

Because the subject of polymers and in special their processes of transformation every day takes but force in the world of technology and advances in which we lived east development functional model to be included/understood a little better everything what the production entails and transformation of a thermoplastic material on small scale and thus to have one better understanding practices and real that helped to the student or the industry at the moment for facing a project related to this field of application

The investigation and development of this project include subjects like industrial, pneumatic, electronic, robotic automatization basic as far as the development of the machine as well as physical properties of polymers and laboratory tests, all this stimulated by the shortage of existing present solutions in the market that act the saas.

Thus, everything I entail to the accomplishment of an effective proposal of a didactic system of injection of test tubes, automated, which offers an interesting one didactic aid of the process and material, as well as a tool of analysis and tests as far as the industry of plastics talks about

* Grade Project

* Ability of Engineerings Physique Mechanics. School of Industrial Design, project Director: Orlando Angulo

INTRODUCCIÓN

En este instante el mundo y su desarrollo tecnológico convergen su atención hacia un fenómeno venido de años atrás y que esta tomando cada vez mas relevancia en la vida cotidiana y en la evolución humana, estamos hablando de la llamada era del Plástico.

Precisamente prestando atención a este fenómeno y analizando el auge de los polímeros en las ultimas décadas y su desarrollo actual, hemos querido intervenir un poco en este tema, que muy seguramente será la raíz futura de muchos descubrimientos y soluciones tecnológicas; como consecuencia hemos desarrollado este proyecto, con el cual queremos brindar un pequeño aporte en esta area reconocida a nivel mundial y con una naciente proyección a nivel local tanto en la industria como en la academia.

La propuesta, una inyectora de probetas para pruebas de laboratorio, ha sido concebida desde su inicio con el fin de ofrecer, como ya se ha mencionado, un aporte al area de polímeros, cumpliendo funciones muy útiles en el aprendizaje de los polímeros y la industria , con la realización de pequeñas probetas las cuales serán examinadas posteriormente para si mejorar continuamente la calidad y propiedades de los productos ofrecidos, campo este, de la preparación de pruebas que no ha sido explorado de gran forma por lo menos a nivel local, por lo cual vimos una oportunidad de satisfacer una necesidad y brindar una solución, además de apoyar con este proyecto al aprendizaje por parte de estudiantes y personas interesadas en el proceso de inyección de polímeros y sus propiedades en general, cosa que en gran parte se hace en forma empírica y sin mucho material de ayuda para su comprensión, comprobación y experiencia.

Esperamos que nuestro aporte cuyo resultado no es mas que la dedicación, investigación y perseverancia en el proyecto, sea de gran importancia tanto para el desarrollo del área de los polímeros como para su aprendizaje, y además sea el punto de partida hacia la búsqueda y evolución de soluciones, métodos de investigación, enseñanza y producción en un entorno tan competitivo y actual como el de la industria de los polímeros.

1. ESTRUCTURACION DEL PROBLEMA

1.1 INTRODUCCION AL PROBLEMA

La justificación de este proyecto se ha dividido en dos aspectos importantes, uno académico y otro que hemos denominado industrial.

En cuanto al académico podemos afirmar que el programa que ofrece la escuela de diseño industrial de la Universidad Industrial de Santander, en las materias de modelos y prototipos V, tecnología de materiales V y tecnología de materiales VI deja en claro que el estudiante conocerá y manejará materiales poliméricos, y sus procesos de transformación; sin embargo la escuela no cuenta con ningún tipo de equipo o laboratorio que contribuya al conocimiento tanto de las materias primas como de los procesos de transformación; teniendo estas materias mas horas practicas que teóricas.

Ahora, asumimos que son necesarias mas ayudas de índole practico en cuanto a procesos y materiales para el apoyo de la teoría ofrecida en las materias referentes a polímeros .

¿Que podemos hacer en las horas practicas de estas materias si no poseemos un espacio, equipo y/o laboratorio adecuado para el desarrollo y aplicación de lo visto en las horas teóricas?

En cuanto al aspecto industrial, tenemos que según nuestra investigación y experiencia, empresas que hacen inyección de polímeros presentan una no despreciable perdida de material, y de horas maquina, en los cambios de polímero o de color de polímero, debido a la contaminación de material que se produce en el cambio, por poseer una sola recamara de inyección. Esto conlleva a que en

ocasiones les sean devueltos productos por contaminación química entre polímeros o por los productos no poseer el color exigido.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Justificación. Debido a la inexistencia de un laboratorio de polímeros, la Escuela de Diseño Industrial nos esta ofreciendo de una manera muy austera en cuanto a espacios didácticos , demostrativos y a experiencias practicas, por no contar con las maquinas y elementos necesarios para desarrollar los procesos de enseñanza que se plantean en el pensum académico.

Esta falta de equipos no ha permitido que los estudiantes posean un contacto optimo y directo con los procesos y con los materiales, luego no permiten un acercamiento a la realidad productiva ni mucho menos se puede ser acertado en el desarrollo de productos con un enfoque industrial; por ello al estudiante se le dificulta materializar sus ideas u objetos de diseño así como cimentar el proceso de innovación como lo manifiestan los objetivos de las materias.

Por otra parte, para la industria de la inyección de polímeros, representa una alta cantidad de perdida de dinero el parar las maquinas de inyección, para los cambios de color y/o material, esta parada de marcha de los equipos puede durar periodos prolongados de tiempo debido a las complicaciones de contaminación que estos procesos conllevan, y una alta perdida productiva y de abastecimiento, que en el promedio de los casos puede llegar a ser de hasta 24 horas del día por 3 días.

1.2.2 Perfil del usuario

- Usuario directo. Estudiantes y profesores de diseño industrial, comunidad estudiantil interesada y la industria vinculada al entorno de procesamiento de polímeros termoplásticos.
- Usuario indirecto. Personal especializado interesado en el desarrollo de equipos para la creación de un futuro laboratorio de polímeros para la escuela de diseño industrial.

1.2.3 Subproblemas. El que no cumpla con su funcionamiento, los mecanismos propuestos, como alternativa para eliminar un cilindro de inyección, el cual reduciría el costo del proyecto considerablemente.

El planteamiento de los Subproblemas son:

- La dificultad prevista para la consecución de materiales y maquinas herramientas idóneas de poco precio para cumplir con el objetivo de ser construido a bajo costo.
- No disponer de los talleres de diseño industrial el tiempo que necesitamos para cumplir con los plazos.
- El no tener de antemano acceso a maquinas herramientas idóneas para la ejecución y producción del proyecto.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general. Diseñar y construir el modelo funcional de una inyectora de pistón para polímeros termoplásticos, con recamaras de inyección intercambiables de funcionamiento semiautomático, para inyección de probetas y

uso demostrativo del proceso de inyectado de polímeros, usando tecnología local y aplicando los conocimientos adquiridos durante la academia.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Diseñar el modelo funcional de una inyectora de pistón para materiales termoplásticos con capacidad para 15 gr. de polímero, capacidad promedio estimada para una probeta normalizada, en cada una de sus recamaras intercambiables.
- Construir el modelo funcional de la inyectora usando tecnología local y materiales de fácil adquisición en la región.
- Innovar en cuanto a la adecuación de recamaras de inyección intercambiables aminorando así tiempos y costos del proceso de inyectado, así como una mayor limpieza en el proceso
- Brindar un recurso para la demostración del proceso de inyección en la escuela de diseño, aportando una herramienta muy útil en el estudio de polímeros y sus procesos.
- Ofrecer una solución práctica y de bajo costo para la fabricación de probetas de materiales termoplásticos ya sea para el estudio de sus propiedades fisicoquímicas o para la evaluación de materiales para un proceso industrial.
- Crear una maquina que funcione automática mente, ofreciendo al usuario un manejo limpio y de fácil ejecución.
- Teniendo como herramientas la automatización y la electrónica desarrollar una maquina que integre estos dos campos para así ofrecer un producto a la par con la tecnología y desarrollo de la industria actual
- Aportar a la escuela una base proyectual para impulsar la creación y desarrollo de un espacio físico y conceptual para el estudio de polímeros.

2. PARÁMETROS DE DISEÑO ESPECÍFICOS PARA LA INYECTORA

- La capacidad máxima de carga de la inyectora será de 15 gramos polímero (pelletizado). Cantidad promedio estimada para la producción de una probeta normalizada.
- Se deberá producir mínimo una probeta por inyectada para que sea viable el proceso.
- Se tendrá especial cuidado en el diseño de los elementos necesarios para lograr una buena estructuración de la maquina y sus subsistemas.
- El diseño externo del molde de inyección de las probeta será estándar para todas las formas normalizadas esto quiere decir, que sus medidas externas no se deben modificar.
- El número de probetas por inyección dependerá del diseño interno del molde.
- El desmoldeo de la pieza inyectada dependerá del diseño del molde.
- La inyectora debe poder ser transportada de manera sencilla, y adecuada fácilmente en el sitio destinado para su instalación
- Los mandos de presión y temperatura así como del proceso de inyectado deben ser de fácil lectura y compresión eficaz por parte del usuario.
- La inyectora será diseñada para un espacio que posea una superficie plana, lisa y nivelada que soporte un esfuerzo axial mínimo de 100 kilos.
- La inyectora será diseñada para un espacio que disponga de una línea de presión de aire mínima de 125 p.s i. y con un flujo promedio constante.
- El lugar donde se instalara la maquina debe poseer disponible energía eléctrica con un voltaje de 120.
- La maquina deberá ser manipulada exclusivamente por personal básicamente instruido en ella o bajo supervisión y apoyado con el manual de uso durante el proceso de aprendizaje.
- La probeta demostrativa a inyectar será la que cumple la norma ASTM 3550.

Ver Anexo 3. Normatividad usada en el proyecto

3. MARCO TEÓRICO

3.1 LOS POLÍMEROS¹

Los plásticos son parte de nuestra vida y nos beneficiamos continuamente con su uso; sin embargo mucha gente tiene sentimientos encontrados con respecto a ellos y a su función.

Los polímeros proceden de recursos naturales como el petróleo, gas natural, carbón y sal común. A pesar de la gran industria que se ha desarrollado alrededor de ellos, sólo el 4 por ciento del petróleo producido comercialmente es usado para producir plásticos.

Los plásticos son sustancias macromoleculares, formadas por la repetición sucesiva de un mismo grupo de átomos por medio de la polimerización o reacción de formación de la molécula.

Los plásticos son materiales susceptibles de moldearse mediante procesos térmicos, a bajas temperaturas y presiones. Presentan una serie de propiedades físicas y químicas muy útiles en la aplicación del diseño industrial.

3.1.2. Clasificación de los plásticos². Los plásticos se derivan en dos grandes grupos de acuerdo a las propiedades que presenta el producto final:

Termoplásticos: son, por definición, aquellos que funden al ser sometidos a presión y temperatura adecuadas.

¹ <http://www.espol.edu.ec/aseplas/revista/ediciones/revista-2004-1.pdf>

² <http://www.plastivida.com.ar/pdf/3.pdf>

En estos plásticos no hay reacción, pueden moldearse, pueden ser reutilizados mediante su granulación y posterior proceso de re-moldeo. Esta reutilización está limitada por la degradación que los materiales sufren durante su procesamiento.

La mayoría de los materiales para envasado caen dentro de esta categoría, cuya estructura permite una relativamente fácil capacidad de ser reciclados. Los integrantes más comunes de esta sub-familia son: Polietileno tereftalato (PET), Polietileno de Alta Densidad (PEAD), Policloruro de Vinilo (PVC), Polietileno de Baja Densidad (PEBD), Polipropileno (PP) y Poli estireno (PS).

Termoestables: Son aquellos que no encuadran en las características mencionadas anteriormente, es decir, sufren un cambio químico permanente al ser calentados. Se utilizan ampliamente en diversas aplicaciones técnicas, como pueden ser piezas electrónicas o de automóvil.

Por el hecho de no responder bien a los métodos de procesado por calor utilizados al reciclar termoplásticos, la mayor parte del reciclado de termoestables se realiza por métodos alternativos, Integran esta sub-familia, entre otros: epoxi, fenólicos, poliuretanos.

Elastómeros: este grupo de materiales posee una gran estructura molecular que le proporciona gran elasticidad.

Los hules sintéticos o elastómeros después de haber sido deformados por la aplicación temporal de una fuerza ligera regresan rápidamente a sus dimensiones iniciales.

Los elastómeros se forman sin la adición de diluyentes ni plastificantes y, dependiendo de su naturaleza química, pueden ser termo-fijos o termo-plásticos.

Ejemplos de elastómeros son: Poliuretanos nítricos, siliconas y butadieno-estirenos.

Una cuarta categoría la integrarían los llamados genéricamente Plásticos de Ingeniería, utilizados con distintos fines específicos en la industria. Entre otros podemos mencionar a las Poliamidas (PA: usadas como filmes protectores para alimentos), poli metacrilato de Metilo (PMMA: aislantes transparentes), poli carbonatos (PC: pantallas protectoras transparentes y duras), poli cloruro de vinilideno (PVDC: capas delgadas impermeables a la humedad, oxígeno y aromas).

Cuadro 1. Clases de polímeros

POLIMEROS	ABREVIATURA
ACRILONITRILO-BUTADIENO-ESTIRENO	ABS
ACETATO BUTIRARO DE CELULOSA	CAB
PROPIANATO DE CELULOSA	CP
POLIMERIZADO DE PVC EN EMULSIÓN	E-PVC
COPOLÍMEROS ETILENO-ACETATO DE VINILO	EVA
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	HD-PE
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD	LD-PE
POLIETILENO DENSIDAD MEDIA	MD-PE
PVC POLIMERIZADO EN MASA	M-PVC
POLICARBONATO	PC
POLIETILENO TEREFTALATO	PET
POLIPROPILENO	PP
POLIESTIRENO	PS
COPOLÍMEROS ESTIRENO-ACRILONITRILO	SAN
POLITETRAFLUORETILENO	PTFE
ACETATO DE POLIVINILO	PVAC
COPOLÍMEROS CLORURO-ACETATO DE VINILO	PVDC
POLIMETILMETACRILATO	PMMA

FUENTE :¹ <http://www.espol.edu.ec/aseplas/revista/ediciones/revista-2004-1.pdf>

3.1.3 Materias primas poliméricas. Para que la madera, el hierro y el ladrillo alcanzaran la posición actual como materiales tecnológicos se necesitaron siglos o millones de años, mientras a los materiales de origen polimérico les bastó pocos decenios para cambiarle la cara al mundo.

Más que las cifras relativas a las cantidades y tipos de los materiales poliméricos que se producen, es sorprendente el número de aplicaciones y la importancia que han tenido en la transformación del ambiente en que vivimos, de las máquinas que usamos, de las herramientas, viviendas, medios de transporte y comunicaciones, de los juegos, del arte y el gusto en general.

- **Polietileno (PE)**³. Es una de las resinas poliméricas más difundida y popular, aunque es relativamente joven pues solo en 1.933 E. Fawcett y B. Gibson de la I. C. I. Descubrieron el polvo blanco derivado de la polimerización del Etileno a elevadísimas presiones, obteniendo la patente en 1.937 y en dos años más tarde la producción alcanzó las 100.000 toneladas anuales. (PE de media y baja densidad).

Para el año 1.954 el profesor Ziegler y la Philips Petroleum Co., patentaron dos nuevos procedimientos, a temperatura y presión mucho más baja, el Polietileno de Alta Densidad, PEAD, sus características varían según el tipo de Polietileno, que se clasifican en:

- De baja densidad con peso específico entre 0,910 y 0,925 gr/cc
- De mediana densidad con peso específico entre 0,926 y 0,940 gr/cc
- De alta densidad con peso específico entre 0,941 y 0,965 gr/cc

³ <http://www.espol.edu.ec/aseplas/revista/ediciones/revista-2004-1.pdf>

El polietileno convencional es una resina termoplástica de color blanco translucido; de bajo costo; facilidad de procedimiento; excelentes propiedades eléctricas y resistencia química; tenacidad y flexibilidad aún a bajas temperaturas; suficiente transparencia de películas delgadas; inoloro; atóxico; baja permeabilidad al vapor del agua, en comparación a las cualidades los defectos son mínimos y de todas maneras mejorables con la adición adecuada de aditivos y condiciones de procesamientos.

Es flexible y tenaz en condiciones normales ambientales y no se quiebra, pero debajo de 0°C es frágil y a temperaturas altas su resistencia a la rotura se reduce; a temperatura ambiente no es atacado por ácidos, bases ni sales; con excepcionales propiedades eléctricas; es óptimo aislante para altísimas frecuencias aún en ambientes húmedos; en prolongada exposición a la luz se oxida foto-químicamente; en películas es ligeramente permeable al vapor del agua y los gases.

El Polietileno destinado al moldeo por inyección y extrusión se expende en forma de gránulos, mientras que para recubrimiento por lecho fluidizado se suministra en polvo; se colorea sin dificultad y existen tipos espumables y grados autoestinguibles, el polietileno de alta densidad soporta esfuerzos superiores al del polietileno de baja densidad, pero tiene menor resistencia.

- **Polipropileno (PP)**⁴. Es el material elástico de masa más joven y que en pocos años alcanzó un desarrollo productivo y aplicado si par, fue obtenido en 1.954 por Giulio Natta utilizando catalizadores Ziegler, y variando la forma de los catalizadores logró Polipropileno de características diferentes entre si.

Una de esas variantes fue el Polipropileno Isotáctico, o sea, de estructura molecular simétrica y puesto en el comercio en 1.957 bajo el nombre de

⁴ <http://www.espol.edu.ec/aseplas/revista/ediciones/revista-2004-1.pdf>

“Monplen”, años más tarde varias compañías estadounidenses, europeas y japonesas, lo produjeron con el nombre de “Montedison”.

Es un material similar al Polietileno de Alta Densidad del que se diferencia por la menor densidad, punto de ablandamiento más alto, con temperatura de ejercicio más alta, que a baja temperatura se vuelve más frágil, se oxida más fácilmente, posee mayor rigidez y dureza.

El Polipropileno Isotáctico es un termoplástico incoloro e inodoro de aspecto translúcido en estado natural; se puede colorear, es el más liviano que encontramos en el comercio; sus propiedades físicas y mecánicas dependen del grado de isotacticidad, el peso molecular y del tipo de orientación durante la transformación de productos; la capacidad de orientación se aprovecha para producir fibras y películas.

- **Siliconas (S).** Con el nombre impropio y genérico de siliconas se designa numerosos compuestos de Silicio, los cuales son poliorganosilóxanos que se preparan partiendo de varios tipos de monómeros; es muy típica su resistencia a las temperaturas extremas, al envejecimiento y a los agentes químicos.

Quien primero los estudió fue F. S. Kipping a partir de 1.990, es por exigencias bélicas que en la época del cuarenta se fabrican las primeras siliconas con el nombre de “Top secret “ por el pentágono y sólo a partir de 1.945 se dio a la publicidad por parte de Dow Corning Corp, la General Eléctric y la Unión Carbide, hoy se producen en todos los países industrializados.

Las siliconas se pueden clasificar en varias categorías según su aspecto físico:

Fluidos grasos que se presentan como líquidos transparentes con diferentes viscosidades.

Elastómeros suministrados en estado de látex, y resinas en emulsiones acuosas o en gránulos.

Siendo las siliconas una serie de compuestos de constitución química y estructura diferente entre sí, sus propiedades varían según el tipo y por esto no se pueden describir de manera global, aunque vamos a resaltar las más comunes.

Resiste temperaturas en un amplio margen (-90 a + 300°C); de excelente resistencia a la luz solar, a los agentes atmosféricos físicos, al ozono y a los agentes oxidantes; a bajas temperaturas (-90°C) conservan la flexibilidad, elasticidad y fluidez; son inertes químicamente y fisiológicamente inocuas; de óptimas propiedades dieléctricas y de aislamiento; son incoloras, inodoras e insípidas, y no sufren variación por cambios de temperatura y humedad, además logran propiedades especiales en función de los aditivos aplicados como antiadhesivo o adhesivos.

3.3 NEUMÁTICA⁵

La neumática constituye una herramienta muy importante dentro del control automático en la industria, enumeramos aquí los conceptos más importantes destinados a operarios y encargados de mantenimiento. El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre y aprovecha para reforzar sus recursos físicos.

El descubrimiento consciente del aire como medio - materia terrestre - se remonta a muchos siglos, lo mismo que un trabajo más o menos consciente con dicho medio.

El primero del que sabemos con seguridad es que se ocupó de la neumática, es decir, de la utilización del aire comprimido como elemento de trabajo, fue el griego

⁵ <http://www.sapiensman.com/neumatica/>

KTESIBIOS. Hace más de dos mil años, construyó una catapulta de aire comprimido. Uno de los primeros libros acerca del empleo del aire comprimido como energía procede del siglo I de nuestra era, y describe mecanismos accionados por medio de aire caliente. De los antiguos griegos procede la expresión "Pneuma", que designa la respiración, el viento y, en filosofía, también el alma.

Como derivación de la palabra "Pneuma" se obtuvo, entre otras cosas el concepto Neumática que trata los movimientos y procesos del aire.

Aunque los rasgos básicos de la neumática se cuentan entre los más antiguos conocimientos de la humanidad, no fue sino hasta el siglo pasado cuando empezaron a investigarse sistemáticamente su comportamiento y sus reglas. Sólo desde aprox. 1950 podemos hablar de una verdadera aplicación industrial de la neumática en los procesos de fabricación.

· Costos: El aire comprimido es una fuente de energía relativamente cara ; este elevado costo se compensa en su mayor parte por los elementos de precio económico y el buen rendimiento (cadencias elevadas).

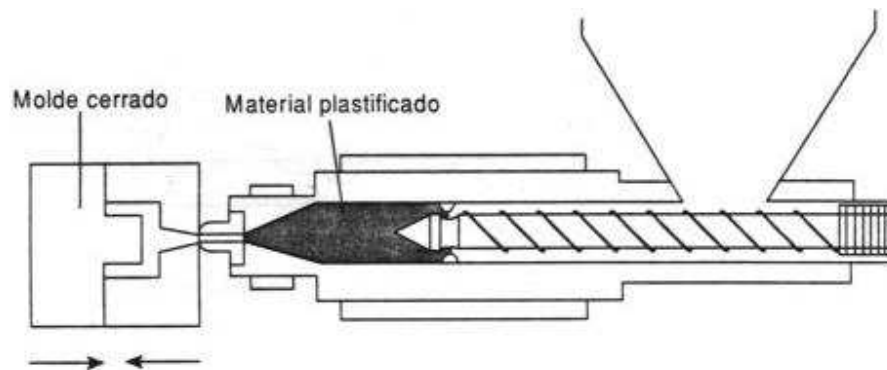
3.4 EL CICLO DE INYECCIÓN⁶

El ciclo de inyección se puede dividir en las seis siguientes etapas:

Se cierra el molde vacío, mientras se tiene lista la cantidad de material fundido para inyectar dentro del barril. El molde se cierra en tres pasos: primero con alta velocidad y baja presión, luego se disminuye la velocidad y se mantiene la baja presión hasta que las dos partes del molde hacen contacto, finalmente se aplica la presión necesaria para alcanzar la fuerza de cierre requerida.

⁶http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes_inyeccion/unidad_2/ciclo.html

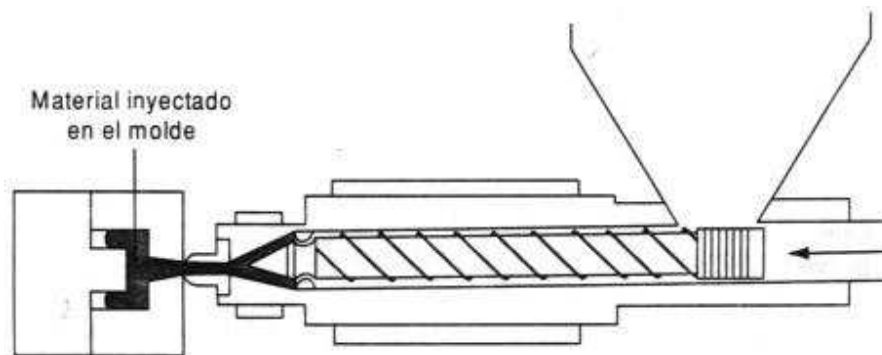
Figura 1. Cierre del molde e inicio de la inyección



Fuente : Pagina web universidad de Antioquia, ciclo de inyección

El tornillo inyector inyecta el material, actuando como pistón, sin girar, forzando el material a pasar a través de la boquilla hacia las cavidades del molde con una determinada presión de inyección.

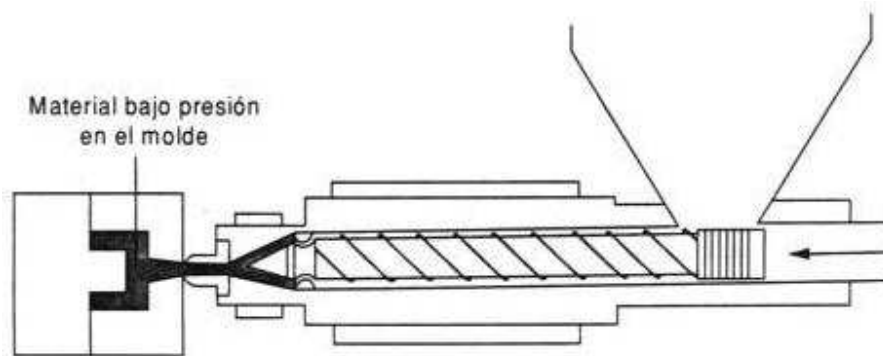
Figura 2. Inyección del material



Fuente: Pagina web universidad de Antioquia, ciclo de inyección

Al terminar de inyectar el material, se mantiene el tornillo adelante aplicando una presión de sostenimiento antes de que se solidifique, con el fin de contrarrestar la contracción de la pieza durante el enfriamiento. La presión de sostenimiento, usualmente, es menor que la de inyección y se mantiene hasta que la pieza comienza a solidificarse.

Figura 3. Aplicación de la presión de sostenimiento



Fuente: Pagina web universidad de Antioquia, ciclo de inyección

El tornillo gira haciendo circular los gránulos de plástico desde la tolva y plastificándolos. El material fundido es suministrado hacia la parte delantera del tornillo, donde se desarrolla una presión contra la boquilla cerrada, obligando al tornillo a retroceder hasta que se acumula el material requerido para la inyección.

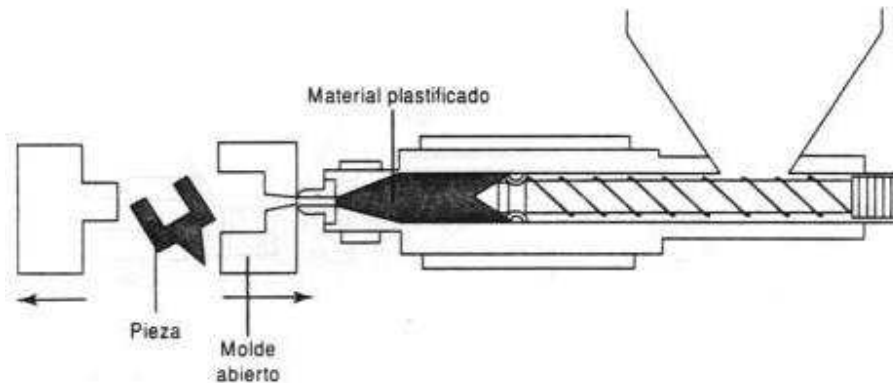
Figura 4. Plastificación del material



Fuente: Pagina web universidad de Antioquia, ciclo de inyección

El material dentro del molde se continúa enfriando en donde el calor es disipado por el fluido refrigerante. Una vez terminado el tiempo de enfriamiento, la parte móvil del molde se abre y la pieza es extraída.

Figura 5. Enfriamiento y extracción de la pieza



Fuente : Pagina web universidad de Antioquia, ciclo de inyección

El molde cierra y se reinicia el ciclo.

En cuanto al consumo de potencia en cada una de las etapas del ciclo, se observa que en el cierre del molde apenas se requiere la potencia necesaria para vencer la fricción generada al desplazar la placa móvil. La etapa de inyección necesita la potencia máxima durante un período muy corto. El desplazamiento de la unidad de inyección y la apertura del molde requieren muy poca potencia. En el siguiente diagrama se esquematiza el consumo de potencia durante el ciclo de inyección.

3.5 COLORES, SÍMBOLOS, FORMAS Y DIMENSIONES DE LAS SEÑALES DE SEGURIDAD Y DE MANDO

El sistema adoptado regido por la norma ANSI Z 535 , tiende a hacer comprender mediante las señales de seguridad, con la mayor rapidez posible, la información para la prevención de accidentes, riesgos o peligros a la salud, facilitar el entendimiento del mando de la maquina y también de circunstancias particulares como temperaturas, riesgos no perceptibles ocularmente, etc.

La rapidez y la facilidad de la identificación de las señales queda establecida por la combinación de los colores, con una imagen elocuente y con una definida forma geométrica, así como una leyenda explicativa, dictaminadas por la norma ANSI Z 535.

3.5.1. Definiciones⁷. Para el diseño de estas señales de seguridad y mando de la maquina se aplican las siguientes definiciones:

- Color de Contraste: Es el color que complementa al color de seguridad, mejora las condiciones de visibilidad de la señal y hace resaltar su contenido.
- Color de Seguridad: Color de características bien definidas, al que se le atribuye una significación determinada relacionada con la seguridad.
- Detalle crítico: Detalle sin el cual el símbolo no puede ser entendido.
- Información adicional: es el texto que acompaña a la señal de seguridad que orienta o explica mejor la orientación de la señal.
- Señalización: Es el conjunto de estímulos que condicionan la actuación del individuo que los recibe frente a unas circunstancias (riesgos, protecciones necesarias a utilizar, etc.), que se pretende resaltar.
- Señal de advertencia o precaución: Es la señal que advierte sobre un riesgo o un peligro.
- Señal de Información general: Es la señal que proporciona información sobre cualquier tema que no tenga que ver con seguridad.

⁷ [http://www2.iberdrola.es/DIEFI/928Norm.nsf/0/867a2b6d55dfa72bc125686b005a6c2f/\\$FILE/00-05-01\(1-0\)nw.pdf](http://www2.iberdrola.es/DIEFI/928Norm.nsf/0/867a2b6d55dfa72bc125686b005a6c2f/$FILE/00-05-01(1-0)nw.pdf)

- Señal de Obligación: Es la señal de seguridad que obliga al uso de implementos de seguridad personal.

- Señal de prohibición: Es la señal que prohíbe un comportamiento susceptible de provocar algún accidente y su mandato es total.

- Señal de seguridad: Señal que por la combinación de una forma geométrica y un color, proporciona una indicación general relativa a la seguridad y que, si se añade un símbolo gráfico o un texto, proporciona una indicación particular con respecto a la seguridad.

- Símbolo (pictograma): Es un dibujo o la imagen que describe una situación determinada, que indica información representativa, prohibición y que se utiliza en las señales de seguridad.

- Texto de seguridad: Son las palabras que acompañan a la señal de seguridad y le sirven de refuerzo.

3.6 QFD⁸

El despliegue de la función de calidad (o QFD, por sus siglas inglesas) es un método de diseño de productos y servicios que recoge las demandas y expectativas de los clientes y las traduce, en pasos sucesivos, a características técnicas y operativas satisfactorias. Luego de una introducción histórica, en este documento de trabajo ilustramos los conceptos principales del QFD, destacamos sus ventajas y damos recomendaciones de uso.

⁸ <http://ideas.repec.org/p/cem/doctra/234.html>. QFD: CONCEPTOS, APLICACIONES Y NUEVOS DESARROLLOS

El QFD se originó en el Japón en la década de 1960 y su metodología se consolidó y expandió geográficamente en las décadas siguientes. En el origen del QFD está la denominada matriz de la calidad, que es en esencia una tabla que relaciona la voz del cliente con los requerimientos que la satisfacen. La matriz de la calidad suele desplegarse para dar lugar a otras matrices que permiten hacer operativa a la voz del cliente. Las aplicaciones recientes del QFD trascienden a las industrias manufactureras y de los servicios y comprenden la formulación de la estrategia empresarial y el análisis organizacional en los sectores público y privado. También se están aplicando al QFD los conjuntos *fuzzy* y otros métodos refinados de las matemáticas.

Más allá de estos enfoques cuantitativos—cuya relevancia en las etapas iniciales de un programa de calidad comentamos—el QFD se caracteriza por su carácter cualitativo.

En las últimas décadas viene haciéndose notoria una tendencia de trabajo que, sin descuidar el análisis estadístico en las aplicaciones del marketing, presta especial atención a los elementos cualitativos, que permiten conocer mejor al cliente y contribuir a un tiempo al control de los costos: el QFD se inscribe en esta tendencia. Destacamos el valor integrador de la matriz de la calidad—núcleo del QFD—que, en un único gráfico, indica los requerimientos del cliente, establece las características técnicas capaces de satisfacerlos, y brinda la posibilidad de comparar el producto de la propia empresa con otros de la competencia. Pero este valor integrador no se reduce al aspecto gráfico, sino que influye sobre la organización en su conjunto; en efecto, gracias a la matriz de la calidad, los integrantes de áreas heterogéneas de la firma se forman una idea más acabada de las complejas relaciones que hacen al diseño de productos satisfactorios. De esta forma, se comprende mejor la importancia de los datos, se facilita el diálogo, se asignan prioridades, y se establecen métricas y objetivos armónicos—todo ello sin perder el contacto con el cliente y con los productos de los competidores.

El núcleo del QFD es un mapa conceptual que relaciona los requerimientos de los clientes (Que abreviamos RC) con las características técnicas (CT) necesarias para satisfacerlos. Estas relaciones se presentan en forma de una tabla elaborada llamada "matriz de la calidad" . Tomados en su conjunto, los RC definen la calidad de un producto y son las expresiones que los clientes utilizan para describir los productos y sus características deseables. Asociada con cada CT existe una métrica, que se usa para determinar el grado de satisfacción de los clientes con cada uno de sus requerimientos. Esta medida es fundamental para la mejora continua.

Los RC se indican en la dimensión vertical de la matriz de la calidad; las CT, en la horizontal. Tanto los primeros como las segundas suelen ser numerosos y se agrupan en varios niveles, según su grado de abstracción. Esta multiplicidad no es caprichosa. El gran número de los RC responde a las variadas dimensiones de la calidad^{vii} y la cantidad de las CT es consecuencia de la creciente complejidad tecnológica de los productos modernos.

Dado que no todas las CT contribuyen a conformar un RC dado, debe indicarse la relación entre las distintas combinaciones de RC y CT; esta relación se muestra en los cruces de las filas y columnas de la matriz, con símbolos que reflejan la intensidad del vínculo. Una adecuada comprensión de las relaciones entre RC y CT facilita el balance entre las demandas de los clientes con el potencial tecnológico de la empresa; este balance ejerce un impacto, finalmente, en la ecuación económica.

Figura 6. Matriz de calidad de un envase para un producto farmacéutico

Matriz de la calidad			P r i o r i d a d	Grado de estanqueidad de blíster	N° de veces que aparecen comprimidos foráneos	N° de lotes contaminados microbiológicamente	Grado de legibilidad fecha de vencimiento/ lote	N° de veces que aparecen blísters en estuche equivocado	Evaluación por el cliente	
									B	A
Consistencia con lo declarado en los entes de Salud Pública y con el bienestar de la población	Específico de la enfermedad para la cual dice tener acción terapéutica	Presenta sólo los comprimidos declarados	5	⊕						
		El granel se encuentra empacado en el packaging correcto	5		(VI)					
Las características organolépticas de la especialidad medicinal reafirman su eficacia terapéutica	Integridad de las características apreciables del medicamento	Aspecto higiénico	3		⊕					
		Sin deterioro alguno	2	⊕	⊕	⊕				
	Las características visibles del envase confirman los atributos del medicamento	Fecha de vencimiento / lote legible	4				⊕			
		Asegura inviolabilidad	3	⊕						
Valor objetivo de la característica técnica y sus unidades (IV)				100%	0 vez	0 lote	50 cm	0 vez		
Evaluación técnica de dos competidores (V)				A	100%	0	0	45 cm	0	
				B	99%	1	1	49 cm	1	
Ponderación total de cada característica técnica (VII)				9	45	5	38	45		

FUENTE : <http://dmasiunab.files.wordpress.com/2006/10/qfd.pdf>

3.6.1 Ventajas competitivas y fomento de la innovación. La clarificación de las CT no solo facilita el diseño de productos que respondan a los RC, sino que puede facilitar la detección de ventajas competitivas que merezcan ser explotadas y llevar a descubrir las falencias de los productos propios. En el mismo orden de ideas, con matrices de calidad más generales, el método fomenta la innovación en el diseño.

4. METODOLOGIA

4.1 MÉTODOS CON MARCO DE REFERENCIA LÓGICO⁹

Los métodos con marco de referencia lógico que motivan a un enfoque sistemático en el diseño se conocen comúnmente como 'métodos de diseño', a diferencia de las técnicas creativas. No obstante, estos métodos tienen objetivos similares a los de los métodos creativos, como ampliar el espacio de búsqueda de soluciones potenciales o facilitar el trabajo en equipo y la toma de decisiones en grupo. En consecuencia, no es necesariamente cierto que dichos métodos sean en cierta forma algo totalmente opuesto a los métodos creativos.

Tal vez el tipo más sencillo de método con marco de referencia lógico es la lista de verificación. Todo mundo utiliza este método en la vida diaria —por ejemplo, en la forma de una lista de compras, o una lista de las cosas que uno debe recordar hacer—. La lista exterioriza lo que se tiene que hacer, de manera que no sea necesario recordar todo mentalmente y para que no se pase por alto alguna cosa. La lista exterioriza el proceso haciendo un registro de puntos, los cuales pueden tacharse a medida que se recopilan o se logran, hasta que todo esté completo.

Las listas también permiten el trabajo en equipo o la participación de un grupo más amplio; por ejemplo, toda la familia puede hacer sugerencias para la lista de compras. También permiten la subdivisión de la tarea (es decir, mejorar la eficiencia del proceso), como la asignación de distintas secciones de la lista a diferentes miembros del equipo. En estos sentidos, la lista es un modelo para la mayoría de los métodos de diseño con marco de referencia lógico. En términos de diseño, una lista de verificación puede ser una lista de preguntas que deben

⁹ CROSS, Nigel. Métodos de Diseño. Estrategias para el Diseño de Productos. Editorial Limusa, S.A. Balderas 1995, México D.F. p. 54.

hacerse en las primeras etapas del diseño, una lista de características que deben incorporarse en el diseño, o una lista de criterios, normas, etc, que debe satisfacer el diseño final. Existe una amplia gama de este tipo de métodos de diseño, como se mostró en la larga lista anterior, que cubre todos los aspectos del proceso de diseño, desde la clarificación del problema hasta el diseño de detalles. Los siguientes siete capítulos presentan una selección de los métodos más relevantes y más ampliamente utilizados, cubriendo también todo el proceso de diseño. El conjunto seleccionado es el siguiente:

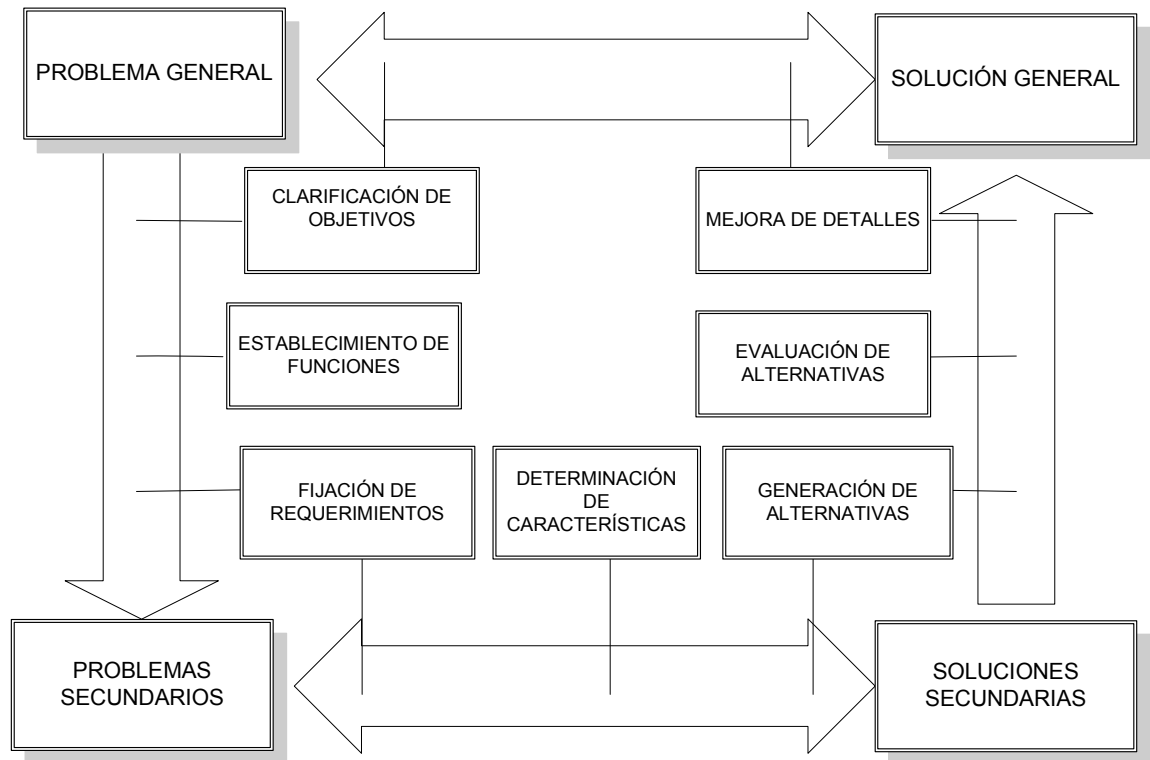
Cuadro 2. Métodos con marco de referencia lógico

ETAPA EN EL PROCESO DE DISEÑO	MÉTODO PERTINENTE PARA ESTA ETAPA
Clarificación de objetivos	Árbol de objetivos Finalidad: Clarificar los objetivos de diseño y los subobjetivos, así como las relaciones entre ellos.
Establecimiento de funciones	Análisis de funciones Finalidad: Establecer las funciones requeridas y los límites del sistema de un nuevo diseño.
Fijación de requerimientos	Especificación del rendimiento Finalidad: Hacer una especificación exacta del rendimiento requerido en una solución de diseño.
Determinación de características	Despliegue de la función de calidad Finalidad: Fijar las metas a alcanzar de las características de ingeniería de un producto, de manera que satisfagan los requerimientos del cliente.
Generación de alternativas	Diagrama morfológico Finalidad: Generar la gama completa de soluciones alternativas de diseño de un producto y, por lo tanto, ampliar la búsqueda de nuevas soluciones potenciales.
Evaluación de alternativas	Objetivos ponderados Finalidad: Comparar los valores de utilidad de las propuestas alternativas de diseño, con base en la comparación del rendimiento contra los objetivos diferencialmente ponderados.
Mejora de detalles	Ingeniería del valor Finalidad: Aumentar o mantener el valor de un producto para su comprador, reduciendo al mismo tiempo el costo para su productor.

Fuente: CROSS, Nigel. Métodos de Diseño. Estrategias para el Diseño de Productos. p. 55-56

La siguiente figura sugiere cómo se relacionan una con otra las etapas de diseño.

Figura 7. Las siete etapas del proceso de diseño colocadas dentro del modelo simétrico de problema /solución



Fuente: CROSS, Nigel. Métodos de Diseño. Estrategias para el Diseño de Productos. p. 56

4.1.1 Clarificación de objetivos¹⁰. Cuando un cliente, un patrocinador o un gerente de una compañía se acerca por primera vez a un diseñador para exponer la necesidad de contar con un producto, es poco probable que tal necesidad sea «presada con toda claridad. El cliente quizás sólo conoce el tipo de producto que desea y tiene muy poca idea de los detalles, o de las variantes que podrían ser posibles. O bien, la descripción de la necesidad podría ser aún más vaga: simplemente un "problema" que necesita una solución.

¹⁰ Ibid. p.59

Por lo tanto, el punto inicial de un diseño es casi siempre un problema mal definido, o un requerimiento relativamente vago. Sería bastante raro que a un diseñador se le hiciera un planteamiento completo y claro de lo que debe satisfacer el objeto a diseñar.

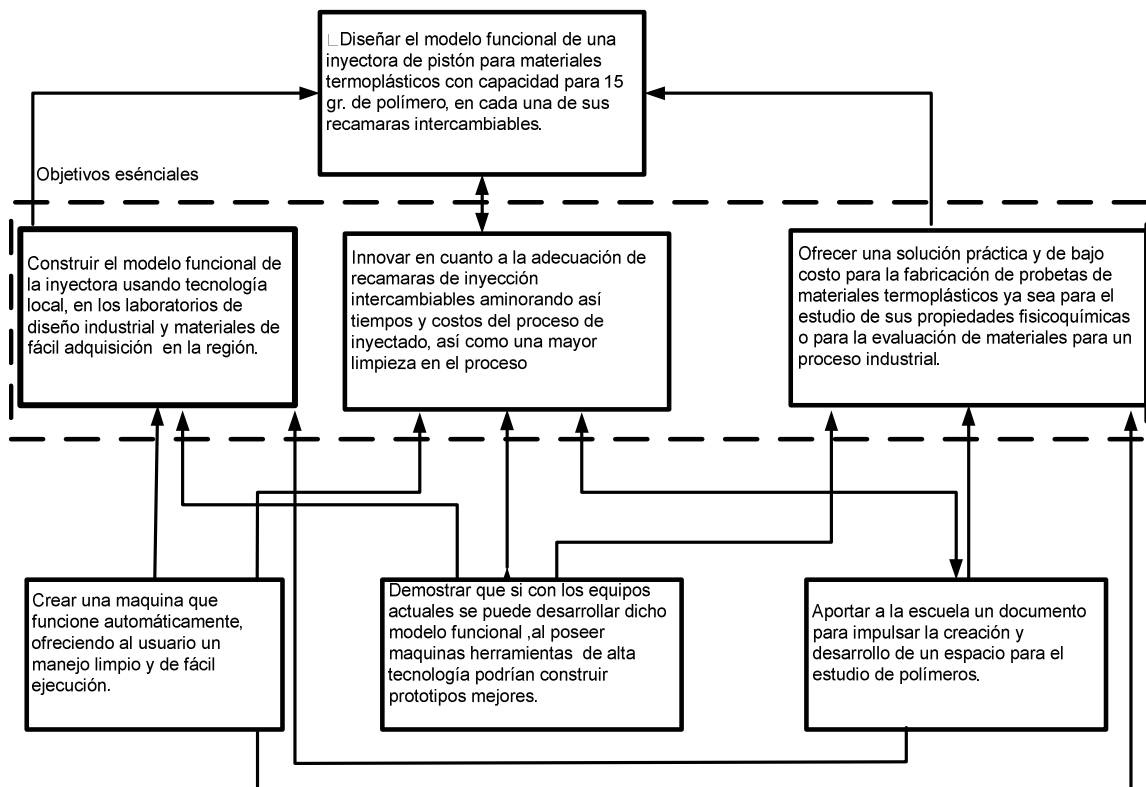
En consecuencia, un importante primer paso en el diseño es tratar de clarificar los objetivos del diseño. De hecho, en todas las etapas es muy útil buscar alcanzar un fin. Dicho fin es el conjunto de objetivos que la pieza diseñada debe satisfacer, aun cuando dichos objetivos puedan cambiar a medida que avanza el trabajo de diseño. Los objetivos iniciales e intermedios pueden cambiar, expandirse o contraerse, o verse alterados completamente a medida que el problema se entiende mejor y se desarrollan ideas de solución.

Así, es muy probable que tanto los "fines" como los "medios*" cambien durante el proceso de diseño. Sin embargo, como un auxiliar para controlar y manejar el proceso de diseño, es importante tener en todo momento un planteamiento de objetivos tan claro como sea posible. Este planteamiento deberá estar en una forma que se entienda fácilmente y acorde con lo que pretende lograr el cliente y el diseñador, o los diversos miembros del equipo de diseño. (¡Es sorprendente la frecuencia con la que ocurre que miembros de un mismo equipo tengan objetivos diferentes!).

El método del árbol de objetivos ofrece un formato claro y útil para el planteamiento. Muestra los objetivos y los medios generales para alcanzarlos; mediante un diagrama las formas se puede ver que los diferentes objetivos se relacionan entre ellos, con el patrón jerárquico de los objetivos y con los objetivos secundarios. El procedimiento para llegar a un árbol de objetivos ayuda a clarificar los objetivos y a que se llegue a un acuerdo entre el cliente, el gerente y los miembros del equipo de diseño.

Los objetivos de diseño también se denominan requerimientos del cliente, necesidades del usuario o propósito del producto. Cualquiera que sea el nombre que se les dé, son la mezcla de fines abstractos y concretos que el diseño debe tratar de satisfacer o alcanzar.

Figura 8. Imagen clarificación de objetivos basado en el ejemplo 1.



Fuente: CROSS, Nigel. Métodos de Diseño. Estrategias para el Diseño de Productos. p. 65

4.1.2 Establecimientos de funciones¹¹. En el método del árbol de objetivos se estudió que los problemas de diseño pueden tener muchos niveles de generalidad o detalle. Obviamente, es crucial el nivel de definición del problema por parte del

¹¹ Opcit. p. 75

diseñador o del interesado. Hay una gran diferencia entre diseñar un aparato telefónico y diseñar un sistema de telecomunicaciones.

El método del análisis de funciones. El punto de partida en este método consiste en concentrarse en lo que el nuevo diseño debe lograr y no en cómo se va a lograr. La forma básica más sencilla de expresar esto consiste en representar el producto o dispositivo a diseñar en una forma tan simple como una "caja negra" que convierte ciertas "entradas" en "salidas" deseadas. La "caja negra" contiene todas las funciones que son necesarias para convertir las entradas en las salidas.

Descomponer la función global en un conjunto de funciones secundarias esenciales. La conversión del conjunto de entradas en un conjunto de salidas es una tarea compleja dentro de la "caja negra", por lo que es necesario descomponerla en tareas o funciones secundarias. En realidad, no existe una forma objetiva y sistemática para esto: el análisis en funciones secundarias puede depender de factores tales como las clases de componentes disponibles para las tareas específicas la asignación necesaria o preferida de las funciones a las máquinas o a los operadores humanos, la experiencia del diseñador, etc.

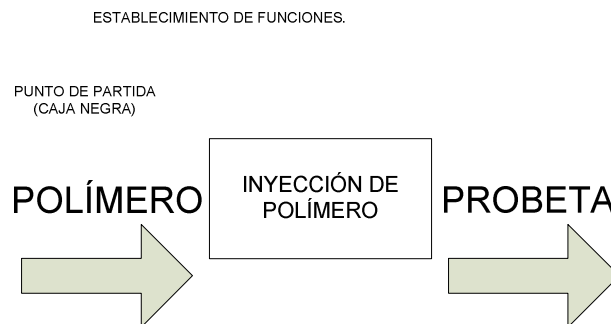
Cuando se especifican las funciones secundarias, conviene asegurarse de que todas ellas se expresen de la misma manera. Cada una deberá plantearse con un verbo y un sustantivo —por ejemplo, "amplificar señal", "contar artículos", "separar el desperdicio", "reducir el volumen—.

Como cada función secundaria tiene sus propias entradas y salidas, debe verificarse la compatibilidad de las mismas. También puede haber "funciones secundarias auxiliares" que deban agregarse, pero que no contribuyan directamente a la función general, como "eliminar el desperdicio".

- **Procedimiento**¹². Expresar la función general del diseño en términos de la conversión de entradas en salidas. Ver imagen caja negra.

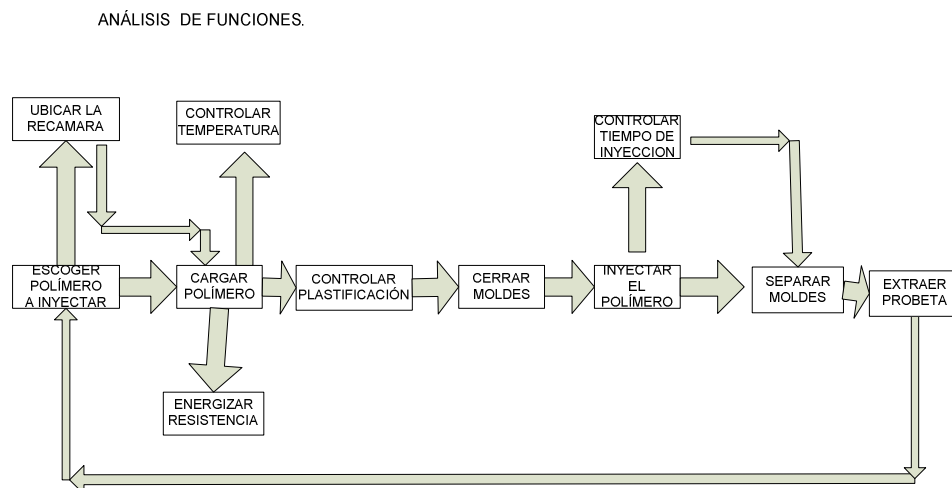
Descomponer la función general en un conjunto de funciones secundarias esenciales ver imagen caja transparente. Estas funciones secundarias comprenden todas las tareas que tienen que realizarse dentro de la “caja negra”.

Figura 9. Imagen caja negra



Fuente: Basado en ejemplo 3 CROSS, Nigel. Métodos de Diseño. Estrategias para el Diseño de Productos. p. 83

Figura 10. Imagen caja transparente basado en el ejemplo 3



Fuente: CROSS, Nigel. Métodos de Diseño. Estrategias para el Diseño de Productos. p. 83

¹² Ibid. p. 79

4.1.3 Fijación de requerimientos¹³. Los problemas de diseño siempre se plantean dentro de ciertos límites. Uno de los límites más importantes, por ejemplo, es el correspondiente al costo: lo que el cliente está preparado para gastar en una nueva máquina, o lo que puede esperarse que paguen los consumidores finales como precio de compra por un producto. Otros límites comunes pueden ser el tamaño o peso aceptable de una máquina; algunos otros serán requerimientos de rendimiento, como la potencia de un motor; algunos más podrían ser establecidos por aspectos legales o de seguridad.

Este conjunto de requerimientos comprende la especificación del rendimiento del producto o la máquina. Los planteamientos de los objetivos de diseño o funciones (como aquéllos que se derivan del método del árbol de objetivos o del de análisis de funciones) se consideran como especificaciones de rendimiento, aunque esto en realidad no es correcto, Los objetivos y las funciones son planteamientos de lo que debe lograr o hacer un diseño, pero normalmente no se establecen en términos de límites precisos, que es lo que hace una especificación de rendimiento.

- **Finalidad.** Hacer una especificación del rendimiento requerido en una solución de diseño.

- a. Establecer requerimientos de rendimientos breves y precisos para cada atributo.

- b. La columna D y d que se encuentra del lado derecho distingue entre demandas (D) y deseos (d) ver tabla de requerimientos

¹³ Ibid. p.87

Tabla 1. Tabla de requerimientos.

REQUERIMIENTOS DE USO	D y d
Cada elemento diseñado para esta inyectora no debe representar ningún riesgo físico latente al entrar en contacto con el usuario.	d
Los elementos de mando y controles deben presentar un lenguaje entendible y una fácil lectura para el correcto uso y mantenimiento por parte del usuario.	d
Los elementos desmontables de la inyectora deben ser de fácil acceso y manipulación tanto para el proceso como para su mantenimiento.	d
Con el diseño de la inyectora se tratara de evitar al máximo el esfuerzo del operario	D
Conveniencia	
Debe evitarse el contacto sobre áreas sensibles de la piel.	d
Debe permitir la visibilidad del proceso.	d
Seguridad	
Debe eliminarse elementos puntiagudos o cortantes que sobresalgan del sistema.	d
Debe controlarse la presión sobre los conductos.	d
Debe minimizarse la acumulación de agentes contaminantes	d
Reparación	
Debe considerarse la implementación de piezas estandarizadas, económicas y de fácil adquisición.	d
Manipulación	
Debe considerarse el tipo de dispositivos de control.	D
El sistema vendrá acompañado de un manual de operaciones	d
Debe considerarse la mejor manera de optimizar el proceso	D
Ergonomía	D
Debe considerarse la posición del usuario, para la activación del proceso.	
Percepción	
Debe considerarse el poder observar cómodamente el proceso demostrativo de inyección.	D
Debe considerarse elementos que identifiquen los sistemas de control.	d
Debe considerarse elementos, formas o colores que identifiquen una correcta secuencia de uso.	d
REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN	
Mecanismos	
Debe considerarse una adecuada sujeción entre las piezas.	D
Debe considerarse una presión uniforme entre las partes para la obtención de buenas piezas	D
Debe considerarse un calentamiento homogéneo del polímero	D
Debe considerarse el método de lógica de relevos para la automatización del proceso.	d
Confiabilidad	
Las partes que pueden generar un riesgo para el usuario ya sea por temperatura o presión, deben estar adecuadamente protegidas y ser de fácil identificación por parte del operario.	d
La maquina debe ser diseñada para presentar de una manera sencilla y con claridad el proceso de inyección, así como para la elaboración de pruebas de inyectado con probetas.	d
Durante la operación de la máquina el acceso al sistema será restringido al operario.	d
Los sistemas eléctricos y de potencia serán aislados para prevenir accidentes.	d

REQUERIMIENTOS DE USO	D y d
El proceso de inyectado de las probetas debe ser de fácil ejecución por el usuario, ya que es un proceso repetitivo y debe identificarse claramente cada uno de los pasos.	d
Resistencia	
Deben tenerse en cuenta el peso, las fuerzas de compresión, tensión, flexión.	d
Debe presentar una sensación de confiabilidad al usuario y confirmar su practicidad y seguridad en el momento del proceso.	D
La instalación de la inyectora debe ser sencilla por la naturaleza de la función demostrativa que va a tener, para permitir ser usada en diferentes lugares sin comprometer al usuario.	d
Serán utilizados materiales de bajo costo y de ser posible de proveedores locales.	d
REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES	
Numero de componentes	
Cada elemento debe ser diseñado y estudiado con un objetivo fijo para evitar incluir objetos de uso innecesario.	d
Debe reducirse al máximo el número de componentes contenidos en el sistema.	d
REQUERIMIENTOS TÉCNICO-PRODUCTIVOS	
Modo de producción	
Esta construcción se realizara usando tecnología local con base en unos planos y un diseño preestablecido	d
Los materiales de construcción se procurara que sean de fácil consecución en la región.	d
Se debe atender a las dimensiones estipuladas para cada material logrando el máximo aprovechamiento del material y así el menor desperdicio posible.	d
los materiales utilizados para la elaboración de la inyectora deberán ser resistentes al uso y función para el que fueron diseñados.	d
El modelo funcional de demostración será construido con base en el principio de funcionamiento del proyecto final con partes y procesos igualmente demostrativos	d
Cada pieza será diseñada y maquinada con tecnología local, en los talleres de diseño industrial y según su función algunos pasos estarán apoyados por la electrónica.	d
Normalización	
Debe considerarse las dimensiones y cantidades de las materias primas.	d
Debe ajustarse a las normas internacionales.	d
Estandarización	
Debe contemplarse la modulación de elementos del sistema.	d
REQUERIMIENTOS FORMALES	
Debe considerarse simplicidad en la forma.	d
Debe haber una relación proporcional entre las partes componentes.	d
El diseño formal de la inyectora debe ser innovador, equilibrado y cumplir claramente su función	d
Tanto los comandos, controles (de presión y temperatura), tableros y demás deben tener una coherencia lógica con el diseño final y ser de fácil lectura y manipulación por parte del usuario	d
El diseño formal final deberá ofrecer a la maquina un aspecto tecnológico y moderno.	d
Los elementos pueden ser asimétricos pero deben presentar equilibrio estructural para proyectar seguridad.	d

Fuente: Autores del proyecto

4.1.4 Determinación de características¹⁴. Determinar la especificación de un producto puede ser origen de conflictos y malentendidos entre los miembros de mercadotecnia e ingeniería del equipo de diseño. Esto por lo general se debe a que se concentran en diferentes interpretaciones acerca de lo que debe especificarse. Los gerentes y los investigadores de mercado tienden a concentrarse más en la especificación de los atributos deseables de un nuevo producto (casi siempre desde el punto de vista de los requerimientos del cliente), en tanto que los diseñadores y los ingenieros se concentran más en las características de ingeniería de un producto (generalmente en términos de sus propiedades físicas).

Basados en las demandas (que) del punto anterior se pudo establecer la forma de llegar a los como ver tabla de características del sistema.

Tabla 2. Característica del sistema

(que)	(como)
Evitar el esfuerzo del operario	Ventaja mecánica
Tipo de dispositivos de control.	Palancas o botones
Mejor manera de optimizar el proceso	Manual o automático
posición usuario, activación del proceso	Ubicación del sistema
Poder observar cómodamente el proceso demostrativo de inyección.	Ubicación del sistema
Adecuada sujeción entre las piezas.	Tipo de anclaje
Presión uniforme entre las partes para la obtención de buenas piezas	Tipo de cierre
Calentamiento homogéneo del polímero	Tipo de resistencia
Debe presentar una sensación de confiabilidad al usuario y confirmar su practicidad y seguridad en el momento del proceso.	Tipo de estructura

Fuente: Autores del proyecto

Definidos los como, por medio de una matriz de calidad se establecerán las características del sistema.

¹⁴ CROSS, p. 101

Para esta etapa de desarrollo se busco la mayor practicidad a la hora de tomar decisiones debido a la naturaleza del proyecto (**modelo funcional**). Para las herramientas de validación en la matriz de calidad se implemento un valor de uno (bajo) ,5 (medio), 10 (alto) para cada matriz se evaluarán los atributos del cliente y tendrá una limitante máxima de tres alternativas los atributos del producto.

- **Recolección de datos para los comos.** Para este paso de recolección de datos se realizaran una serie de encuestas descritas y elaboradas a continuación, basadas éstas en los comos obtenidos en el paso anterior.

- Ventaja mecánica

Objetivo principal: Conocer la importancia relativa para los usuarios de la ventaja mecánica.

Tipo de usuario: Cinco estudiantes de diseño industrial de la universidad industrial de Santander que hayan aprobado la materia de tecnología de materiales 5.

VER ANEXO 4. DETERMINACION DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA EL ESTUDIO .

Técnica utilizada: encuesta

Equipo: Para desarrollar el experimento se utilizarán papel y lápiz

Tiempo de experimento: Aproximadamente un minuto por usuario.

Procedimiento: Se les pidió a los encuestados que según la importancia relativa evaluaran la ventaja mecánica según su criterio. Cada una de las opciones allí presentadas, con 3 grados de importancia uno, cinco y diez que corresponde a bajo, medio, alto respectivamente.

Formato:

Cuadro 3. Formato para recolección de datos

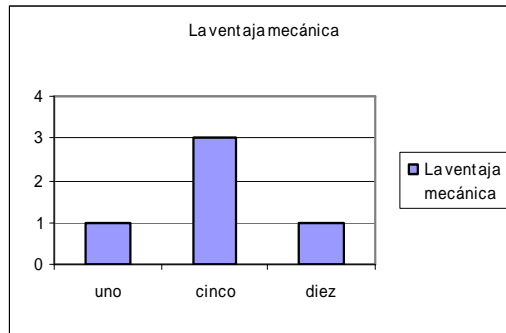
Test de evaluación para la herramienta de validación de la ventaja mecánica.		
Usando los sgtes. valores 1, 5 y 10 que representan la importancia relativa de los siguientes ítems, evalúe		
La ventaja mecánica		
1	5	10
Utilización de recursos existentes		
1	5	10
Costo de los equipos		
1	5	10
Peso		
1	5	10
Esfuerzo del operario		
1	5	10
Sujeción de la resistencia a la recámara.		
1	5	10

Fuente: Autores del proyecto

- Análisis de resultados:

Pregunta 1: para los encuestados la importancia relativa de la ventaja mecánica debe ser de cinco.

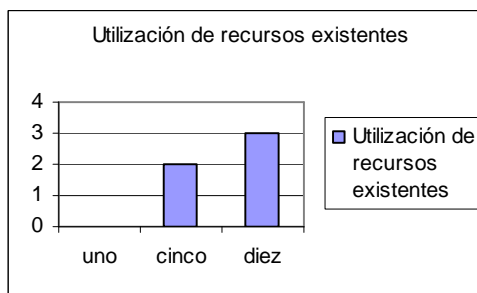
Gráfica 1. Ventaja mecánica



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta dos: para los encuestados la importancia relativa para la utilización de recursos existentes debe ser de diez

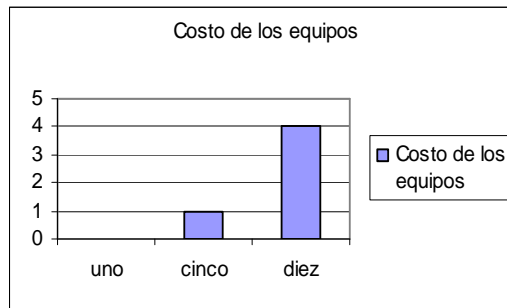
Gráfica 2. Utilización de recursos existentes de la ventaja mecánica



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta tres: para los encuestados la importancia relativa del costo de los equipos debe ser de diez.

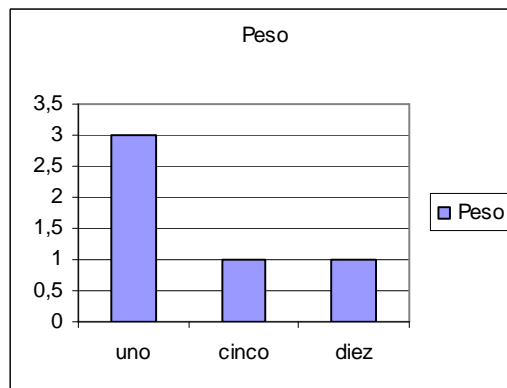
Gráfica 3. Costo de los equipos de la ventaja mecánica



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta 4: para los encuestados la importancia relativa del peso debe ser de uno

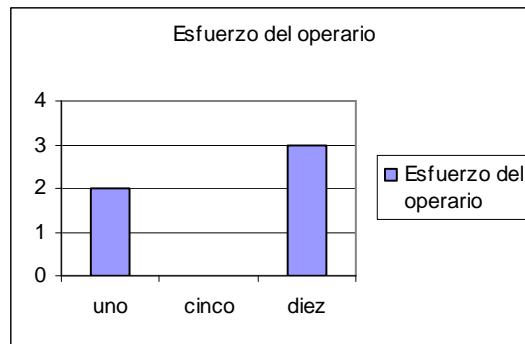
Gráfica 4. Peso de la ventaja mecánica



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta 5: para los encuestados la importancia relativa del esfuerzo del operario debe ser de diez.

Gráfica 5. Esfuerzo del operario ventaja mecánica



Fuente: Autores del proyecto

- **Dispositivos de mando y control**

- Objetivo principal: Conocer la importancia relativa para los dispositivos de mando y control.
- Tipo de usuario: Cinco estudiantes de diseño industrial de la universidad industrial de Santander que hayan aprobado la materia de tecnología de materiales 5.
- Técnica utilizada: encuesta
- Equipo: Para desarrollar el experimento se utilizarán papel y lápiz
- Tiempo de experimento: Aproximadamente un minuto por usuario.

- Procedimiento: Se les pidió a los encuestados que según la importancia relativa evaluaran los dispositivos de mando y control, según su criterio. Cada una de las opciones allí presentadas, con 3 grados de importancia uno, cinco y diez que corresponde a bajo, medio, alto respectivamente.

- Formato:

Cuadro 4. Test de evaluación para los dispositivos de mando y control

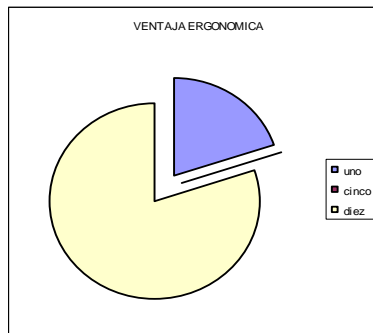
Test de evaluación para los dispositivos de mando y control. Usando los sgtes. valores 1, 5 y 10 que representan la importancia relativa de los siguientes ítems, evalúe		
Ventaja Ergonomica		
1	5	10
Accesibilidad		
1	5	10
Usabilidad		
1	5	10
Confiabilidad de ejecución de tarea		
1	5	10
Funcionalidad para la tarea		
1	5	10

Fuente: Autores del proyecto

- Análisis de resultados

Pregunta 1: para los encuestados la importancia relativa de la ventaja ergonómica debe ser de diez.

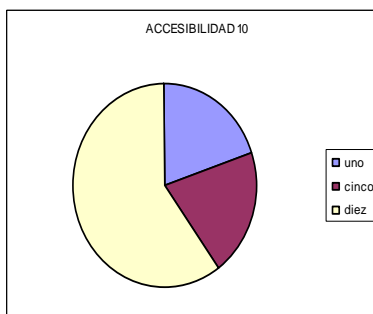
Gráfica 6. Ventaja ergonómica



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta dos: para los encuestados la importancia relativa de la accesibilidad debe ser de diez

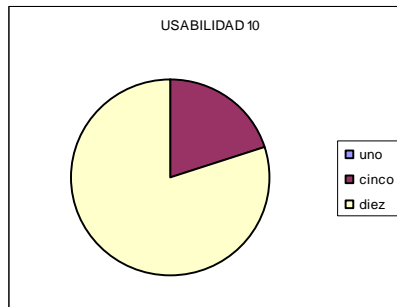
Gráfica 7. Ventaja ergonómica. Accesibilidad 10



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta tres: para los encuestados la importancia relativa de la usabilidad debe ser de diez.

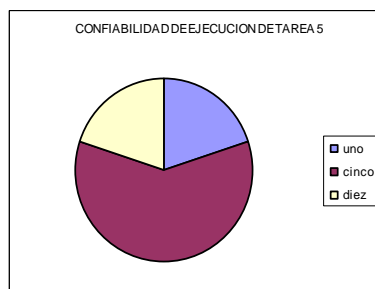
Gráfica 8. Ventaja ergonómica. Usabilidad 10



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta cuatro: para los encuestados la importancia relativa de la ejecución de la tarea debe ser de cinco

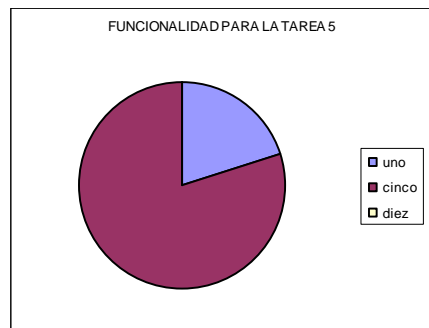
Gráfica 9. Ventaja ergonómica. Confiabilidad de ejecución de tareas



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta cinco: para los encuestados la importancia relativa de la funcionalidad de la tarea debe ser de cinco

Gráfica 10. Ventaja ergonómica. Funcionalidad para las tareas



Fuente: Autores del proyecto

- **Cambio de polímero**

- Objetivo principal: Conocer la importancia relativa para el cambio de polímero.
- Tipo de usuario: Cinco estudiantes de diseño industrial de la universidad industrial de Santander que hayan aprobado la materia de tecnología de materiales 5.
- Técnica utilizada: encuesta
- Equipo: Para desarrollar el experimento se utilizarán papel y lapiz
- Tiempo de experimento: Aproximadamente un minuto por usuario.
- Procedimiento: Se les pidió a los encuestados que según la importancia relativa evaluaran el cambio de polímero, según su criterio. Cada una de las opciones allí presentadas, con 3 grados de importancia uno, cinco y diez que corresponde a bajo, medio, alto respectivamente.

- Formato:

Cuadro 5. Test de evaluación para la herramienta de validación del cambio del polímero

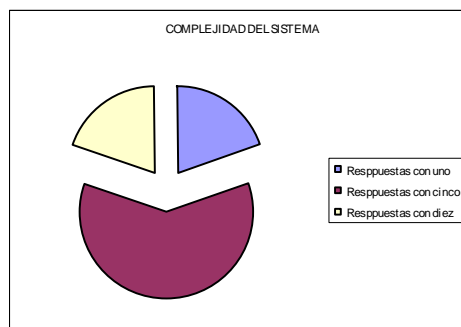
Test de evaluación para la herramienta de validación del cambio del polímero		
Usando los sgtes. valores 1, 5 y 10 que representan la importancia relativa de los siguientes ítems, evalúe		
COMPLEJIDAD DEL SISTEMA		
1	5	10
INNOVACION		
1	5	10
CAPACIDAD DE AUTOMATIZACION		
1	5	10
DESARROLLO A BAJO COSTO		
1	5	10
COMPLEJIDAD ELECTRONICA Y ELECTRICA		
1	5	10

Fuente: Autores del proyecto

- Análisis de resultados

Pregunta 1: para los encuestados la importancia relativa de la complejidad del sistema debe ser de cinco.

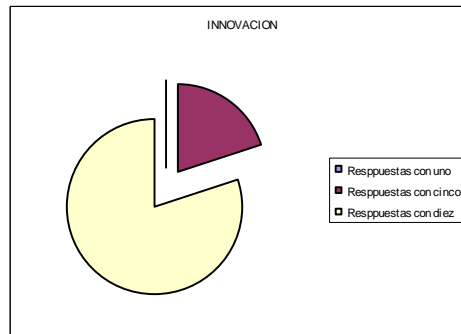
Gráfica 11. Complejidad del sistema



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta dos: para los encuestados la importancia relativa de la innovación debe ser de diez

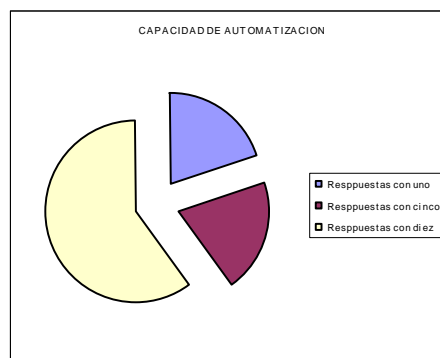
Gráfica 12. Complejidad del sistema. Innovación



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta tres: para los encuestados la importancia relativa de la capacidad de automatización debe ser de diez.

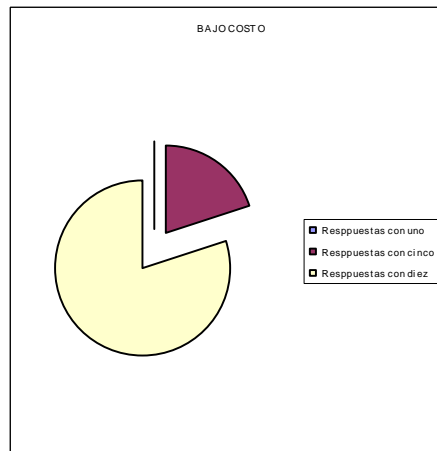
Gráfica 13. Complejidad del sistema. Capacidad de automatización



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta 4: para los encuestados la importancia relativa del desarrollo a bajo costo debe ser de diez.

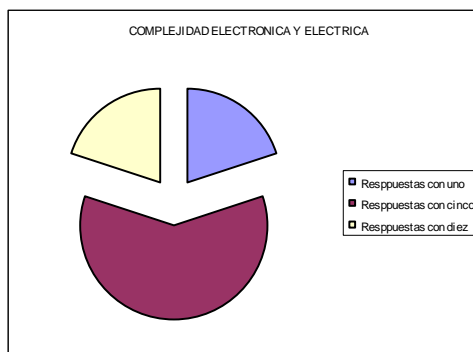
Gráfica 14. Complejidad del sistema. Bajo costo



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta 5: para los encuestados la importancia relativa de la complejidad electrónica y eléctrica debe ser de cinco.

Gráfica 15. Complejidad del sistema. Complejidad electrónica y eléctrica



Fuente: Autores del proyecto

- **Posición de la maquina**

- Objetivo principal: Conocer la importancia relativa de la posición de la maquina.

- Tipo de usuario: Cinco estudiantes de diseño industrial de la universidad industrial de Santander que hayan aprobado la materia de tecnología de materiales 5.
- Técnica utilizada: encuesta
- Equipo: Para desarrollar el experimento se utilizarán papel y lápiz
- Tiempo de experimento: Aproximadamente un minuto por usuario.
- Procedimiento: Se les pidió a los encuestados que según la importancia relativa evaluaran la posición de la maquina, según su criterio. Cada una de las opciones allí presentadas, con 3 grados de importancia uno, cinco y diez que corresponde a bajo, medio, alto respectivamente.
- Formato:

Cuadro 6. Test de evaluación para la herramienta de validación de la posición de la inyectora.

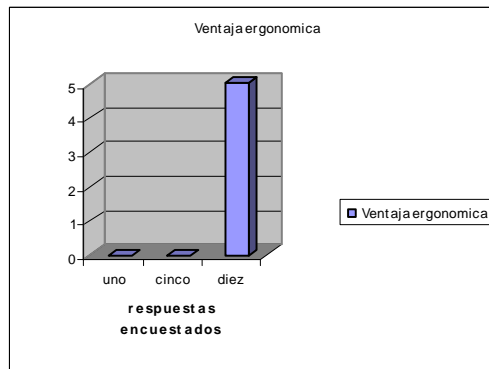
Test de evaluación para la herramienta de validación de la posición de la inyectora. Usando los sgtes. valores 1, 5 y 10 que representan la importancia relativa de los siguientes ítems, evalúe		
VENTAJA ERGONÓMICA		
1	5	10
ESTABILIDAD		
1	5	10
USABILIDAD		
1	5	10
VISUALIZACIÓN DEL PROCESO		
1	5	10
ACCESIBILIDAD EN CUALQUIER MOMENTO DE LA OPERACIÓN		
1	5	10

Fuente: Autores del proyecto

- Análisis de resultados

Pregunta 1: para los encuestados la importancia relativa de la ventaja ergonómica debe ser de diez.

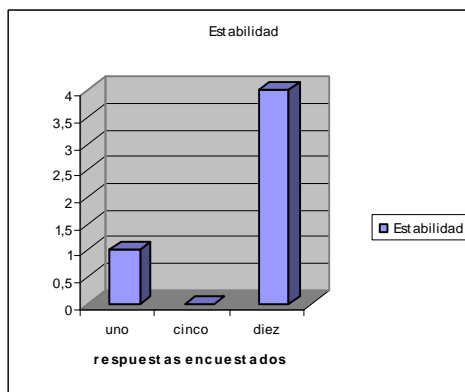
Gráfica 16. Ventaja ergonómica



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta dos: para los encuestados la importancia relativa de la estabilidad debe ser de diez

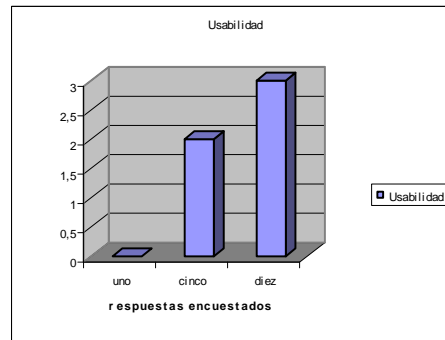
Gráfica 17. Ventaja ergonómica. Estabilidad



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta tres: para los encuestados la importancia relativa de la usabilidad debe ser de diez.

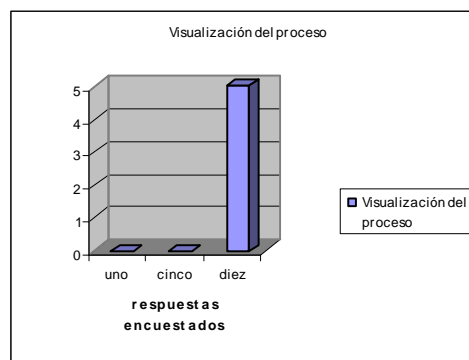
Gráfica 18. Ventaja ergonómica. Usabilidad



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta 4: para los encuestados la importancia relativa de la visualización del proceso debe ser de diez.

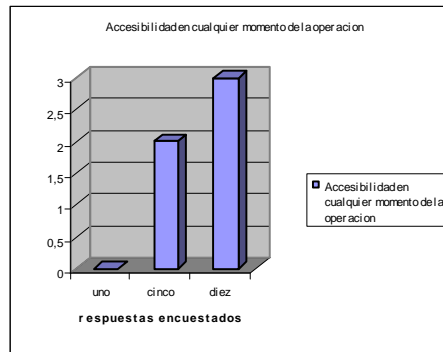
Gráfica 19. Ventaja ergonómica. Visualización del proceso



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta 5: para los encuestados la importancia relativa de la accesibilidad en cualquier momento de la operación debe ser de diez.

Gráfica 20. Ventaja ergonómica. Accesibilidad en cualquier momento de la operación



Fuente: Autores del proyecto

- **Tipos de anclaje.** Objetivo principal: Conocer la importancia relativa del tipo de anclaje.

- Tipo de usuario: Cinco estudiantes de diseño industrial de la universidad industrial de Santander que hayan aprobado la materia de tecnología de materiales 5.

- Técnica utilizada: encuesta

- Equipo: Para desarrollar el experimento se utilizarán papel y lápiz.

- Tiempo de experimento: Aproximadamente un minuto por usuario.

- Procedimiento: Se les pidió a los encuestados que según la importancia relativa evaluaran el tipo de anclaje que debe existir en la máquina según su criterio. Cada una de las opciones allí presentadas, con 3 grados de importancia uno, cinco y diez que corresponde a bajo, medio, alto respectivamente.

- Formato:

Cuadro 7. Test de evaluación para la herramienta de validación del tipo de anclaje

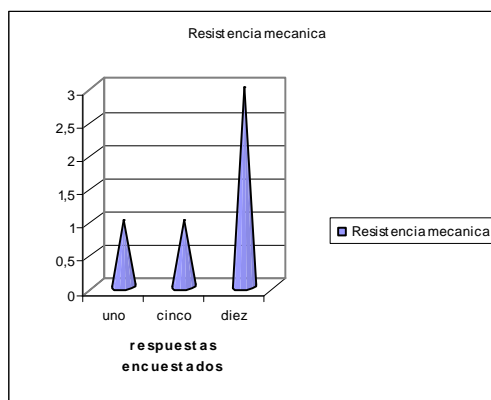
Test de evaluación para la herramienta de validación del tipo de anclaje. Usando los sgtes. valores 1, 5 y 10 que representan la importancia relativa de los siguientes ítems, evalúe		
Resistencia mecánica		
1	5	10
Facilidad de instalación		
1	5	10
Mantenimiento de la maquina		
1	5	10
Costo de fabricación.		
1	5	10
Ventaja en intercambio de componentes		
1	5	10

Fuente: Autores del proyecto

- Análisis de resultados:

Pregunta 1: para los encuestados la importancia relativa de la resistencia mecánica debe ser de diez.

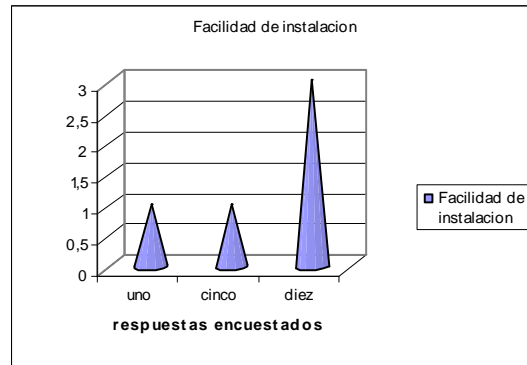
Gráfica 21. Resistencia mecánica



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta dos: para los encuestados la importancia relativa de la facilidad de instalación debe ser de diez

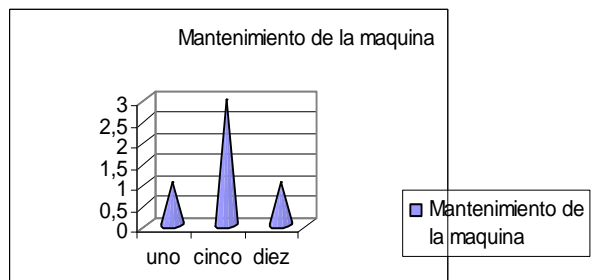
Gráfica 22. Resistencia mecánica. Facilidad de instalación



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta tres: para los encuestados la importancia relativa de la mantenimiento de la maquina debe ser de cinco.

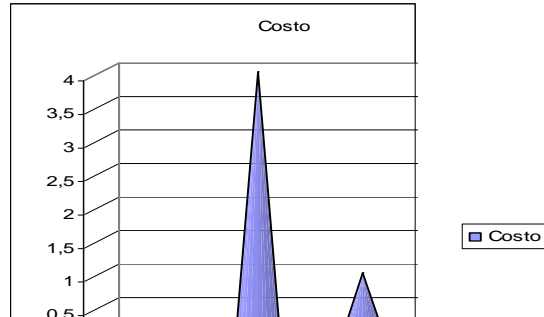
Gráfica 23. Resistencia mecánica, mantenimiento de la máquina



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta 4: para los encuestados la importancia relativa del costo de producción debe ser de cinco.

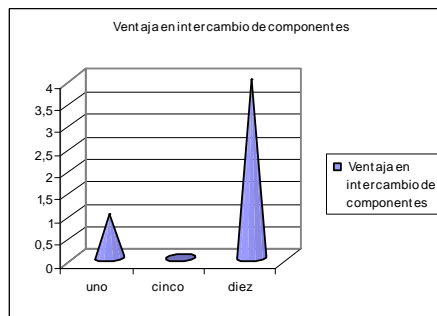
Gráfica 24. Resistencia mecánica. Costo



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta 5: para los encuestados la importancia relativa de la ventaja en intercambio de componentes debe ser de diez.

Gráfica 25. Resistencia mecánica. Ventaja en intercambio de componentes



Fuente: Autores del proyecto

- **Tipos de cierre**

- Objetivo principal: Conocer la importancia relativa del tipo de cierre.

- Tipo de usuario: Cinco estudiantes de diseño industrial de la universidad industrial de Santander que hayan aprobado la materia de tecnología de materiales 5.

- Técnica utilizada: encuesta
- Equipo: Para desarrollar el experimento se utilizarán papel y lapiz
- Tiempo de experimento: Aproximadamente un minuto por usuario.
- Procedimiento: Se les pidió a los encuestados que según la importancia relativa evaluaran el tipo de cierre que debe existir en la maquina según su criterio. Cada una de las opciones allí presentadas, con 3 grados de importancia uno, cinco y diez que corresponde a bajo, medio, alto respectivamente.
- Formato:

Cuadro 8. Test de evaluación para la herramienta de validación del tipo de cierre

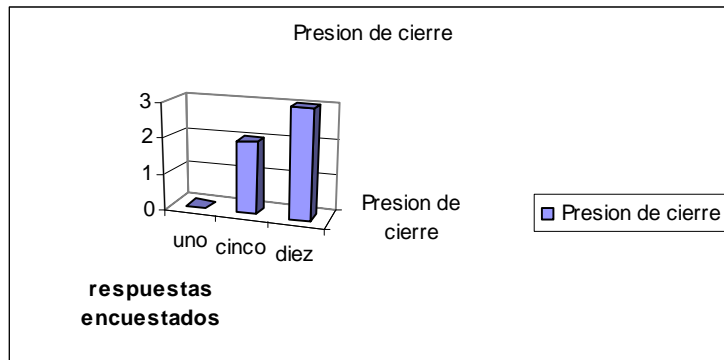
Test de evaluación para la herramienta de validación del tipo de cierre.		
Usando los sgtes. valores 1, 5 y 10 que representan la importancia relativa de los siguientes ítems, evalúe		
Presión de cierre.		
1	5	10
Estabilidad		
1	5	10
Resistencia del mecanismo		
1	5	10
Costo de fabricación.		
1	5	10
Esfuerzos sufridos por las barras		
1	5	10

Fuente: Autores del proyecto

- Análisis de resultados:

Pregunta 1: para los encuestados la importancia relativa de la presión de cierre debe ser de diez.

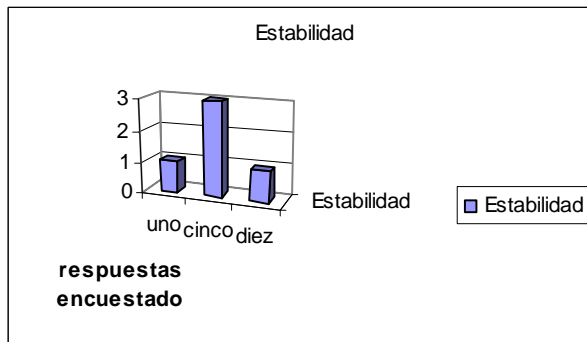
Gráfica 26. Presión de cierre



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta dos: para los encuestados la importancia relativa de la estabilidad debe ser de cinco.

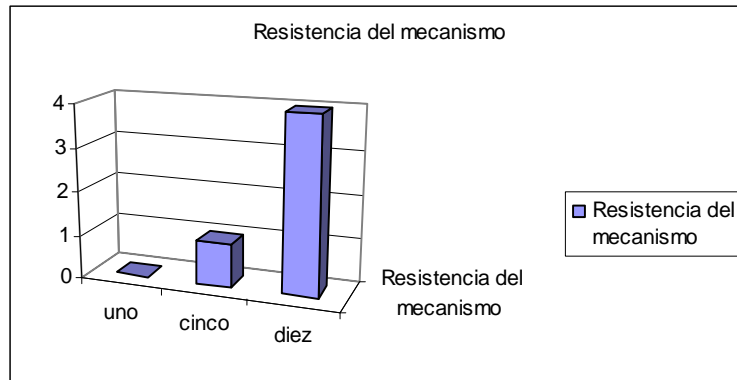
Gráfica 27. Presión de cierre. Estabilidad



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta tres: para los encuestados la importancia relativa de la resistencia del mecanismo debe ser de diez.

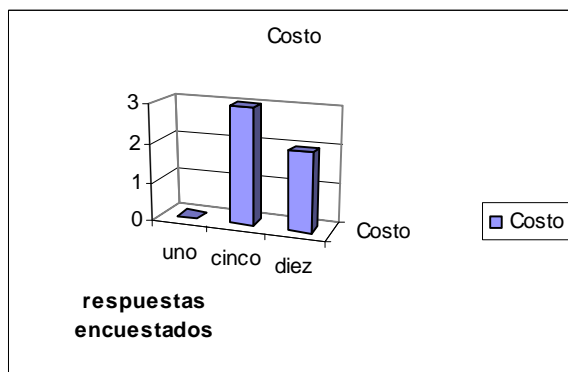
Gráfica 28. Presión de cierre. Resistencia del mecanismo



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta 4: para los encuestados la importancia relativa del costo de fabricación debe ser de cinco.

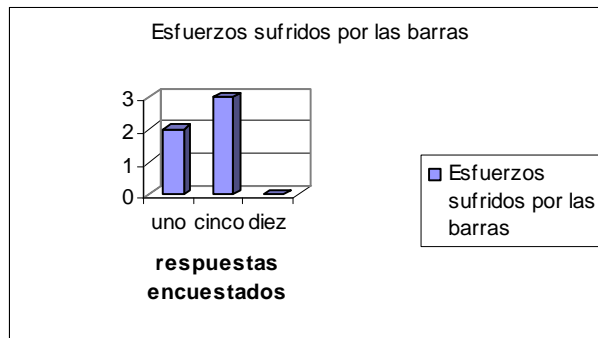
Gráfica 29. Presión de cierre. Costo



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta 5: para los encuestados la importancia relativa del esfuerzo sufrido por las barras debe ser de cinco.

Gráfica 30. Presión de cierre. Esfuerzos sufridos por las barras



Fuente: Autores del proyecto

- **Tipos de resistencia.**

- Objetivo principal: Conocer la importancia relativa del tipo de resistencia.
- Tipo de usuario: Cinco estudiantes de diseño industrial de la universidad industrial de Santander que hayan aprobado la materia de tecnología de materiales 5.
- Técnica utilizada: encuesta
- Equipo: Para desarrollar el experimento se utilizarán papel y lapiz
- Tiempo de experimento: Aproximadamente un minuto por usuario.
- Procedimiento: Se les pidió a los encuestados que según la importancia relativa evaluaran el tipo de resistencia que debe existir en la maquina según su criterio. Cada una de las opciones allí presentadas, con 3 grados de importancia uno, cinco y diez que corresponde a bajo, medio, alto respectivamente.

- Formato:

Cuadro 9. Test de evaluación para la herramienta de validación de las resistencias

Test de evaluación para la herramienta de validación de las resistencias. Usando los sgtes. valores 1, 5 y 10 que representan la importancia relativa de los siguientes ítems, evalúe		
seguridad-usuario en el calentamiento		
1	5	10
Sujeción de la resistencia a la superficie		
1	5	10
Facilidad de Instalación		
1	5	10
Transmisión de calor homogénea		
1	5	10
Tamaño de la resistencia		
1	5	10

Fuente: Autores del proyecto

- Análisis de resultados:

Pregunta 1: para los encuestados la importancia relativa de la seguridad-usuario en el calentamiento debe ser de cinco

Gráfica 31. Seguridad usuario en el calentamiento



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta dos: para los encuestados la importancia relativa de la sujeción de la resistencia a la superficie debe ser de diez

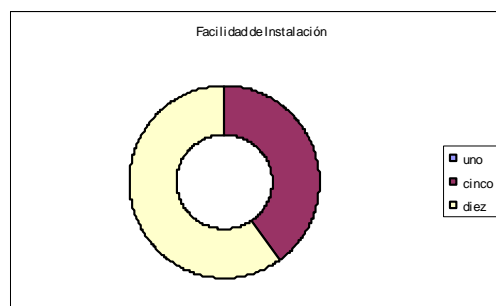
Gráfica 32. Sujeción de la resistencia a la superficie



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta tres: para los encuestados la importancia relativa de la facilidad de instalación debe ser de diez.

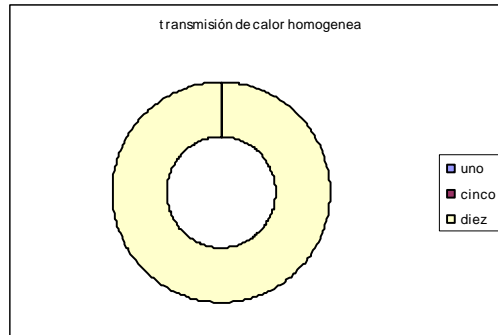
Gráfica 33. Facilidad de instalación



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta 4: para los encuestados la importancia relativa de transmisión de calor homogénea debe ser de diez.

Gráfica 34. Transmisión de calor homogénea



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta 5: para los encuestados la importancia relativa del tamaño de la resistencia debe ser de cinco.

Gráfica 34. Tamaño de la resistencia



Fuente: Autores del proyecto

- **Perfil estructural**

- Objetivo principal: Conocer la importancia relativa del perfil estructural.

- Tipo de usuario: Cinco estudiantes de diseño industrial de la universidad industrial de Santander que hayan aprobado la materia de tecnología de materiales 5.
- Técnica utilizada: encuesta
- Equipo: Para desarrollar el experimento se utilizarán papel y lapiz
- Tiempo de experimento: Aproximadamente un minuto por usuario.
- Procedimiento: Se les pidió a los encuestados que según la importancia relativa evaluaran el perfil estructural que debe existir en la maquina según su criterio. Cada una de las opciones allí presentadas, con 3 grados de importancia uno, cinco y diez que corresponde a bajo, medio, alto respectivamente.
- Formato:

Cuadro 10. Test de evaluación para la herramienta de validación del perfil estructural

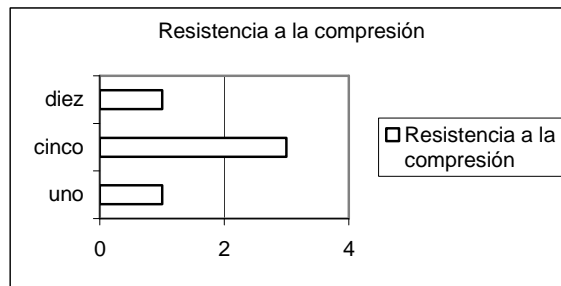
Test de evaluación para la herramienta de validación del perfil estructural.		
Usando los sgtes. valores 1, 5 y 10 que representan la importancia relativa de los siguientes ítems, evalúe		
Resistencia a la compresión		
1	5	10
Bajo costo del perfil		
1	5	10
Estabilidad		
1	5	10
Facilidad de maquinado		
1	5	10
Menor peso		
1	5	10

Fuente: Autores del proyecto

- Análisis de resultados:

Pregunta 1: para los encuestados la importancia relativa de la resistencia a la compresión debe ser de cinco.

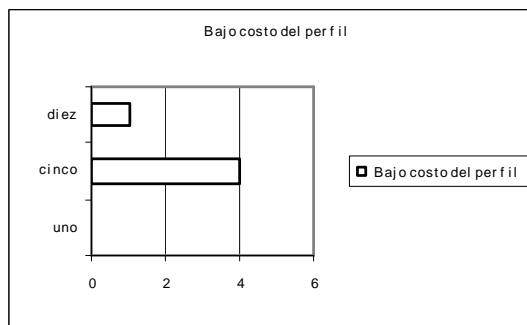
Gráfica 35. Resistencia a la compresión



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta dos: para los encuestados la importancia relativa del bajo costo del perfil debe ser de cinco

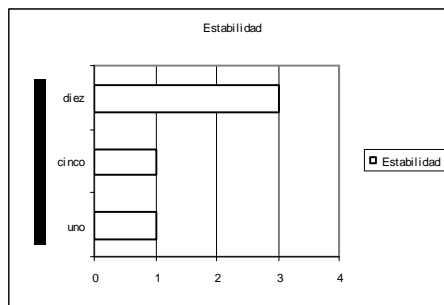
Gráfica 36. Bajo costo del perfil



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta tres: para los encuestados la importancia relativa de la estabilidad debe ser de diez.

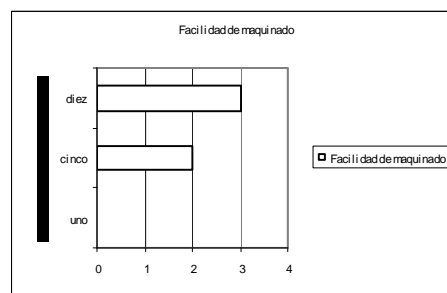
Gráfica 37. Estabilidad



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta 4: para los encuestados la importancia relativa de la facilidad de maquinado debe ser de diez.

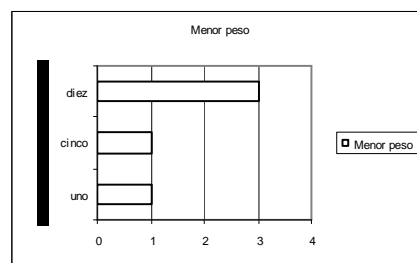
Gráfica 38. Facilidad de maquinado



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta 5: para los encuestados la importancia relativa del menor peso que debe tener el perfil debe ser de diez.

Gráfica 39. Menor peso



Fuente: Autores del proyecto

4.1.5 Generación de alternativas¹⁵. La generación de soluciones es, por supuesto, el aspecto esencial y central del diseño. Ya sea que uno lo vea como un acto misterioso de creatividad o como un proceso lógico de solución de problemas, todo el propósito del diseño es hacer una propuesta de algo nuevo — algo que todavía no existe—.

Mucho de lo que se escribe y se enseña en el diseño se centra, por lo tanto, en productos o máquinas nuevas, que parecen surgir de manera espontánea de la mente del diseñador. Sin embargo, esto pasa por alto el hecho de que la mayor parte de los diseños son en realidad una variante o una modificación de un producto que ya existe. Los clientes y los consumidores finales, por lo general, prefieren las mejoras a las innovaciones.

Al Conocer que las características genéricas (los que) esenciales para la inyectora de polímeros son : ver tabla de características genéricas.

Cuadro 11. Características genéricas

(los que)
Evitar el esfuerzo del operario
Tipo de dispositivos de control.
Mejor manera de optimizar el proceso
posición usuario, activación del proceso
Poder observar cómodamente el proceso demostrativo de inyección.
Adecuada sujeción entre las piezas.
Presión uniforme entre las partes para la obtención de buenas piezas
Calentamiento homogéneo del polímero
Debe presentar una sensación de confiabilidad al usuario y confirmar su practicidad y seguridad en el momento del proceso.

Fuente: Autores del proyecto

¹⁵ Ibid. p.115.

Se planteo una gran gama de posibilidades mediante un diagrama morfológico ver tabla generación de alternativas. El cálculo de las posibles combinaciones o soluciones en este diagrama es de 864.000 diseños posibles de inyectora de polímeros termoplásticos. Algunas de estas combinaciones no son soluciones practicas o viables económicamente y la elección de la alternativa es basada entre otros, por los objetivos del proyecto como por ejemplo que se construirá un modelo funcional.

Otras razones para elegir la alternativa mas adecuada es que:

- Debe construirse en los talleres de diseño industrial
- Con las maquinas herramientas existentes en los talleres de Diseño Industrial.
- Debe tenerse en cuenta por reducción de costos los elementos disponibles en los talleres como válvulas y dispositivos de control.
- La disponibilidad del tiempo y horario de trabajo.

Tabla 3. Generación de alternativas

característica	medio	medio	medio	medio	medio	medio
1. Fuerza de inyección	Levas	Impacto	Manivela Biela corredera	Neumático	hidráulico	
2. Cierre entre placas	Levas	En H	En T	directo	Manivela Biela corredera	
3. Sujeción de componentes	remaches	Tornillos	soldadura	adhesivos		
4. Intercambio de polímero	Tambor	brazo	Por caja intercambiabl e	Recamara Ajustadas por pines		
5. Ubicación posición	Horizontal	vertical	Inclinada			
6. Estructura-perfil	En doble c	En T	En C	platina		
7. Transmisión de calor	Barras	Espiral	Abrazadera	gas	Gasolina	acpm
8. ejecución del proceso	Pulsador	palancas				
9. control del proceso	Presencial	Automático por plc	Control remoto directo por pc			
10. límites de movimiento	Final de carrera ballesta.	Final de carrera inductivo	Final de carrera capacitivo	Final de carrera óptico	Final de carrera foto celdas	

Fuente: Autores del proyecto

4.1.6 Evaluación de alternativas¹⁶. Una vez que se han planteado una serie de diseños alternativos, el diseñador enfrenta el problema de seleccionar el mejor. En varios puntos del proceso de diseño, quizás también deban tomarse decisiones sobre soluciones secundarias alternativas o características alternativas y su posible incorporación en el diseño final. En consecuencia, la elección entre diferentes alternativas es una característica común de la actividad de diseño.

¹⁶ CROSS, p.131

La elección puede hacerse con base en conjeturas, intuición, experiencia, o tomando una decisión arbitraria.

La alternativa elegida fue:

Características:

1. Fuerza de inyección neumática
2. Cierre entre placas: en H
3. Sujeción de componentes: tornillos
4. Intercambio de polímero: tambor
5. Ubicación – posición: Horizontal
6. Estructura- perfil: en c
7. Transmisión de calor: abrazadera
8. ejecución del proceso: por pulsador
9. control del proceso: presencial
10. límites de movimiento: final de carrera de ballesta

4.1.7 Mejora de detalles¹⁷. Una buena cantidad del trabajo de diseño en la práctica no tiene que ver con la creación de conceptos de diseño radicalmente nuevos, sino con modificaciones a diseños de productos existentes. Las modificaciones buscan mejorar un producto —mejorar su rendimiento, reducir su peso, reducir su costo, mejorar su apariencia, etc. —. Todas estas modificaciones generalmente pueden clasificarse en uno de dos tipos: las que buscan incrementar el valor para el comprador o las que buscan reducir el costo para el productor.

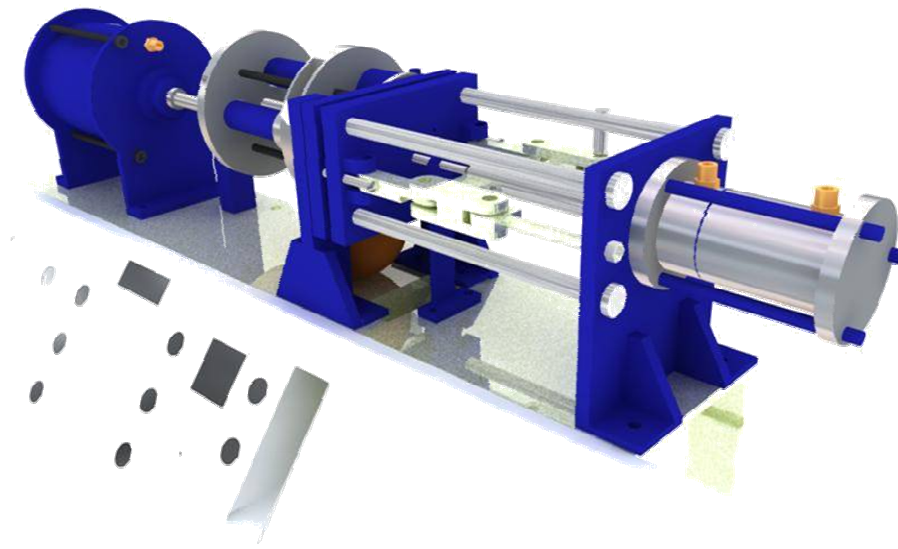
Como mejora de detalles los autores plantean crear el prototipo de la inyectora.

¹⁷ Ibid. p.155

5. FUNCIONAMIENTO

Después de conocer la alternativa seleccionada junto con sus características se visualizo una imagen mas precisa en el programa 3d max Studio. Ver imagen montaje previo en 3d max Studio.

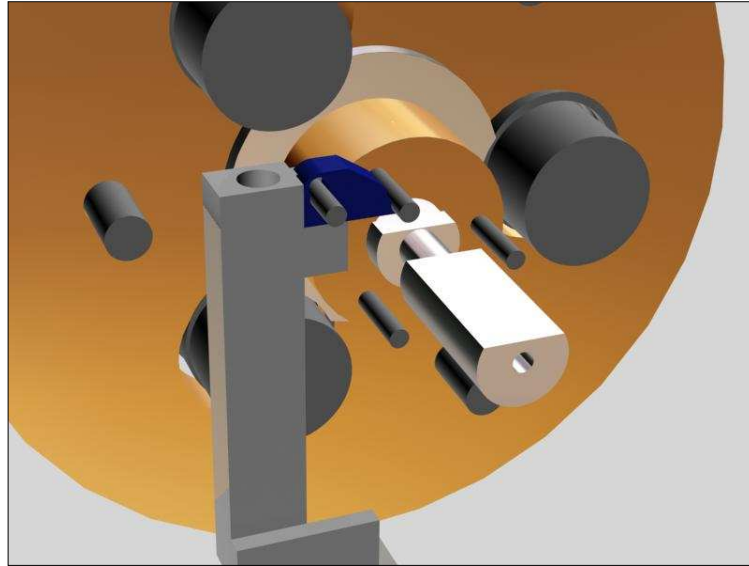
Figura 19. Montaje previo en 3d max studio



Fuente: Autores del proyecto

El primer paso es ubicar la recamara deseada en posición para ello se utilizara el tan conocido mecanismo de trinquete ver figura mecanismo de trinquete este mecanismo funciona así: al salir el eje del cilindro el trinquete empuja la leva haciendo rotar el tambor

Figura 20. Mecanismo de trinquete



Fuente: Autores del proyecto

El segundo paso es cargar el polímero para ello un cilindro dentro de la tolva da un giro de 360 grados, este cilindro posee una abertura por donde ingresa el polímero al recorrer el cilindro 180 grados, cuando termina el giro por gravedad los pellets pasan al acumulador e ingresan en el tambor. Ver imagen carga de recámara

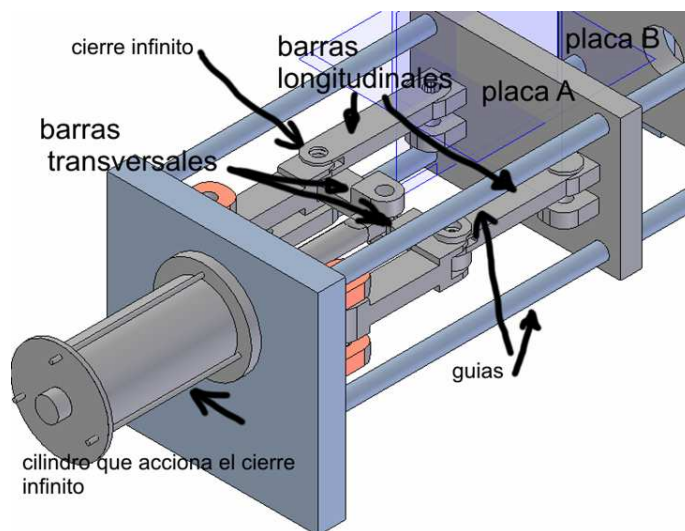
Figura 21. Carga de recamara



Fuente: Autores del proyecto

El tercer paso es activar el mecanismo de cierre infinito (ver figura cierre infinito.) se activa cuando el cilindro sale y empuja las barras transversales, estas alinean las barras longitudinales, haciéndose el cierre infinito, y empujando la placa porta molde A con la placa porta molde B. la placa se desplaza sobre las 4 guías

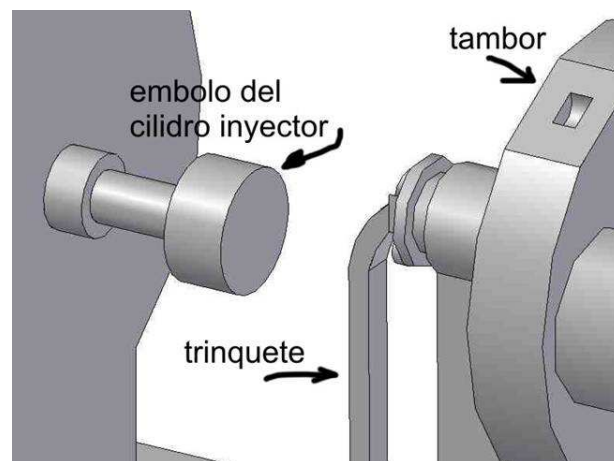
Figura 22. Cierre infinito



Fuente: Autores del proyecto

El tercer paso es inyectar el polímero, funciona activando el cilindro inyector, el cual con su embolo se inserta en el tambor, presionando el pistón y efectuando por consiguiente la inyección. ver figura cilindro inyector.

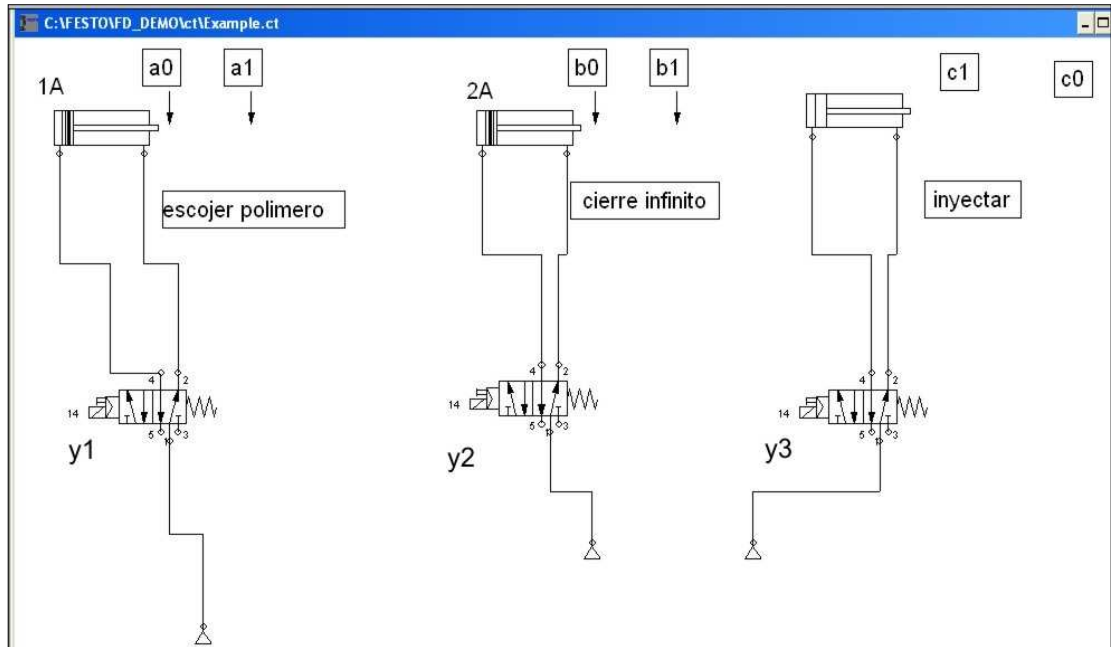
Figura 23. Cilindro inyector



Fuente: Autores del proyecto

Para definir el funcionamiento electro neumático de la inyectora, podría decirse que es en un principio tres cilindros que se encuentran retraídos y los finales de carrera a0, b0, c0 se encuentran cerrados al ejecutarse y1 que es la electro válvula 5/2, conmuta, se abre el final de carrera a0 y sale el embolo hasta que toca a1, simultáneamente se conmuta y2 y sale el segundo embolo, b0 se abre y se cierra b1, simultáneamente se ejecuta y3, se abre c0 y el embolo sale hasta tocar c1, el cual inmediatamente se devuelve abriéndose c1 y cerrándose c0, cuando se retrae el cilindro, luego se cae y2, se abre b1 hasta cerrarse b0 y se cae y1, se abre a1 hasta cerrarse a0, y así queda listo el sistema para iniciar nuevamente ver figura circuito neumático

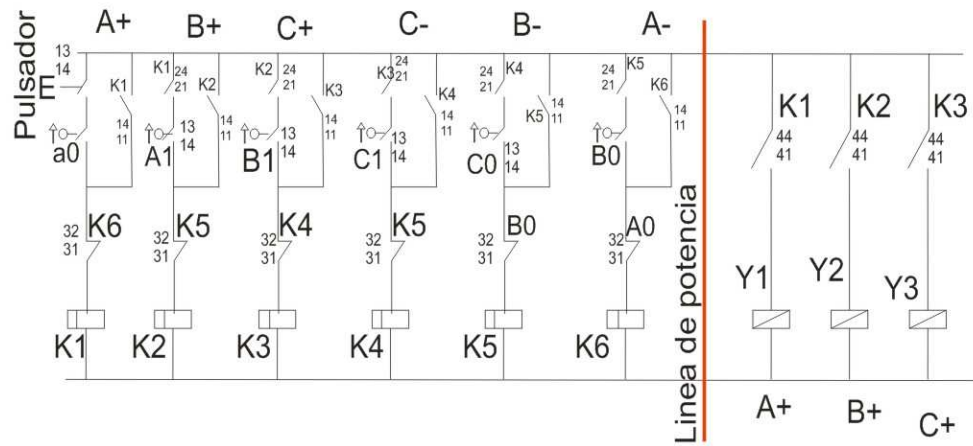
Figura 24. Circuito neumático



Fuente: Autores del proyecto

En la figura se aprecia el circuito electro neumático, + se le denominara a la corriente eléctrica, al presionar el pulsador + pasa por a0, por el relevo cerrado k6 y conmuta k1 se memoriza k1, y sale el embolo hasta que toca a1 quien al cerrarse deja pasar a + por k5 y conmuta k2, se memoriza k2, sale el embolo hasta que toca b1, quien al cerrarse deja pasar a + por k4 y conmuta k3, se memoriza k3, sale el embolo hasta que toca c1, quien deja pasar a + por k5 y conmuta k4, tumbando a k3, al devolverse el embolo y cerrarse c0, este deja pasar a + por b0 y conmuta k5 tumbando a k2 , al devolverse el embolo y cerrarse b0, este deja pasar a + por a0 y conmuta k56 tumbando a k1, y así se reinicia el ciclo. Ver figura Figura Circuito electro neumático.

Figura 25. Circuito electroneumatico.



Fuente: Autores del proyecto

6. USABILIDAD

La usabilidad es una medida empírica y relativa acerca de lo fácil, rápido y agradable que es utilizar un determinado producto o servicio, es decir, al grado en el que el diseño de un objeto facilita o dificulta su manejo. Un test de usuarios formal nos obligaría a alquilar un local (laboratorio) adecuado, contratar a evaluadores especializados, así como a delegar en alguna empresa la selección y reclutamiento de los participantes de la prueba¹⁸.

Elaboración de un informe

Todo lo que se haya observado y anotado durante la prueba, debe ser resumido y sintetizado en un informe final. El informe debería incluir qué problemas de usabilidad tiene la inyectora y algunas indicaciones o sugerencias para solucionarlos¹⁹.

6.1 ESTUDIO DE USABILIDAD DE LA INYECTORA DE PROBETAS

Desde su idea y diseño inicial la inyectora de probetas ha sido concebida para mantener una interacción con el usuario lo mas lógica y sencilla posible, con un diseño fácil de leer, con un mecanismo de funcionamiento autómata que le reducirá muchos esfuerzos al operario, así como con un panel de control y dispositivos de mando sencillos, simples y muy lógicos.

En este aspecto, la inyectora se creo como una maquina de un diseño sobrio pero moderno usando una serie de elementos como mecanismos, pistones, sistemas eléctricos, electrónicos, y en si su misma estructura y presentación exterior (carcaza) lo que le da al usuario una imagen de un producto tecnológico,

¹⁸ <http://www.elampatu.com.ar/contenidoN.php?idnoticia=22>

¹⁹ <http://www.nosolousabilidad.com>

confiable, de gran precisión y utilidad, apoyado en esto los colores limpios y sólidos que se han escogido para su presentación genera una apariencia de asepsia, facilidad, tranquilidad y simpleza en el momento de generar la interacción usuario-inyectora.

6.2 USABILIDAD DE OPERACIÓN Y CONTROL DE LA MAQUINA.

Este aspecto esta basado en el comportamiento del usuario frente al panel de control y a las tareas de operación de la inyectora.

El panel de control ha sido diseñado de una manera simple que facilite la lectura y operación por parte del usuario apoyado con colores y dispositivos adecuados para este fin, Se ha tomado en cuenta que la simpleza de un sistema de control, llámese panel de control en esta inyectora, se baso en el modelo mental del usuario y el diseñador y en la rapidez, confiabilidad y poca ambigüedad que ofrezca al usuario en el momento de la toma de decisiones, y de activación de alguna tarea, para esto se ha procurado seguir un orden lógico de lectura del panel, respetando los paradigmas tradicionales (arriba- abajo, izquierda - derecha), ubicando los dispositivos previamente seleccionados de una manera simple y lógica para el usuario, cumpliendo con los parámetros de accesibilidad y facilidad de uso, escogiendo como dispositivo general aquellos cuya acción sea la de pulsar ya que es al movimiento mas fácil y de menor esfuerzo en la activación de tareas de control en una maquina, Así mismo, el dispositivo de ajuste de temperaturas (pirómetro), también han sido seleccionados de una manera que no presente ambigüedad a la hora de interactuar con este, y que sea de fácil manejo y comprensión al usuario.

Todo esto permitirá a la persona que opere la maquina hacerlo de una forma simple, agradable, asimilable, (teniendo en cuenta que esta inyectora debe ser

manejada por personas entrenadas en el tema y la tarea), y con un factor importante, como es la fácil recordación y simpleza en la toma de decisiones.

En cuanto a las tareas operativas, se reducen casi al mínimo por ser la inyectora un sistema automático, con lo cual disminuye así la carga mental del operario y el riesgo que este pueda tener, todo apoyado por las medidas de seguridad y señalización adecuada y normalizada que permita una fácil comprensión de lo que se debe y no se debe hacer por parte del usuario²⁰.

6.3 MANUAL DE USO

Según ISO/IEC 9241 la usabilidad esta definida como: "Usabilidad es la eficiencia y satisfacción con la que un producto permite alcanzar objetivos específicos a usuarios específicos en un contexto de uso específico"²¹

Basados en esto los objetivos del manual de uso son:

- La inyectora debe tener un adecuado lenguaje visual
- Una correcta secuencia de uso
- Debe existir información suficiente en panel de control para el correcto funcionamiento de la inyectora

Y los usuarios específicos son:

- Estudiantes de diseño industrial de la universidad industrial de Santander que hayan aprobado la materia de tecnología de materiales 5, porque es en esta materia donde se conocen los polímeros y los procesos de obtención y transformación de los mismos.
- Los usuarios deben tener visión 20/20.
- No deben ser discapacitados.

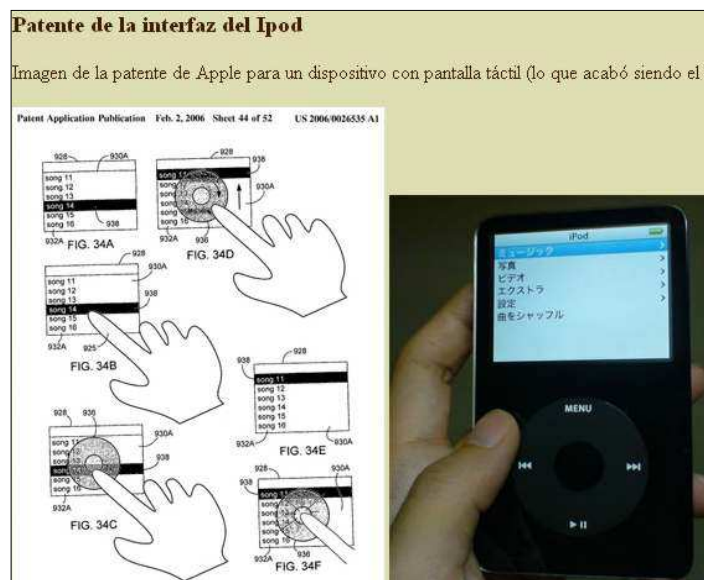
²⁰ <http://www.uiah.fi/projects/metodi/258.htm>

²¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Usabilidad>

Los objetivos se podrán conseguir a través de un correcto manual de uso, el cual debe indicarle al usuario clara y ordenadamente, la forma correcta de operar la inyectora.

Así que el siguiente paso es desarrollar el manual de uso, basado en el diagrama de flujo que contiene las actividades o tareas que se deben realizar, para que la maquina funcione, para ello se utilizó la metodología de card sorting del profesor Jorge Andrés Toro, metodología altamente aplicada por grandes compañías.

Figura 26. Imagen uso del ipod



Fuente <http://griho.udl.es/ipo/fotos.html> - <http://www.cardzort.com>,

Esta metodología básicamente consiste en

- Categorizar las tareas a realizar por palabras
- Anotar cada palabra en una tarjeta

Para cada usuario:

- Mezclar las tarjetas y hacer que el usuario organice las tarjetas en categorías,

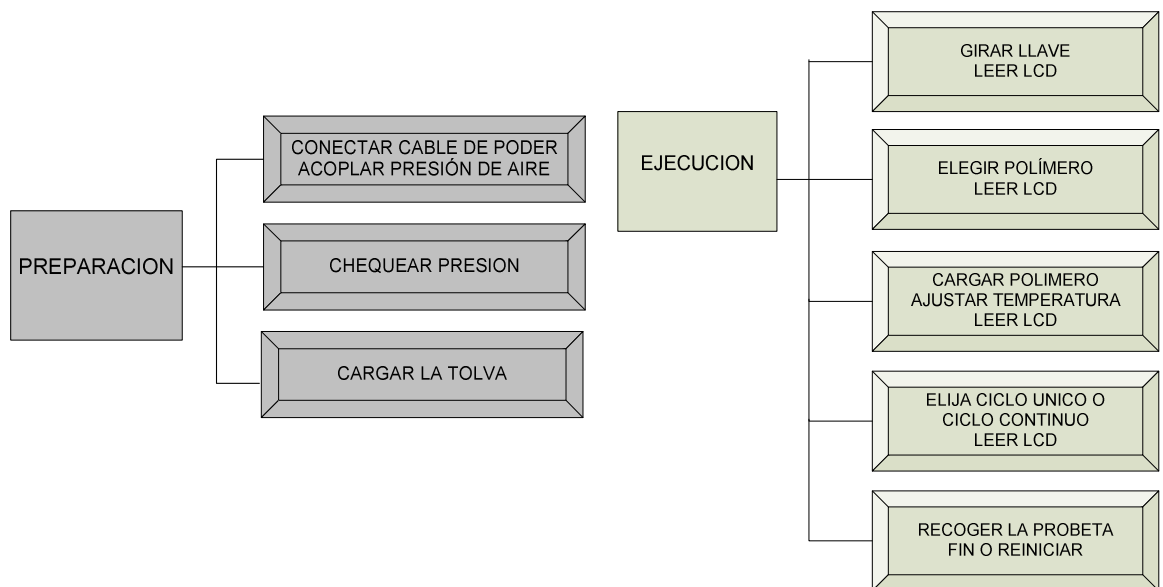
estas categorías son el modelo mental del diseñador de cómo funciona la inyectora.

- El modelo mental de funcionamiento de los diseñadores debe corresponder a la organización de las tarjetas que se le dieron a los usuarios a ordenar, para que el modelo mental sea valido, no debe existir un error mayor al 30%.

MODELO MENTAL DEL AUTOR

Se presenta el modelo mental de funcionamiento de la inyectora de los autores ver “Modelo mental de uso del autor”.

Figura 27. Modelo mental de uso del autor



Fuente: Autores del proyecto

6.3.1 Prueba piloto de Card Sorting

- Objetivo principal: Conocer si el modelo mental del autor acerca de las tareas para operar la inyectora coincide con el de los usuarios.

- Tipo de usuario:
 - Cinco estudiantes de diseño industrial de la universidad industrial de Santander que hayan aprobado la materia de tecnología de materiales 5.
 - Los usuarios deben tener visión 20/20.
 - No deben ser discapacitados

- Técnica utilizada: card sorting

- Equipo: Para desarrollar el experimento se utilizarán las tarjetas con las palabras del modelo mental de funcionamiento de la inyectora del autor.

- Tiempo de experimento: Aproximadamente tres minutos por usuario.

- Procedimiento: Se les pidió a los usuarios que categorizaran las palabras por 2 grupos y tareas. Ver Imagen prueba piloto de card sorting

Figura 28. Imagen prueba piloto de card sorting



Fuente: Autores del proyecto

- Resultados de la prueba:

Tabla 4. Prueba piloto de card sorting

sujeto	cumple	No cumple
Usuario A	X	
Usuario B	X	
Usuario C	X	
Usuario D		X
Usuario E	X	

Fuente: Autores del proyecto

- Análisis de resultados. Se observó en los resultados de la prueba piloto un 80% de coincidencia entre el modelo mental autor–usuario. Es claro que se puede plantear el manual de uso basados en estos resultados.

Se considero como propuesta alterna de los diseñadores presentar una prueba piloto de card sorting, de las tareas para controlar la inyectora, con imágenes claras de los pasos a seguir esta idea surge de la iniciativa de crear un manual de uso con un aspecto visual mas atractivo y dinámico, donde en las tarjetas hay dibujos de las operaciones y no verbos.

6.3.2 Prueba piloto de Card Sorting 2

- Objetivos principales:
 - Conocer si es necesaria y suficiente la información en las tareas a ordenar
 - Conocer si el aspecto visual es claramente identificable en cada una de las tareas de las tarjetas.

- Tipo de usuario:
 - Cinco estudiantes de diseño industrial de la universidad industrial de Santander que hayan aprobado la materia de tecnología de materiales 5.
 - Los usuarios deben tener visión 20/20.
 - No deben ser discapacitados.

- Técnica utilizada: card sorting

- Equipo: Para desarrollar el experimento se utilizarán las tarjetas con las imágenes visuales del modelo mental de funcionamiento de la inyectora del autor.

- Tiempo de experimento: Aproximadamente tres minutos por usuario.

- Procedimiento: Se les pidió a los usuarios que categorizaran las imágenes por grupos y tareas.

Figura 29. Prueba piloto de card sorting 2



Fuente: Autores del proyecto

Esta prueba piloto arrojó los siguientes resultados.

- Resultados del experimento

Tabla 5. Prueba piloto de card sorting 2

sujeto	targeta	información necesaria y suficiente	Son claramente identificables
Usuario A		si	si
Usuario B		si	si
Usuario C		si	si
Usuario D		si	si
Usuario E		si	si

Fuente: Autores del proyecto

- Análisis de resultados: Se observó en los resultados de la prueba piloto 2 una coincidencia exacta entre el modelo mental autor –usuario. Es claro que el manual de uso debe ser hecho con imágenes por tener una mejor aceptación por parte del usuario.
- Propuesta del manual de usuario. La propuesta del manual de uso consiste en brindarle al usuario información para la correcta manipulación de la inyectora, este manual es un plegable de 4 secciones por cada lado de la hoja. Cada uno de estos pasos equivale a cada una de las tareas en el modelo mental del autor. Ver imagen propuesta del manual de uso.

Figura 30. Propuesta del manual de uso



Fuente: Autores del proyecto

6.3.3 Evaluación del manual de uso

- Objetivos principales:
 - Conocer el tiempo que consume el usuario desde el momento en que lee el manual, hasta el momento de iniciar el proceso.
 - Conocer las sugerencias de los usuarios para el mejoramiento del manual.
 - Comprobar si los usuarios cumplen con la correcta secuencia de uso para manipular la inyectora a través del manual y manipulando la inyectora.

- Tipo de usuario:
 - Estudiantes de diseño industrial de la universidad industrial de Santander que hayan aprobado la materia de tecnología de materiales 5.
 - Los usuarios deben tener visión 20/20.
 - No deben ser discapacitados.

- Técnica utilizada: para este experimento fue necesario utilizar un instrumento de recolección de datos tipo encuesta.

- Equipo: Para desarrollar el experimento se utilizarán el manual de uso propuesto, el modelo funcional de la inyectora, papel y lápiz.

- Tiempo de experimento: Aproximadamente 15 minutos por usuario.

- Procedimiento: Se les pidió a los usuarios que usaran el manual de uso y operaran la máquina.

Cuadro 12. Recolección de datos

Nombre _____
1) el usuario cumple con la correcta secuencia de uso para manipular la inyectora a través del manual y manipulando la inyectora.si.....no.
2) el tiempo que consume el usuario desde el momento en que lee el manual, hasta el momento de inicia el proceso.....
3) Sugerencias de los usuarios para el mejoramiento del manual.

Fuente: Autores del proyecto

- Análisis de resultados: Se puede apreciar que en un 100 % que todos los usuarios entendieron el manual de uso y manipularon correctamente la inyectora.

El tiempo promedio que consume el usuario desde el momento en que lee el manual, hasta el momento de inicia el proceso es de 1 minuto.

Entre las sugerencias mas importantes de los usuarios se encuentran.

- Pasar los iconos de información a la pagina dos.
- Las imágenes deberían ser un poco mas grandes.
- Debe indicar el tiempo que demora calentando las resistencias.
- Debería acompañar algún texto las imágenes
- El icono indicador de esperar en el paso 9 debería ser un reloj de arena.

6.3.4 Propuesta final del manual de uso. Atendiendo a las sugerencias de los usuarios el manual de uso definitivo de la inyectora de polímeros termoplásticos es: ver manual de uso final de la inyectora.

Cuadro 13. Manual de uso final de la inyectora.

FIGURA	DESCRIPCION
 <p>INYECTORA DE POLIMEROS TERMOPLASTICOS</p> <p>Manual de usuario</p>	<p>En la primera pagina se encontrara el nombre de la inyectora una imagen virtual de la misma, y la indicación que es un manual de uso.</p>
 <p>A PASO A SEGUIR</p> <p>B LOS ICONOS DE FLECHA LE INDICAN UNA DIRECCION.</p> <p>C EL ICONO DE ATENCION LE INDICA DONDE OBSERVAR</p> <p>D AVISO DE ALARMA ESPERAR MECANISMO ACTIVADO</p>	<p>Fue implementada la sugerencia de los usuarios de colocar los iconos informativos al comienzo.</p>
 <p>1 PREPARACIÓN DE LA MAQUINA CONECTE LOS ACOPLES DE ENERGIA Y DE AIRE</p>	<p>En el paso uno con las letras A, B, C aparecen las conexiones de poder y de presión de aire que se le deben hacer a la inyectora, con las direcciones hacia donde debe llevar los conectores, estos indicados por una flecha roja, y cada uno de los pasos van aumentado en orden alfabético.</p>
 <p>2 REVISE LA PRESION E INTRODUZCA LA LLAVE</p>	<p>En el segundo paso hay un icono D con un ojo dentro de un recuadro apuntando hacia una dirección en el manómetro que le sugiere al usuario revisar la presión de aire que debe ser de 125 psi, además debe introducir la llave en la ranura E.</p>
 <p>3 CARGUE LA TOLVA</p>	<p>El tercer paso se muestra una imagen de la tolva F la cual sugiere que esta debe ser cargada.</p>

FIGURA	DESCRIPCION
<p>GIRE LA LLAVE Y LEA LA PANTALLA</p> 	<p>Cuarto paso indica el paso G que es girar la llave, e inmediatamente leer la información del DIV (dispositivo de información visual) H, el icono de aviso le indica donde leer.</p>
	<p>En la pagina 6 se muestra al un usuario un icono de alerta, el cual sugiere esperar, calentando polímero, tiempo 15 minutos</p>
<p>EJECUCION DEL PROCESO ELIJA POLIMERO Y LEA LA PANTALLA</p> 	<p>El quinto paso le indica al usuario el paso i, elegir polímero, el paso J le indica al usuario leer el DIV</p>
<p>CARGUE EL POLIMERO</p> 	<p>El sexto paso es k ,presionar cargar</p>
<p>AJUSTE LA TEMPERATURA</p> 	<p>El séptimo paso le indica al usuario con el icono de aviso, L. donde debe presionar para ajustar la temperatura.</p>

FIGURA	DESCRIPCION																														
<p>LEA LA PANTALLA Y ELIJA CICLO</p> 	<p>El octavo paso le indica al usuario el paso M, leer el DIV indicado por el icono de aviso, y presionar (paso N) ciclo único o ciclo continuo.</p>																														
<p>ALARMA, ESPERE. MAQUINA EN FUNCIONAMIENTO RECOJA LA PROBETA CUANDO SALGA, FIN O REINICIAR</p> 	<p>El noveno paso, le indica al usuario de un (DIA) dispositivo informativo audible, el icono de reloj le sugiere al usuario esperar y el icono de engranajes le indica al usuario que el proceso esta en marcha, el paso O le indica la usuario que recoja la probeta. Se finaliza con el símbolo de reinicio.</p>																														
<p>TABLA DE POLIMEROS</p> <table border="1" data-bbox="384 1167 651 1361"> <thead> <tr> <th>POLIMERO</th> <th>ABREVIATURA</th> <th>TEMPERATURA (GRADOS CENTIGRADOS)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ACRILONITRIL BUTADIENO ESTIRENO</td> <td>ABS</td> <td>170</td> </tr> <tr> <td>POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD</td> <td>HDPE</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>POLIETILENO DE MEDIA DENSIDAD</td> <td>MDPE</td> <td>170</td> </tr> <tr> <td>POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD</td> <td>LDPE</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td>POLIPROPILENO</td> <td>PP</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>GOMA TERMOPLASTICA</td> <td>TR</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td>POLICARBONATO</td> <td>PC</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td>POLIMETIL METACRILATO</td> <td>PMMA</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>CLORURO ACETATO DE VINILO</td> <td>PVOC</td> <td>160</td> </tr> </tbody> </table>	POLIMERO	ABREVIATURA	TEMPERATURA (GRADOS CENTIGRADOS)	ACRILONITRIL BUTADIENO ESTIRENO	ABS	170	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	HDPE	180	POLIETILENO DE MEDIA DENSIDAD	MDPE	170	POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD	LDPE	160	POLIPROPILENO	PP	180	GOMA TERMOPLASTICA	TR	160	POLICARBONATO	PC	160	POLIMETIL METACRILATO	PMMA	150	CLORURO ACETATO DE VINILO	PVOC	160	<p>En la pagina 13 se muestra una tabla de polimeros con sus abreviaturas y la temperatura a la que debe ser ajustada la inyectora si se modifican los polimeros.</p>
POLIMERO	ABREVIATURA	TEMPERATURA (GRADOS CENTIGRADOS)																													
ACRILONITRIL BUTADIENO ESTIRENO	ABS	170																													
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	HDPE	180																													
POLIETILENO DE MEDIA DENSIDAD	MDPE	170																													
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD	LDPE	160																													
POLIPROPILENO	PP	180																													
GOMA TERMOPLASTICA	TR	160																													
POLICARBONATO	PC	160																													
POLIMETIL METACRILATO	PMMA	150																													
CLORURO ACETATO DE VINILO	PVOC	160																													
<p>PARTES DE LA MAQUINA PANEL DE CONTROL Y BASE</p> 	<p>Posterior mente se enseñan las partes mas importantes de la maquina Aquí panel de control y base.</p>																														






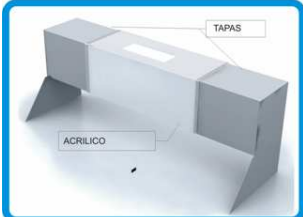
FIGURA	DESCRIPCION
<p data-bbox="371 421 683 465">CIERRE INFINITO</p> 	<p data-bbox="794 510 954 544">Cierre infinito</p>
<p data-bbox="371 725 683 770">CILINDRO INECTOR</p> 	<p data-bbox="794 786 986 819">Cilindro inyector</p>
<p data-bbox="371 1034 683 1079">TAMBOR</p> 	<p data-bbox="794 1093 890 1126">Tambor</p>
<p data-bbox="371 1328 683 1373">CILINDRO ROTADOR</p> 	<p data-bbox="794 1384 978 1417">Cilindro rotador</p>
<p data-bbox="371 1621 683 1666">TOLVA</p> 	<p data-bbox="794 1677 866 1711">Tolva</p>

FIGURA	DESCRIPCION																						
<p>CARCAZA</p> 	<p>Carcaza Este imagen no se encuentra en la imagen dela portada del manual debido a que para la prueba de usabilidad fue empleado un modelo funcional el cual no cuenta con estas partes, el porque?; se pretendía no generar confusión en los usuarios a encuestar.</p>																						
<p>ESPECIFICACIONES TECNICAS</p> <table border="1" data-bbox="379 779 683 994"> <tr><td>ACCIONAMIENTO</td><td>: NEUMÁTICO</td></tr> <tr><td>PRESIÓN MÍNIMA</td><td>: 125 PSI</td></tr> <tr><td>CILINDROS</td><td>: 3</td></tr> <tr><td>VALVULAS</td><td>: 5-2 MONOESTABLES</td></tr> <tr><td>PESO</td><td>: 35 KILOS</td></tr> <tr><td>ARRANQUE</td><td>: ELÉCTRICO</td></tr> <tr><td>CAPACIDAD DE CARGA DE LA REGAMARA</td><td>: 15 GRAMOS</td></tr> <tr><td>PANTALLA</td><td>: (LCD) 2"16</td></tr> <tr><td>VOLTAJE</td><td>: 120 VOLTIOS</td></tr> <tr><td>NÚMERO DE COLUMNAS</td><td>: 4</td></tr> <tr><td>FUNCIONAMIENTO</td><td>: AUTOMÁTICO</td></tr> </table>	ACCIONAMIENTO	: NEUMÁTICO	PRESIÓN MÍNIMA	: 125 PSI	CILINDROS	: 3	VALVULAS	: 5-2 MONOESTABLES	PESO	: 35 KILOS	ARRANQUE	: ELÉCTRICO	CAPACIDAD DE CARGA DE LA REGAMARA	: 15 GRAMOS	PANTALLA	: (LCD) 2"16	VOLTAJE	: 120 VOLTIOS	NÚMERO DE COLUMNAS	: 4	FUNCIONAMIENTO	: AUTOMÁTICO	<p>Por ultimo encontramos las especificaciones técnicas generales mas importantes de la inyectora.</p>
ACCIONAMIENTO	: NEUMÁTICO																						
PRESIÓN MÍNIMA	: 125 PSI																						
CILINDROS	: 3																						
VALVULAS	: 5-2 MONOESTABLES																						
PESO	: 35 KILOS																						
ARRANQUE	: ELÉCTRICO																						
CAPACIDAD DE CARGA DE LA REGAMARA	: 15 GRAMOS																						
PANTALLA	: (LCD) 2"16																						
VOLTAJE	: 120 VOLTIOS																						
NÚMERO DE COLUMNAS	: 4																						
FUNCIONAMIENTO	: AUTOMÁTICO																						

* Se entregara anexo al libro un cuadernillo del manual.

Fuente: Autores del proyecto

6.3.5 Prueba de usabilidad

- Objetivo principal:
 - Comprobar que la inyectora de polímeros es un producto usable.

- Tipo de usuario:
 - Cinco estudiantes de diseño industrial de la universidad industrial de Santander que hayan aprobado la materia de tecnología de materiales 5.
 - Los usuarios deben tener visión 20/20.
 - No deben ser discapacitados

- Técnica utilizada: Observación.

- Equipo: Para desarrollar el experimento se utilizarán modelo funcional de la inyectora, manual de uso, papel y lápiz
- Tiempo de experimento: Aproximadamente 15 minutos por usuario.
- Procedimiento: Se les pidió a los estudiantes que usaran la inyectora de polímeros, se les entregó los siguientes implementos como son:
 - Pellets de PE
 - Manual de uso
 - Llave
- Resultados de la prueba:

Tabla 6. Prueba de usabilidad.

sujeto	Usó correctamente la inyectora	No usó correctamente la inyectora
Usuario A	X	
Usuario B	X	
Usuario C	X	
Usuario D	X	
Usuario E	X	

Fuente: Autores del proyecto

- Análisis de resultados. Se observó en los resultados de la prueba un 100% de efectividad en el uso de la máquina. Se anexa disco compacto con videos de la prueba de usabilidad. Es claro que la inyectora de polímeros es un producto usable.

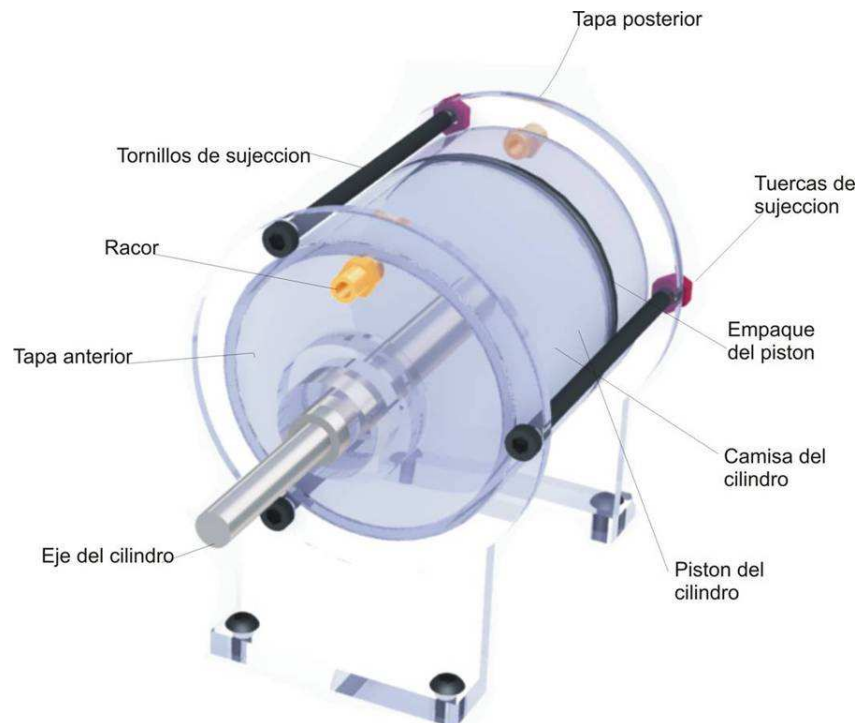
7. AMFE

7.1 AMFE PARA EL SISTEMA DEL CILINDRO INYECTOR.

A continuación se realizó el análisis modal de fallos y efectos AMFE, para el sistema de cilindro inyector.

El sistema funciona así: por el racor de la tapa anterior del cilindro de doble efecto entra el aire a 125 psi el cual mantiene retraído el pistón, y a su vez el eje del cilindro al cambiar la entrada del flujo de aire, el pistón por la presión en la recamara posterior es empujado y este hace salir el eje, ver imagen cilindro inyector AMFE, y el análisis en la imagen análisis cilindro inyector

Figura 31. Imagen cilindro inyector AMFE



Fuente: Autores del proyecto

Tabla 7. Imagen análisis cilindro inyector

ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS										
MAQUINA : INYECTORA DE POLIMEROS TERMOPLASTICOS CILINDRO INYECTOR DEL TAMBOR										
NOMBRE DEL PRODUCTO	FUNCION	MODO DE FALLO	EFECTO	G	CAUSA	O	DETECCION	D	IPR	ACCIONES CORRECTORAS
Eje del cilindro inyector	Presionar piston inyector	Montaje incorrecto	Mal funcionamiento	3	Mal montaje	2	Mecanizado	3	18	
Empaque del piston	Sella la camisa	Agrietamiento rotura	No sale el eje	4	Montaje errado	3	Montaje	3	36	
	Sacar el eje	Que no saque el eje	El piston del tambor no es presionado	3	No hay presion	3	Mecanizado	4	36	
Camisa cilindro inyector	Contener aire	Que el bruñido sea defectuoso	El aire se pasa de una camara a otra sin salir el eje	4	Bruñido insuficiente	4	Mecanizado	3	48	
Tapa anterior del cilindro	Mantener la presion del cilindro	No mantener presion en el cilindro	No es rotado el tambor	5	Poca fuerza de cierre	3	Mecanizado	5	75	
Tapa posterior del cilindro	Mantener la presion del cilindro	No mantener presion en el cilindro	No sale el eje	4	Baja fuerza de cierre	5	Mecanizado	4	80	
	Mantiene unido el sistema	Rosca del tornillo rodada	No hay presion	3	El tornillo no soporta la presion	3	Compras	3	27	
Tuercas de sujeccion	Mantiene unido el sistema	Rosca de la tuerca rodada	No hay presion	3	El tuerca no soporta la presion	3	Compras	3	27	

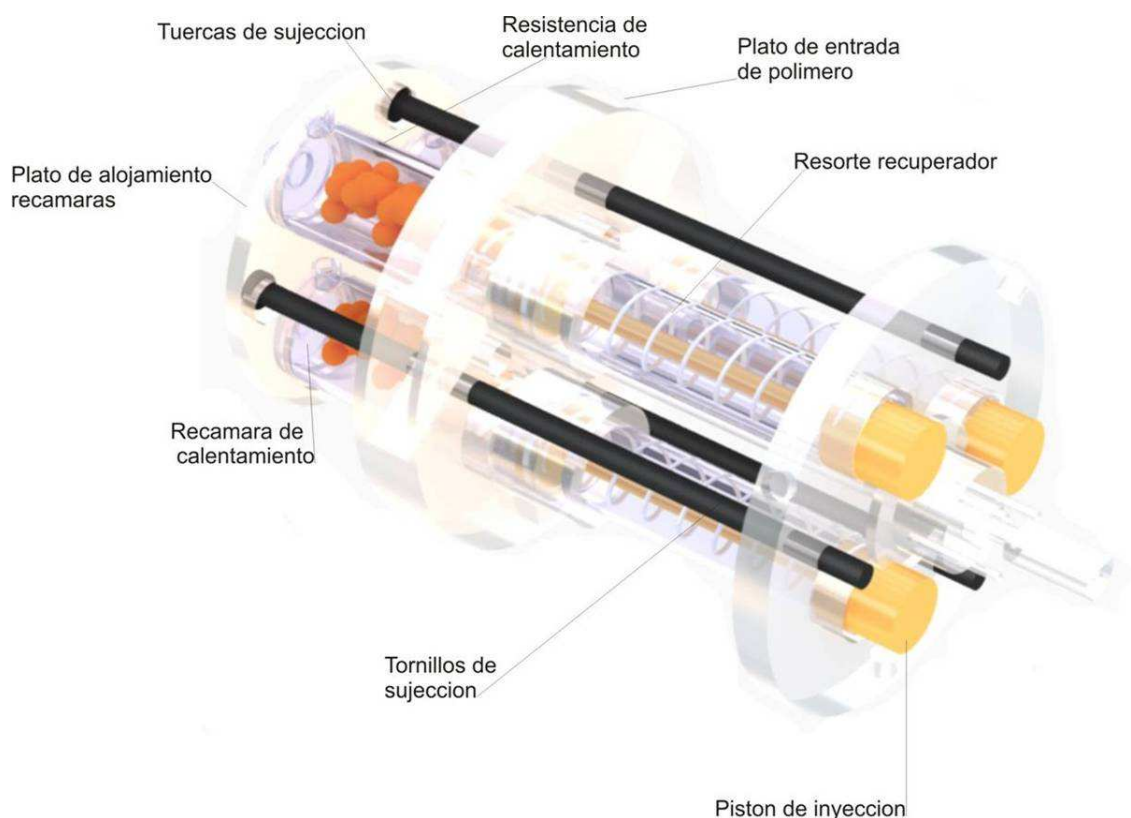
Fuente: Autores del proyecto

7.2 AMFE PARA EL SISTEMA DEL TAMBOR.

A continuación se realizó el análisis modal de fallos y efectos AMFE, para el sistema del tambor.

El sistema funciona así: los pellets del polímero ingresan por el plato y son guiados por este a la recámara de inyección, ahí son calentados por la resistencia al encontrarse el tambor en posición de inyección, el pistón de inyección es presionado y empuja el material a la boquilla, al terminar el pistón es retraído ver imagen TAMBOR AMFE, y el análisis en la imagen análisis del tambor.

Figura 32. Tambor AMFE



Fuente: Autores del proyecto

Tabla 8. Análisis del tambor.

ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS										
MAQUINA : INYECTORA DE POLIMEROS TERMOPLASTICOS										
SUBCONJUNTO: TAMBOR										
NOMBRE DEL PRODUCTO	FUNCION	MODO DE FALLO	EFECTO	G	CAUSA	O	DETECCION	D	IPR	Acciones correctoras
Recamara de calentamiento	Contiene el material a inyectar	Que no este sellada	No hay inyeccion	5	Mal montaje	3	Mecanizado	7	105	Mecanizar por personal calificado
Piston de inyeccion	Inyectar el polimero	Diametro incorrecto	El polimero se devuelve	7	Mal cilindrado	4	Mecanizado	5	140	Mecanizar por personal calificado
Resorte recuperador	Devolver el eje a la posicion inicial	Que no se recupere	Se obstruye la entrada de polimero	3	Bajo k $f=k*x$	5		4	60	
Resistencia de calentamiento	Calentar la polimero	Que no caliente	El polimero no es calentado	4	No tiene energia	4		2	32	
Plato de alojamiento recamaras	Mantiene distribuidas las recamaras	Las perforaciones no son equidistantes	La recamara no queda en posicion	3	Mal mecanizado	3	Mecanizado	3	27	
Plato de entrada de polimero	Llevar el polimero a la recamara	La abertura no es suficiente	No le llega polimero a la recamara	5	Entrada pequeña	5	Diseño	3	75	
Tornillos de sujecion	Mantiene unido el sistema	Rosca del tornillo rodada	Tambor suelto	3	El tornillo no soporta el torque	3	Compras	3	27	
Tuercas de sujecion	Mantiene unido el sistema	Rosca de la tuerca rodada	No hay torque suficiente	3	El tuerca no soporta la presion	3	Compras	3	27	

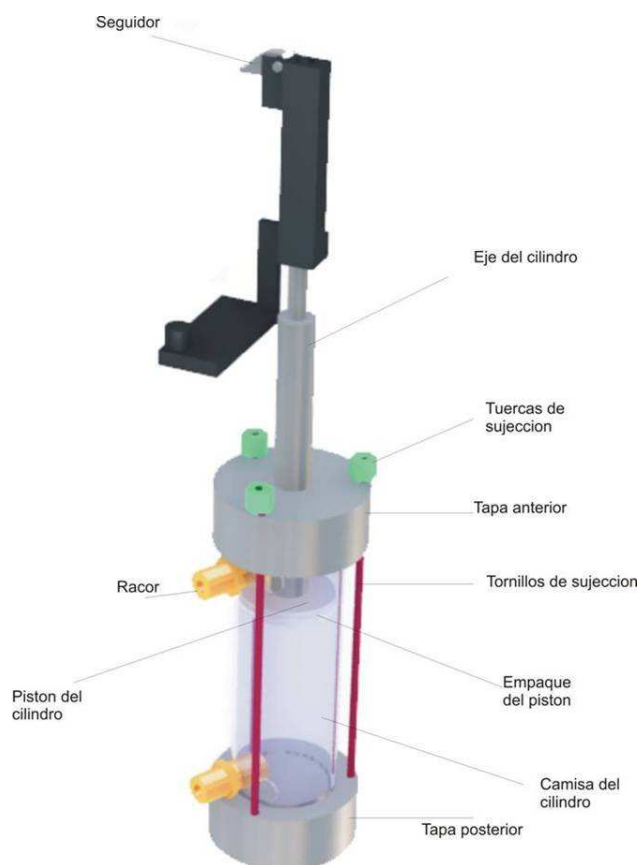
Fuente: Autores del proyecto

7.3 AMFE PARA EL SISTEMA DEL CILINDRO GIRADOR

A continuación se realizó el análisis modal de fallos y efectos AMFE, para el sistema de cilindro girador.

El sistema funciona así: por el racor de la tapa anterior del cilindro de doble efecto entra el aire a 125 psi el cual mantiene retraído el pistón, y a su vez el eje del cilindro al cambiar la entrada del flujo de aire, el pistón por la presión en la recámara posterior es empujado y este hace salir el eje, ver imagen cilindro girador AMFE, y el análisis en la imagen análisis cilindro girador.

Figura 33. Cilindro girador AMFE



Fuente: Autores del proyecto

Tabla 9. Imagen análisis cilindro girador.

ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS										
MAQUINA : INYECTORA DE POLIMEROS TERMOPLASTICOS CILINDRO GIRADOR DEL TAMBOR										
NOMBRE DEL PRODUCTO	FUNCION	MODO DE FALLO	EFECTO	G	CAUSA	O	DETECCION	D	IPR	Acciones correctoras
Eje del cilindro girador	Girar el tambor	Que no gire el tambor	No hay intercambio de polimero	3	Baja presion	2	Mecanizado	3	18	
Empaque del piston	Sella la camisa	Agrietamiento rotura	No sale el eje	4	Montaje errado	3	Montaje	3	36	
Piston del cilindro	Sacar el eje	Que no saque el eje	No es rotado el tambor	3	No hay presion	3	Mecanizado	4	36	
Camisa cilindro girador	Contener aire	Que el bruñido sea defectuoso	El aire se pasa de una camara a otra sin salir el eje	4	Bruñido insuficiente	4	Mecanizado	3	48	
Tapa anterior del cilindro	Mantener la presion del cilindro	No mantener presion en el cilindro	No es rotado el tambor	5	Poca fuerza de cierre	3	Mecanizado	5	75	
Tapa posterior del cilindro	Mantener la presion del cilindro	No mantener presion en el cilindro	No sale el eje	4	Baja fuerza de cierre	5	Mecanizado	4	80	
Tornillos de sujecion	Mantiene unido el sistema	Rosca del tornillo rodada	No hay presion	3	El tornillo no soporta la presion	3	Compras	3	27	
Tuercas de sujecion	Mantiene unido el sistema	Rosca de la tuerca rodada	No hay presion	3	El tuerca no soporta la presion	3	Compras	3	27	

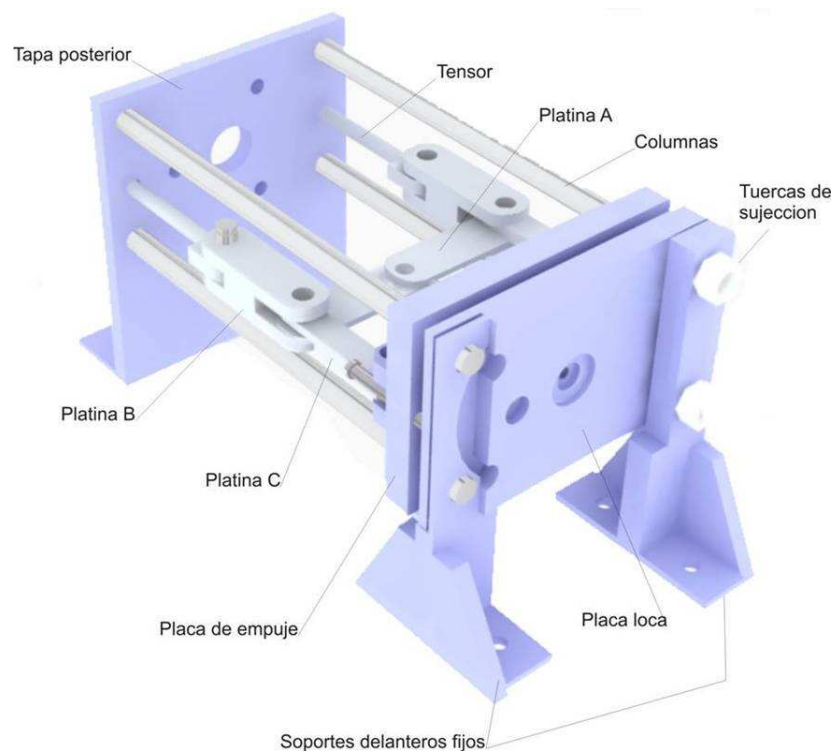
Fuente: Autores del proyecto

7.4 AMFE PARA EL SISTEMA DEL CIERRE INFINITO

A continuación se realizó el análisis modal de fallos y efectos AMFE, para el sistema del cierre infinito.

El sistema funciona así: al ser alineadas horizontalmente las platinas A, estas, alinean las platinas B y C, la platina C presiona la placa de empuje, sobre las columnas, y la placa de empuje, corre y presiona la placa loca, esta placa loca tiene dos funciones, presionar el molde que esta en medio de las dos placas y alinearse con la boquilla del tambor posicionada, el tensor sirve para aumentar o disminuir el espacio entre las placas ver imagen cierre infinito AMFE, y el análisis en la imagen análisis cierre infinito.

Figura 34. Cierre infinito AMFE



Fuente: Autores del proyecto

Tabla 10. Análisis cierre infinito

ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS										
MAQUINA : INYECTORA DE POLIMEROS TERMOPLASTICOS										
SUBCONJUNTO: CIERRE INFINITO										
NOMBRE DEL PRODUCTO	FUNCION	MODO DE FALLO	EFECTO	G	CAUSA	O	DETECCION	D	IPR	Acciones correctoras
Platina A	Alinear platina B y C	Montaje incorrecto	No alinea las platinas B y C	3	Mal montaje	2	Montaje	3	18	
platina B	Multiplicar fuerza	Agrietamiento rotura	Mal funcionamiento	4	Montaje errado	3	Montaje	3	36	
Platina C	Multiplicar fuerza	Agrietamiento rotura	Mal funcionamiento	3	Montaje errado	3	Montaje	4	36	
Tensor	Aumenta disminuye separacion placas	Torcion	Mal funcionamiento	4	Diametro bajo	4	Montaje	3	48	
Columnas	Mantener unido el sistema de cierre	Montaje incorrecto	Las placas no deslizan	5	Alineacion por mecanizado	3	Mecanizado	5	75	
Placa de empuje	Sellar el molde	Montaje incorrecto	La placa no desliza	4	Alineacion por mecanizado	5	Mecanizado	4	80	
Placa loca	Sellar el molde	Montaje incorrecto	La placa no desliza	4	Alineacion por mecanizado	7	Mecanizado	5	140	Comprar maquinas de alta precision
Soportes delanteros fijos	Mantiene unido el sistema	Torcion	Mal funcionamiento	5	Alineacion por mecanizado	4	Mecanizado	7	235	Comprar maquinas de alta precision

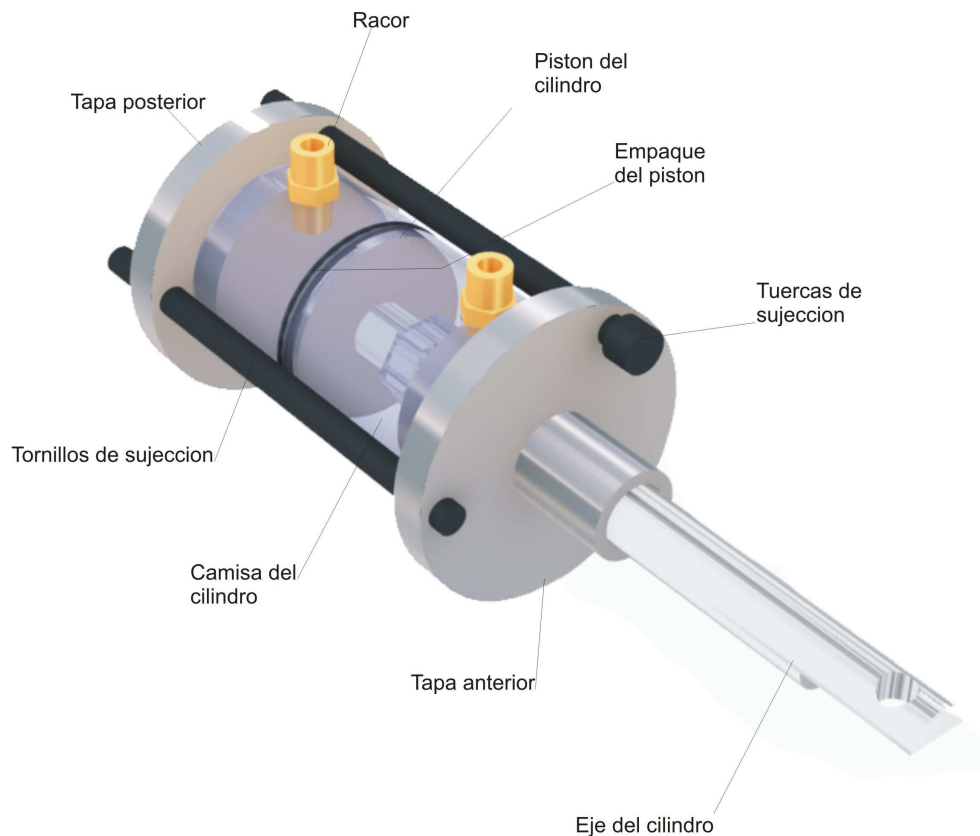
Fuente: Autores del proyecto

7.5 AMFE PARA EL SISTEMA DEL CILINDRO CIERRE INFINITO

A continuación se realizó el análisis modal de fallos y efectos AMFE, para el sistema de cilindro cierre infinito.

El sistema funciona así: por el racor de la tapa anterior del cilindro de doble efecto entra el aire a 125 psi el cual mantiene retraído el pistón, y a su vez el eje del cilindro al cambiar la entrada del flujo de aire, el pistón por la presión en la recámara posterior es empujado y este hace salir el eje, ver imagen cilindro cierre infinito AMFE, y el análisis en la imagen análisis cilindro cierre infinito.

Figura 35. Cilindro cierre infinito AMFE



Fuente: Autores del proyecto

Tabla 11. Análisis cilindro cierre infinito.

ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS										
MAQUINA : INYECTORA DE POLIMEROS TERMOPLASTICOS										
SUBCONJUNTO: CIERRE INFINITO										
NOMBRE DEL PRODUCTO	FUNCION	MODO DE FALLO	EFECTO	G	CAUSA	O	DETECCION	D	IPR	Acciones correctoras
Platina A	Alinear platina B y C	Montaje incorrecto	No alinea las platinas B y C	3	Mal montaje	2	Montaje	3	18	
platina B	Multiplicar fuerza	Agrietamiento rotura	Mal funcionamiento	4	Montaje errado	3	Montaje	3	36	
Platina C	Multiplicar fuerza	Agrietamiento rotura	Mal funcionamiento	3	Montaje errado	3	Montaje	4	36	
Tensor	Aumenta disminuye separacion placas	Torcion	Mal funcionamiento	4	Diametro bajo	4	Montaje	3	48	
Columnas	Mantener unido el sistema de cierre	Montaje incorrecto	Las placas no deslizan	5	Alineacion por mecanizado	3	Mecanizado	5	75	
Placa de empuje	Sellar el molde	Montaje incorrecto	La placa no desliza	4	Alineacion por mecanizado	5	Mecanizado	4	80	
Placa loca	Sellar el molde	Montaje incorrecto	La placa no desliza	4	Alineacion por mecanizado	7	Mecanizado	5	140	Comprar maquinas de alta precision
Soportes delanteros fijos	Mantiene unido el sistema	Torcion	Mal funcionamiento	5	Alineacion por mecanizado	4	Mecanizado	7	235	Comprar maquinas de alta precision

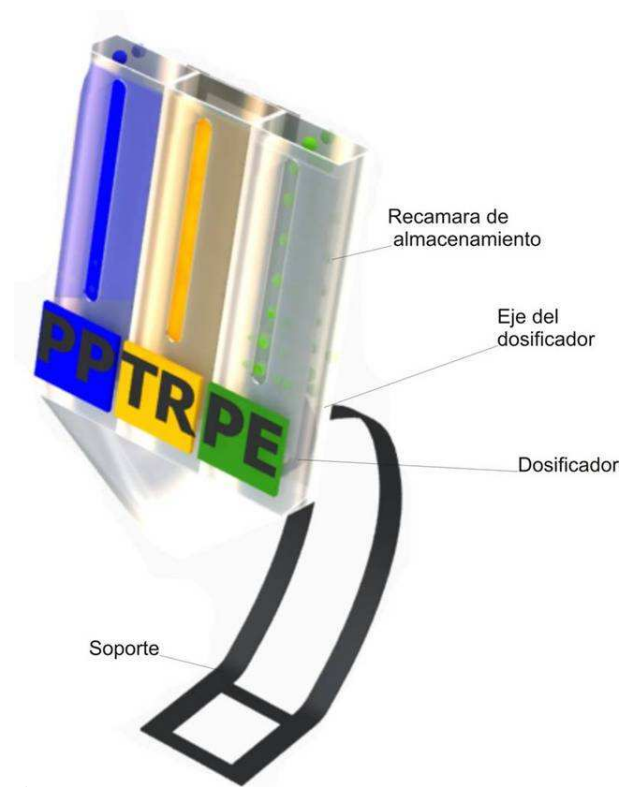
Fuente: Autores del proyecto

7.6 AMFE PARA EL SISTEMA TOLVA

A continuación se realizó el análisis modal de fallos y efectos AMFE, para el sistema tolva.

El sistema funciona así: los pellets se encuentran almacenados en la recámara de almacenamiento al girar el eje del dosificador por el motor, el dosificador que tiene la boca en la posición de 270 grados, empieza a girar después de ser activado cuando esta en la posición de 90 grados los pellets entran en el dosificador, al retornar a la posición inicial el dosificador, los pellets salen de la tolva y por gravedad ingresan en el plato del tambor , ver imagen tolva AMFE, y el análisis en la imagen análisis tolva.

Figura 36. Tolva AMFE



Fuente: Autores del proyecto

Tabla 12. Análisis tolva

ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS										
MAQUINA : INYECTORA DE POLIMEROS TERMOPLASTICOS										
SUBCONJUNTO: TOLVA										
NOMBRE DEL PRODUCTO	FUNCION	MODO DE FALLO	EFECTO	G	CAUSA	O	DETECCION	D	IPR	Acciones correctoras
Recamara de almacenamiento	Contener el polimero	Paredes debiles	Aplastamiento en las paredes	5	Ajuste de sujetador	4	Montaje	3	60	
	Sostener la tolva	Que se doble	No llega polimero a la recamara	4	Espesor de la platina bajo	4	Diseño	3	48	
Dosificador	Entregar la cantidad adecuada de polimero	Que se trabee	No llega polimero a la recamara	3	Friccion con las paredes	3	Mecanizado	2	18	
	Rotar el dosificador	Que quede pequeño	El dosificador no gira	3	Mecanizado insuficiente	2	Mecanizado	4	24	

Fuente: Autores del proyecto

7.7 ACCIONES CORRECTORAS

Una vez implementado el AMFE se procede al estudio de las acciones correctoras en los casos de ipr mayor a 100 ver cuadro dec acciones correctoras.

Cuadro 14. Acciones correctoras

Recamara de calentamiento.	Se recomienda maquinar por personal Calificado, la precisión es fundamental.
Pistón de inyección.	Se recomienda maquinar por personal Calificado, la precisión es fundamental.
Placa loca.	Se recomienda adquirir maquinaria de alta tecnología para lograr la precisión diseñada.
Soportes delanteros fijos.	Se recomienda adquirir maquinaria de alta tecnología para lograr la precisión diseñada.

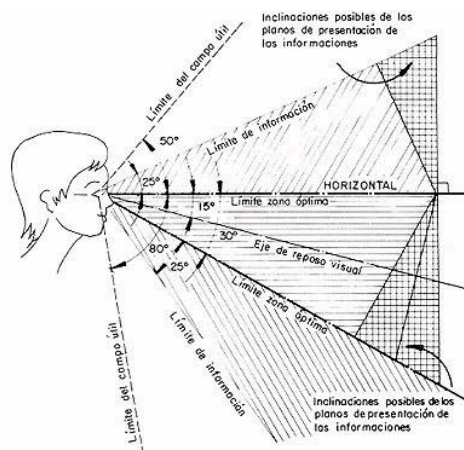
Fuente: Autores del proyecto

8. ERGONOMÍA

8.1 DISPOSITIVOS DE MANDO Y DISPLAYS²²

8.1.2 Mandos y señales (dispositivos informativos y de control). El correcto diseño y disposición de los mandos y señales facilitara el proceso de comunicación hombre – maquina disminuyendo la fatiga mental y la probabilidad de error. En el caso de las señales visuales éstas deberán colocarse dentro del campo visual de la persona (ver Figura Campo Visual Recomendado A, Análisis del campo visual B), y a una distancia visual confortable dependiendo del tamaño del objeto y de las condiciones de iluminación, siendo la distancia mínima recomendada de 50 cm.

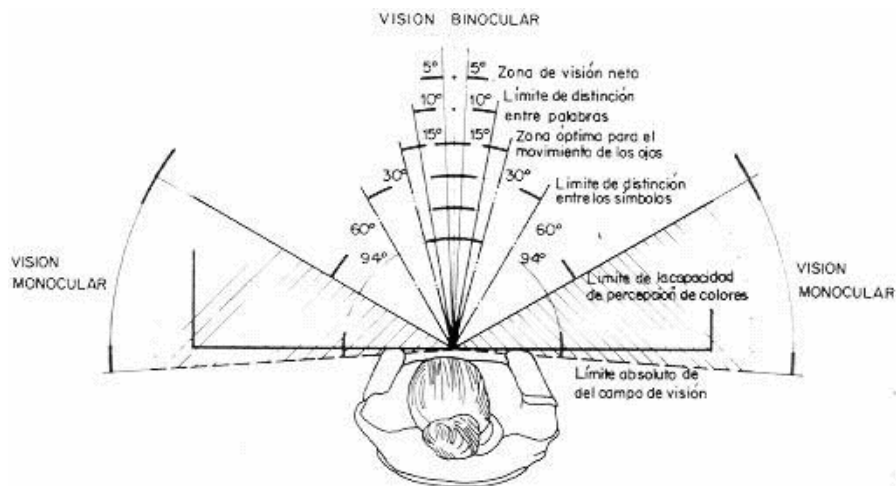
Figura 37. Campo Visual Recomendado A.



Fuente: Ergonomía de puestos de trabajo 2da edición pg 66

²² Ergonomía de puestos de trabajo 2da edición pg 66

Figura 38. Análisis del campo visual B



Fuente: Ergonomía de puestos de trabajo 2da edición PG 66

El dispositivo de información elegido debe proporcionar únicamente la información requerida, a fin de no saturar al receptor con datos innecesarios. Por ejemplo, para indicar el funcionamiento correcto/incorrecto de una máquina puede resultar más eficaz colocar una luz de aviso que un dial.

8.1.2 Mandos y Dispositivos de control. Los mandos son los dispositivos a través de los cuales la persona puede transmitir información al sistema. La función que debe cumplir el mando (activación, entrada de datos, control continuo...) y la acción requerida (rapidez, fuerza o precisión) va a determinar el tipo de mando a utilizar, así como el tamaño y las dimensiones del mismo. Por ejemplo, los pulsadores manuales son apropiados cuando se requiere una respuesta rápida sin tener que ejercer un esfuerzo apreciable.

Por último, en el diseño de un panel de control se deberán seguir los siguientes principios relativos a la disposición de mandos y señales:

- Colocar preferentemente los mandos y los indicadores correspondientes lo más cerca posible unos de otros, respetando al mismo tiempo las exigencias de visión y alcance manual. Si han de estar en dos paneles distintos tiene que haber una correspondencia evidente entre la disposición de ambos.
- Los mandos y señales que hacen referencia a operaciones sucesivas deben situarse respetando el orden de la secuencia (de izquierda a derecha o de arriba a bajo).
- Si no existe una secuencia temporal se ordenarán siguiendo los criterios de frecuencia de uso o importancia, colocando siempre los más utilizados enfrente del trabajador y los menos usados a los lados.

8.1.3 Mandos y Dispositivos de control²³

Los mandos y señales que....

garciatrevijano.files.wordpress.com/2007/02/otros.pdf

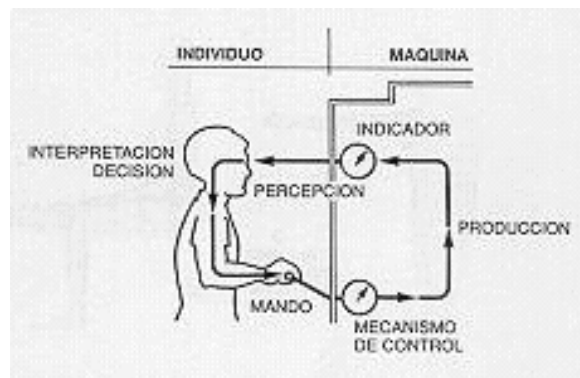
- Las características del dispositivo, como forma, color, sentido del movimiento, etc., deben ser compatibles con los estereotipos de conducta del trabajador y la acción esperada de la máquina. Por ejemplo, comúnmente se asocia la luz roja con un aviso de peligro potencial. Mientras que al desplazar un mando hacia arriba o hacia la derecha significará, para la mayoría de personas, un incremento de la variable que controla.

8.1.4 Proceso de información y elección de los dispositivos de mando de acuerdo a la tarea a realizar por la maquina. El proceso de información (Figura esquema simplificado de las relaciones informativas y de control) es el siguiente:

²³ www2.ub.edu/bid/consulta_articulos.php?fichero=17marti2.htm - 2k -

los indicadores, o "displays", de la máquina dan una información sobre la marcha de la producción; el trabajador registra esta información (percepción), debe comprenderla y evaluarla correctamente (interpretación), luego debe tomar una decisión y dar una respuesta, realizando los movimientos apropiados para transmitir la información a la máquina. Una señal de control informa a su vez del resultado de la acción (feed-back).

Figura 39. Esquema simplificado de las relaciones informativas y de control.



Fuente: Ergonomía de puestos de trabajo 2da edición PG 14

8.1.4 Disposición de los mandos. Además del diseño de los controles hay que prestar especial atención a su disposición. En ella además de la estética deberán prevalecer criterios de seguridad del trabajador, confort, separación entre mandos para evitar errores (seguridad del sistema), medidas antropométricas, etc.

Hay que tener en cuenta:

- El diseño del espacio de trabajo.
- La posición de los controles.

8.2 ERGONOMÍA APLICADA A LA MAQUINA DE POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS*

En este ámbito se estudian dos grandes grupos de factores aparte de los de tipo psicosocial que son: Factores físicos: térmicos, luminoso-visuales, auditivos y dinámicos (vibraciones)

Ergonomía temporal: Aquí se busca bienestar del trabajador en relación con los tiempos de trabajo, teniendo en cuenta el tipo de organización, las cargas y los contenidos del mismo. Estudia los horarios de trabajo, la duración de las jornadas, optimización de pausas y descansos, ritmos de trabajo, evaluando la relación fatiga-descanso en sus aspectos físicos y psicológicos.

En el desarrollo del análisis en el área de confort postural hay que basarnos en la posición de trabajo de pie, ya que es la forma correcta de abordar la operación de esta maquina, por las siguientes razones:

- Es una maquina de precisión catalogada como de laboratorio.
- Su proceso es de intervalos cortos de tiempo.
- Su naturaleza automática permite que el operario no este ejerciendo tarea alguna en el proceso.

La principal tarea del usuario será de activación, supervisión y control de la maquina²⁴.

- Su proceso rápido y de cortos intervalos no exige una presencia constante del operario.

* Ergonomía ambiental: En esta parte se estudia y desarrolla las relaciones entre el hombre y los factores ambientales que condicionan su estado de salud y de confort.

²⁴ <http://www.cecacomercio.org/riesgos/glosario.html>

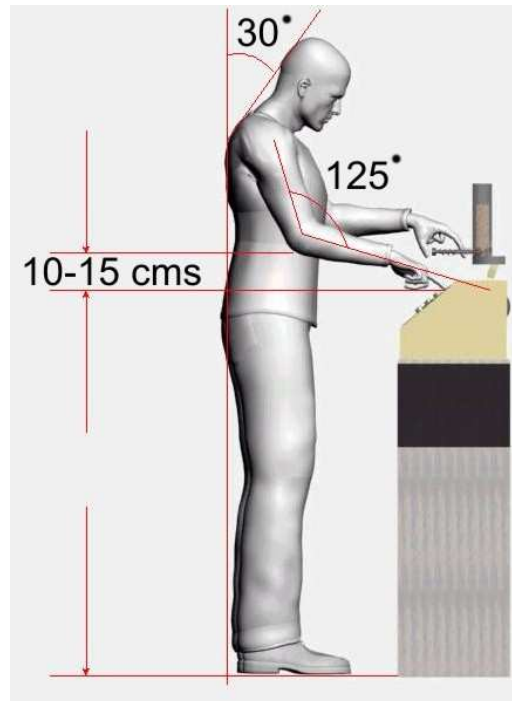
- El diseño final de la maquina se concibió para una postura de pie por parte del operario por su facilidad de movimiento, uso y control de la misma en el área de trabajo correspondiente.

Siempre que sea posible se debe evitar que el operario trabaje de pie largos períodos de tiempo, aspecto que minimiza la maquina por su carácter de operación automática, sin embargo este debe ejercer una tarea de calibración, supervisión y control de la maquina durante un periodo de tiempo de 15 minutos, así que se le debe brindar una serie de alternativas de solución a problemas que pueda presentar con su postura durante estos cortos intervalos de la siguiente manera:

- El operario deben poder trabajar con los brazos a lo largo del cuerpo y sin tener que encorvarse ni girar la espalda excesivamente.
- Los trabajadores deben llevar zapatos con empeine reforzado y tacos bajos cuando trabajen de pie.
- El usuario debe poder cambiar de postura mientras trabaja.

El trabajador no debe tener que estirarse para realizar sus tareas. Así pues, el trabajo deberá ser realizado a una distancia de 8 a 12 pulgadas (30 a 40 centímetros) frente al cuerpo. Ver Figura vista lateral del usuario y la inyectora.

Figura 40. Vista lateral del usuario y la inyectora.



Fuente: Autores del proyecto

En esta imagen vemos el ángulo que se forma al inclinar su brazo para la operación, todo esto desde una vista de perfil.

Determinación de la altura de la maquina: El puesto de trabajo y la ubicación de la maquina debe ser diseñado de manera tal que el trabajador no tenga que levantar los brazos y pueda mantener los codos próximos al cuerpo.

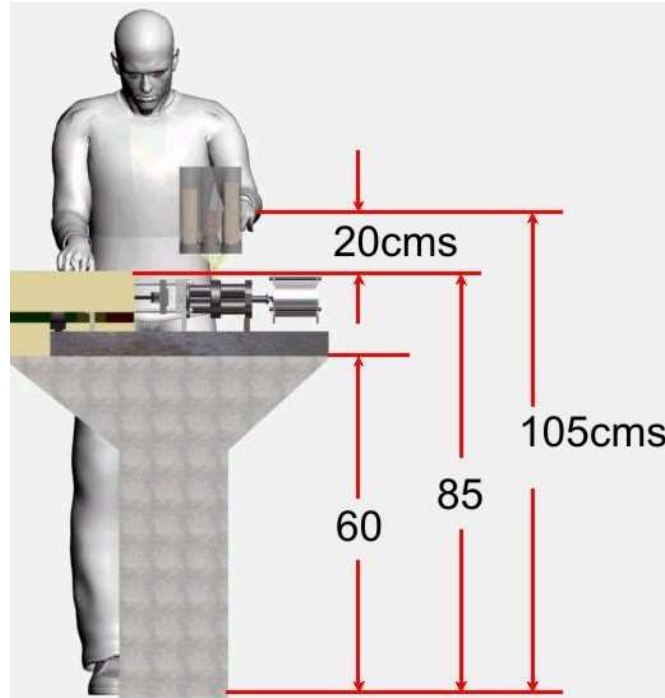
Al determinar la altura adecuada de la superficie de trabajo, se tienen en cuenta los factores siguientes:

- La altura de los codos del trabajador ver (figura vista frontal del usuario y la inyectora)
- El tipo de trabajo que habrá de desarrollar (trabajo de laboratorio, Precisión)
- El tamaño del producto con el que se trabajará; (Pequeñas dimensiones del producto, probetas)
- Las herramientas y el equipo que se habrán de usar. (Equipo automático)

Hay que seguir ciertas recomendaciones que deben ser suministradas al operario que vaya a trabajar con la inyectora como son:

- Estar frente al producto o la máquina.
- Mantener el cuerpo próximo al producto de la máquina.
- Mover los pies para orientarse en otra dirección en lugar de girar la espalda o los hombros.

Figura 41. Vista frontal del usuario y la inyectora



Fuente: Autores del proyecto

En la imagen ver (figura vista frontal del usuario y la inyectora) se aprecian las alturas de la maquina con respecto al suelo, de la maquina con respecto al codo y han sido calculadas con base en las recomendaciones ergonómicas ofrecidas por los diferentes fuentes consultadas.

Para estos casos también existe una normativa, que adopta dimensiones y recomendaciones las cuales también fueron tomadas en cuenta para el diseño postural de la maquina como son:

ISO (International Standard Organization) 6385: Principios ergonómicos en el diseño de los sistemas de trabajo.

VER ANEXO 3. NORMATIVIDAD USADA EN EL PROYECTO

ANSI B11 TR-1-1993: Guías ergonómicas para el diseño, instalación y uso de máquinas y herramientas.

VER ANEXO 3. NORMATIVIDAD USADA EN EL PROYECTO

ANSI Z-365: Control del trabajo relacionado con alteraciones de trauma acumulativo.

VER ANEXO 3. NORMATIVIDAD USADA EN EL PROYECTO

Normas de Higiene y Seguridad de la STPS (Secretaría del Trabajo y Previsión Social).

En cuanto a dimensiones de acuerdo a Grandjean, la altura óptima de la superficie de trabajo donde el trabajo de manufactura que se realice depende de la altura de codo de los trabajadores y de la naturaleza el trabajo.

Para trabajo de precisión, la altura de la superficie de trabajo debe ser de 5 a 10 cm por abajo del codo, lo cual sirve de soporte reduciendo las cargas estáticas en los hombros.

Para trabajo ligero, la altura de la superficie de trabajo debe ser de 10 a 15 cm por abajo del codo para materiales y herramientas pequeñas.

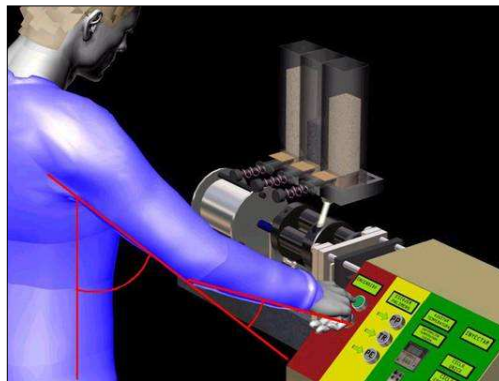
De acuerdo a esto y con los parametros establecidos las dimensiones ubicación y posición del trabajador es la siguiente para el diseño de la inyectora:

Confort cinetico-operacional: Cabe mencionar de nuevo que debido al aspecto automático de la maquina, el análisis ergonómico para facilitar el confort cinético operacional, se reduce al buen diseño de los controles de mando y control de la maquina, para facilitar la tarea de operación por parte del usuario esto apoyado por el estudio de usabilidad hecho al mismo (Véase sección usabilidad).

Para la creación de unos dispositivos de control fácilmente adaptables al usuario se han tomado en cuenta diferentes variables ergonómicas y de uso que se describen a continuación, así como también hubo un dimensionamiento antropométrico adecuado para brindar una buena operación de la maquina.

Un panel de control ver Figura usuario y panel de control (sistema usado en la inyectora automática), mal diseñado, o que no se ajustan al trabajador o a la tarea a realizar, pueden tener consecuencias negativas en la salud y disminuir la productividad entonces es muy importante tomar decisiones correctas de diseño , simbología y funcionalidad.

Figura 42. Usuario y panel de control



Fuente: Autores del proyecto

En la imagen Figura usuario y panel de control se puede observar la apertura máxima del brazo para la inyectora con respecto a la vertical del tronco del operario, así mismo como la inclinación de la parte posterior del brazo con respecto al eje hombro-codo , ángulos también establecidos dentro de un rango ergonómico confortable.

Controles: Los pulsadores y los botones de control fueron diseñados teniendo presentes al trabajador y la tarea que tiene que realizar. A continuación figuran

algunos aspectos que se tuvieron en cuenta con miras al diseño de los controles:

- Los conmutadores, las palancas y los botones de control están fácilmente al alcance del operador de la máquina hallándose este en una posición normal, de pie. Esto teniendo en cuenta también la frecuencia aproximada de uso.

Figura 43. Ángulo mano palanca.

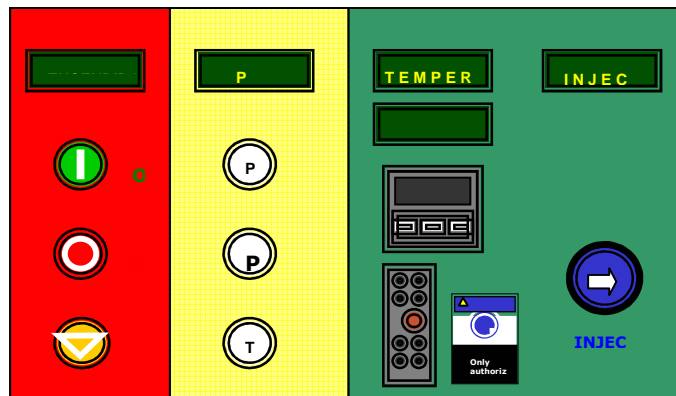


Fuente: Autores del proyecto

En la figura ver Figura ángulo mano palanca se observan los ángulos necesarios de inclinación de la muñeca para la operación de la alimentación del tambor de inyectado, ángulos y dimensiones también dentro de un parámetro ergonómico aceptable.

- Así mismo se registra la fuerza que tiene que ser aplicada al mecanismo de alimentación, fuerza estimada en un rango ofrecido por las fuentes consultadas.
- Se intento distinguir con claridad entre los controles de emergencia y los que se utilizan para operaciones normales. Se efectuó esa distinción mediante un código de colores, etiquetas claramente redactadas y protecciones de la máquina. Ver

Figura 44. Colores panel de control

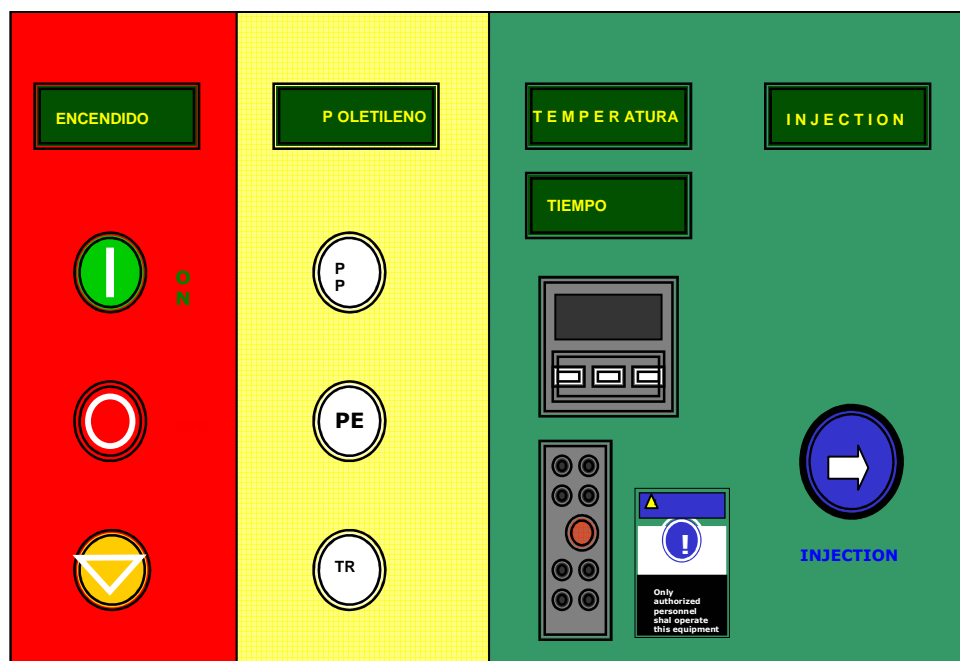


Fuente: Autores del proyecto

- Los controles se han diseñado de manera que se evite la puesta en marcha accidental. Se hizo esto espaciándolos adecuadamente, y haciendo que ofrezcan la adecuada resistencia.
- Los procedimientos para hacer funcionar los controles se pueden entender fácilmente utilizando el sentido común. Las reacciones del sentido común pueden diferir según los países y se tuvo en cuenta esas diferencias, tratando de hacerlo lo mas simple y lógico posible, así como usando símbolos regidos por normas internacionales y códigos de colores reconocidos internacionalmente.
- El espaciamiento entre dispositivos de control y operación esta regido por normas (Ver cap. Panel de control), cumpliendo así con parámetros ergonómicos de operación.
- Se tuvo en cuenta la ubicación del panel a una altura y en una posición ergonómicamente confortable para la realización adecuada de la tarea por parte del operario. Para esto se usaron tablas ergonómicas, pruebas y promedios de percentiles antropométricos, ángulos de visión y operación.

De acuerdo a estos parámetros el diseño, dimensionamiento y construcción del sistema operacional de la maquina (panel de control se dispuso de la siguiente manera).

Figura 45. Panel de control



Fuente: Autores del proyecto

8.2.1 Ergonomía ambiental de la maquina. En cuanto a este aspecto se analizaron las condiciones de iluminación requerida,(Figura iluminación para la inyectora) el espacio-ambiente al que va destinado la maquina, el riesgo biológico o social del operario, así como las medidas de precaución que se deben tener para la correcta operación de la maquina.

Figura 46. Iluminación para la inyectora



Fuente: Autores del proyecto

En cuanto a iluminación lo recomendado para estas tareas de precisión y control es un rango de 1000 a 10000 lux, iluminación encontrada fácilmente en un laboratorio o un salón de pruebas, espacio-ambiente para el cual esta dirigida la maquina.

El aspecto del ruido no es relevante ya que como se dijo anteriormente, esta maquina va hacia un ambiente controlado en estos aspectos como lo es un laboratorio o un salón de pruebas así que en estos espacios no se genera una contaminación importante de ruido tanto externo, como interno de operación de la maquina por su naturaleza automática, neumática y de proceso limpio.

- **Ergonomía temporal:** Se analizaron los tiempos (15 minutos) de proceso activación y control de la maquina obteniendo como resultado que el confort del usuario será optimo ya que su interacción temporal con la maquina es mínima, debido a los cortos tiempos e intervalos de proceso.

La naturaleza automática de la maquina también beneficiara la repetitividad de la función del usuario ya que esta lo realizara de manera autónoma.

En cuanto al tiempo de interacción usuario-inyectora, calibración, control, activación y supervisión del proceso, son lapsos de tiempos (15 minutos) muy aceptables para el operario con lo cual se brinda autonomía para la realización de otras tareas y una minimización de esfuerzos.

- **Lesiones frecuentes producidas por movimientos repetitivos con fuerza considerable del dedo en activación de dispositivos.**

- Dedo Engatillado

Síntomas: Inflamación de los tendones y/o las vainas de los tendones de los dedos. Incapacidad de mover libremente los dedos, con o sin dolor.

Causas: Movimientos repetitivos, tener que agarrar objetos durante demasiado tiempo, con demasiada fuerza o con demasiada frecuencia.

Inyectora de polímeros : baja frecuencia en la configuración de la inyectora ver imagen Figura 114. Movimientos repetitivos.

- Tendinitis:

Síntomas: Inflamación de la zona en que se unen el músculo y el tendón. dolor, inflamación, reblandecimiento y enrojecimiento del dedo, la mano o la muñeca dificultad para utilizar la mano.

Causas: Movimientos repetitivos

Inyectora de polímeros : baja frecuencia de movimientos repetitivos. Ver figura Movimientos repetitivos.

Figura 47. Movimientos repetitivos.



Fuente: Autores del proyecto

- Tenosinovitis

Síntomas: Inflamación de los tendones y/o las vainas de los tendones.

Dolores, reblandecimiento, inflamación, grandes dolores y dificultad para utilizar la mano y los dedos.

Causas: Movimientos repetitivos, a menudo no agotadores. Puede provocarlo un aumento repentino de la carga de trabajo o la implantación de nuevos procedimientos de trabajo.

9. PROCESOS DE PRODUCCION

9.1 PLANOS TECNICOS

Se entregaran los planos impresos en pliego.

9.2 CALCULOS GENERALES

Ver anexo 1

9.2 MATERIALES Y PROCESOS

9.2.1 lamina cold rolled. Se utilizo lamina cold rolled de 2*1 metros. Son láminas fabricadas con acero laminado en frío calidad comercial AISI/SAE 1010 ó 1008, JIS G-3141 ó ASTM A- 366. que por su bajo contenido de carbono presentan las siguientes características: gran maleabilidad, soldabilidad, fácil dobléz y repujado en frío, terminado mate en su superficie permitiendo procesos de cromado aluminizado o galvanizado para ambientes, corrosivos y pintado de óptima calidad. Estas bondades posibilitan su uso en innumerables estructuras que van desde carrocerías para buses hasta una sencilla reja, pasando por estanterías, camas, camarotes, salas, comedores, bicicletas, tubos de escape, partes para automotores, lámparas, juguetes, equipos para gimnasio, bujes industriales, pupitres y sillas universitarias, muebles hospitalarios, exhibidores y todo en metalistería y ornamentación.

- Materia prima: Acero laminado en frío calidad comercial AISI/SAE 1010 ó 1008, JIS G-3141 ó ASTM A- 366.

- Composición química:

Tabla 13. Composición química acero SAE 1010 y 1008

DESIGNACIÓN	COMPOSICIÓN QUIMICA LIMITE %			
	C	Mn P	máx.	S máx.
SAE 1008	0.10 máx.	0.50 máx.	0.040	0.050
SAE 1010	0.08-0.13	0.30-0.60	0.040	0.050

Fuente: Autores del proyecto

- Proceso de Manufactura.

Figura 48. Laminado en frío



1. Entrada
2. Proceso

1a. Des enrollador
2a. Molino 3. Salida

1b. Enrollador
3a. Enrollador

Fuente: Autores del proyecto

De los molinos de laminación en frío se obtiene la lámina con el calibre del producto final.

9.2.2 Pintura electro estática. Se eligió la pintura electro estática por su nivel de acabado²⁵.

Figura 49. Pintura electro estática



Fuente: Autores del proyecto

La idea del recubrimiento electrostático con pintura en polvo se basa en el hecho de que las piezas con cargas eléctricas antagónicas se atraen. De ahí que para este proceso son aptos la mayoría de los cuerpos sólidos conductores y/o termoestables. Ante todo metálicos como máquinas y aparatos electrodomésticos, muebles de oficina, muebles para jardines, accesorios para automóviles, robinetería, manipulados de alambres, perfiles y elementos de fachadas, entre otros.

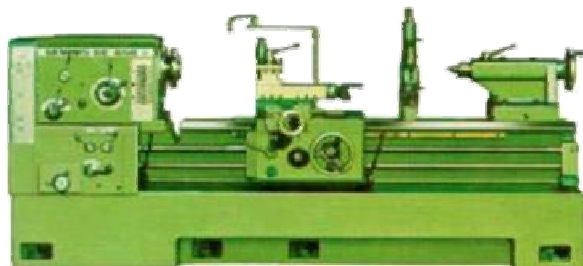
El recubrimiento electrostático con pintura en polvo cobra una importancia creciente. Los incrementos de esta tecnología favorable al ambiente están muy

²⁵ <http://www.asimet.cl/recubrimiento.htm>

por encima del término medio. Mediante una construcción compacta de la instalación y la posibilidad de la más amplia automatización pueden mantenerse mínimos el espacio ocupado y el número excesivo de personal. Ya que el recubrimiento tiene lugar en un sistema cerrado y sin disolventes tampoco se presentan efectos contaminantes perjudiciales. El rendimiento del material de recubrimiento es, según su sistema de recuperación, de hasta más del 99%. Es por eso que esta tecnología es una de las más rentables de toda la técnica superficial. Ver anexo # 2 para mayor información del proceso de pintura electro estática.

9.2.3 Torneado. Los ejes, camisas, tapas, de los cilindros y columnas del cierre infinito entre otros

Figura 50. Torno



Fuente: Autores del proyecto

Con el nombre genérico de torneado se conoce al conjunto de operaciones de mecanizado que pueden efectuarse en la máquina-herramienta denominada torno.

El torno fundamentalmente permite obtener piezas de revolución, aunque también es posible la obtención de superficies planas mediante ciertas operaciones. El movimiento principal en el torneado es de rotación y lo lleva la pieza mientras que los movimientos de avance y penetración son generalmente rectilíneos y los lleva

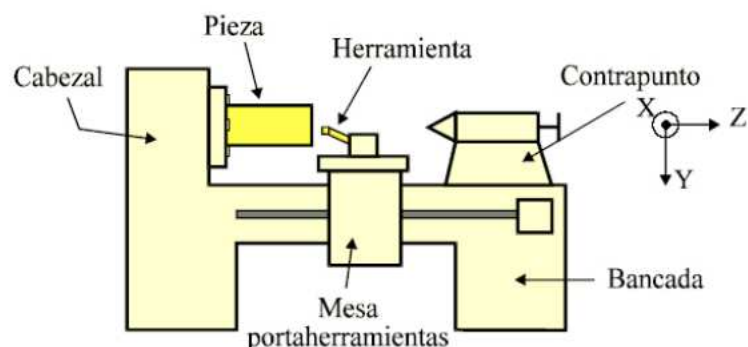
la herramienta. El eje de rotación de la pieza se toma como eje Z. El eje X se define paralelo a la bancada y perpendicular a Z. mientras que el eje Y. de escasa utilización en torneado, se define de forma tal que constituye un triedro rectángulo orientado a derechas con los ejes X y Z. En algunas máquinas y operaciones.

El movimiento de avance puede no seguir una trayectoria rectilínea. Este es por ejemplo un caso típico de operaciones efectuadas en tornos de control numérico que permiten el control simultáneo de los ejes Z y X.

El trabajo en el torno, excepto cuando se emplean máquinas-herramienta de control numérico, requiere por lo general de una gran destreza por parte del operario que maneja la máquina, y de hecho la profesión de tornero es una de las más comunes y cotizadas en el campo de la formación profesional mecánica.

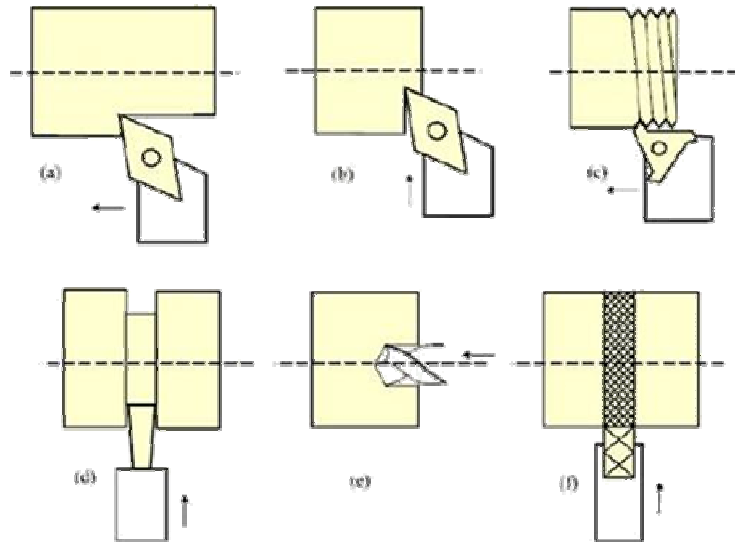
Existen numerosos detalles operativos relacionados con las operaciones de torneado que no serán descritos. Aunque existen diversos tipos de tornos que incorporan ciertas particularidades, un torno puede ser esquematizado de la siguiente forma.

Figura 51. Diagrama torno horizontal



Fuente: Autores del proyecto

Figura 52. Operaciones de torneado



Fuente: Autores del proyecto

Las operaciones más frecuentes a realizar en un torno, esquematizadas en la figura anterior son las siguientes:

- Cilindrado (a). Permite la obtención de una geometría cilíndrica de revolución. Puede aplicarse tanto a exteriores como a interiores.
- Refrentado (b). Permite la obtención de superficies planas perpendiculares al eje de rotación de la máquina.
- Roscado (c). Permite la obtención de roscas. Tornillos en el caso de roscado exterior y tuercas en el caso de roscado interior.
- Cajado o ranurado (d). Permite la obtención de cajas o ranuras de revolución.

- Tronzado (d). Permite cortar o tronzar la pieza perpendicularmente al eje de rotación de la pieza.
- Taladrado (e). Permite la obtención de taladros coaxiales con el eje de rotación de la pieza.
- Moleteado (f). Permite el marcado de la superficie cilíndrica de la pieza a fin de facilitar la rotación manual de la misma.

9.2.4 Soldadura MIG. El tipo de soldadura elegido fue la de tipo MIG por su calidad de acabados y la rapidez del proceso.

Figura 53. Equipo de soldar MIG



Fuente: Autores del proyecto

- Principio: el aparato de arco eléctrico MIG incluye un transformador que ofrece, mediante su cable de masa (unido por una pinza a la pieza a soldar) y un hilo de acero, una intensidad baja. El hilo de acero, enrollado en una bobina colocada al lado del aparato, es transportado automáticamente.

- MIG: "MIG" es la abreviación de "metal inert gas": esta soldadura en atmósfera inerte se refiere a gases raros como al argón y el helio. En la mayoría de los casos, se utiliza una mezcla de argón y dióxido de carbono CO₂. Se trata de una "soldadura semiautomática protegida con gas".

- Adición de gas: durante la soldadura MIG, solamente se calienta una pequeña zona alrededor de la junta. Simultáneamente a la alimentación con hilo tiene lugar una adición de gas que enfría las superficies y protege el metal de la acción del aire ambiental. Esta previene la oxidación. El hilo de acero no está recubierto, como en el caso del electrodo del aparato de arco eléctrico, sino compuesto de un alma totalmente metálica. Por tanto, no se forma escoria (cuya eliminación requiere bastante trabajo), sino un cordón muy liso²⁶.

- Alimentación con hilo: antes de poner en marcha un aparato MIG, es necesario fijar el tubo por el que se efectuará la alimentación con hilo y con gas. En el extremo de este tubo se encuentra una boquilla con un borde tubular. El rodillo está provisto de dos ranuras para el hilo de 0,6 y 0,8mm. Se puede elegir la ranura más adecuada haciendo girar este rodillo que, acoplado al otro rodillo, asegura un transporte suave del hilo. La velocidad en la que se desenrolla el hilo se regula, de forma continua, a partir de un panel de control. Un tornillo de reglaje permite ajustar la presión ejercida sobre el hilo. Una vez puesto en marcha el transporte del hilo hasta el borde tubular del tubo, abra el reductor de presión de la botella de gas. El aparato ya está listo para funcionar.

9.2.5 Fabricación de piezas torneadas. Las piezas se fabrican en un torno horizontal con buril de pastilla de tungsteno.²⁷

Las piezas entran a este proceso debidamente marcadas en los lugares donde

²⁶ <http://www.mailxmail.com/curso/vida/soldar/capitulo11.htm>

²⁷ Ibid

deben ir procesos de cilindrado o refrentado. La materia prima es varilla maciza de acero cold rolled de 1" de diámetro. Como el material ya viene a una 1" de diámetro se ahorra mucho tiempo de mecanizado por lo que todas las piezas tienen un diámetro exterior de 1".

Figura 54. Proceso de torneado.



Fuente: Autores del proyecto

CONCLUSIONES

El resultado final de este proyecto fue el diseño y construcción del modelo funcional de una inyectora de pistón para polímeros termoplásticos con recamaras de inyección intercambiables en un sistema tipo tambor de funcionamiento semiautomático, para inyección de probetas de laboratorio y uso demostrativo del proceso de inyectado de polímeros, usando tecnología local y aplicando los conocimientos adquiridos durante la academia.

Se construyo el modelo funcional de la inyectora usando tecnología local y materiales conseguidos en la región, buscando innovación y funcionalidad.

Se diseño el modelo funcional de una inyectora de pistón para materiales termoplásticos con capacidad para 15 gr. de polímero en cada una de sus recamaras intercambiables usando como polímeros demostrativos el PP, el PE, y el TR.

Se busco brindar un recurso para la demostración del proceso de inyección en la escuela de diseño, aportando una herramienta muy útil en el estudio de polímeros y sus procesos.

Se trato de desarrollar una maquina que funcione semiautomáticamente, ofreciendo al usuario un manejo limpio y de fácil ejecución, en el proceso de inyectado de probetas de termo polímero

Ofrecemos con este proyecto una solución practica y de bajo costo para la fabricación de probetas de materiales termoplásticos ya sea para el estudio de sus propiedades fisicoquímicas o para la evaluación de materiales para un proceso industrial.

Se innovo en cuanto a la adecuación de recamaras de inyección intercambiables, sistema de tambor, aminorando así tiempos y costos del proceso de inyectado, así como una mayor limpieza en el proceso.

Se ha simulado virtualmente la inyectora en su parte formal aplicando los conceptos de diseño y creando una interfase amigable para el usuario.

Se busco ofrecer un aporte a la escuela de diseño industrial UIS y a la comunidad estudiantil con la concepción de una herramienta para impulsar la creación y desarrollo de un espacio para el estudio de polímeros.

Se ha buscado desarrollar un proyecto de grado novedoso usando los conocimientos adquiridos en la academia y aportando una herramienta muy útil para el estudio del tema de polímeros en la Escuela de diseño.

Como proyecto, se presento una solución innovadora en cuanto se refiere al intercambio de las recamaras, tecnología usada, tipo de sistema de recamaras de carga, aplicando tecnología local y con recursos afines al presupuesto acordado

Hemos aprendido el proceso de idea diseño y construcción de un sistema hombre-maquina lo cual nos ha aportado una gran experiencia a nuestra vida académica y futura profesional, a la vez ofreciendo una solución coherente con la carrera, y con los objetivos propuestos con anterioridad.

BIBLIOGRAFIA

Ankrum y Nemeth. POSTURE COMFORT AND MONITOR PLACEMENT. Ergonomics in Design. Chapters 7-9. (1995).

BERTHELETTE Diane. ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO Capitulo Pantallas de visualización de datos. OIT. 1991.

DISPLAY TERMINALS (VDTS) Part 5: Workstation layout and postural requirements. ISO (1998).

ERGONOMÍA 3, Diseño de puestos de trabajo 2da edición. Capítulo 2.

FOLLETOS INFORMATIVOS. SÍNDROME DEL TÚNEL CARPIANO (CTS). NIOSH. 1997.

ISO 9241-5. ERGONOMIC REQUIREMENTS FOR OFFICE WORK WITH VISUAL JASCHINSKI-KRUZA. ON THE PREFERRED VIEWING DISTANCES TO SCREEN AND DOCUMENT AT VDU WORKPLACES. Ergonomics, 33, 8, 1055-1063. (1990).

MAFRE. FUNDACIÓN MANUAL DE ERGONOMÍA. Madrid: MAFRE, 1995.

NIOSH. CUMULATIVE TRAUMA DISORDERS: A manual for musculoskeletal diseases of the upper limb. TAYLOR & FRANCIS 1988. part 1.

Real Decreto 488/1997. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS AL TRABAJO CON EQUIPOS QUE INCLUYEN PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN. Gobierno de Navarra. 1997.

SÁNCHEZ-Román FR, PÉREZ-Lucio C, JUÁREZ-Ruíz C, VÉLEZ-Zamora NM, JIMÉNEZ-Villarruel. M. FACTORES DE RIESGO PARA LA ASTENOPIA EN OPERADORES DE TERMINALES DE COMPUTADORAS. Salud Publica Mex 1996;38:189-196

Sommerich. EFFECTS OF VDT VIEWING ON USER BIOMECHANICS, COMFORT, AND PREFERENCE. Proceedings of the Human Factors Society 42nd Annual Meeting, p.861-865. (1998).

INFORMACIÓN EN LINEA

<http://www.cdc.gov/spanish/niosh/fact-sheets/Fact-sheet-705001.html>.

<http://www.cdc.gov/spanish/niosh/index.html>

<http://www.cursospracticos.com>

<http://www.cutools.com>

<http://www.eorthopod.com>.

<http://www.ferretubos.com>

<http://www.healthycomputing.com>

<http://www.infomecanica.com>

<http://www.osha.gov>

<http://www.osha.gov/SLTC/etools/computerworkstations/index.html>

<http://www.pizano.com.co>

ANEXOS

Anexo A. Cálculos preliminares de la inyectora

ANÁLISIS DE LOS CILINDROS

DATOS:

Cilindro pequeño

material
Aluminio

$$D_{int} = 53mm$$

$$D_{ext} = 60mm$$

Espesor $t=3.5mm$

Cilindro grande

material
Acero 1040

$$D_{int} = 110mm$$

$$D_{ext} = 120mm$$

Espesor $t=5mm$

Análisis cilindro pequeño

Con un factor de diseño N, de 6 si fallan las válvulas de seguridad durante una sobrepresión. Aluminio con resistencia a la fluencia de 66 Ksi

$$p = 110psi = 758.423Kpa$$

$$p = \frac{F}{A} \Rightarrow F = p * A = 758.423 * \frac{\pi}{4} * D_{int}^2$$

$$F = 1673.22New$$

$$\sigma_{perm} = \sigma_{fluen} / N = 66 / 6 = 11Ksi$$

En este punto no se sabe si el cilindro será un recipiente a presión de paredes delgadas. (Vamos a verificar)

$$\sigma_1 = \frac{p * D_{int}}{2 * th} = \frac{758.423Kpa * 0.0532}{2 * th} = \frac{20.098}{th}$$

$$\sigma_2 = \frac{p * D_{int}}{4 * th} = \frac{10.049}{th}$$

Una aproximación de los esfuerzos principales en el análisis de pared delgada $\sigma_3 = 0$ usando el criterio de fluencia de la DET (teoría de energía de distorsión).

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2 * \sigma_e^2$$

$$\left(\frac{20.098}{th} - \frac{10.049}{th}\right)^2 + \left(\frac{10.049}{th}\right)^2 + \left(\frac{20.098}{th}\right)^2 = 2 * 75842.33^2$$

$$\frac{100.982}{th^2} + \frac{100.982}{th^2} + \frac{403.929}{th^2} = \frac{605.894}{th^2} = 11504118039.7$$

$$th^2 = \frac{605.894}{11504118039.7} \Rightarrow th \approx 1mm$$

Se concluye que el espesor del cilindro pequeño cumple con los requerimientos y se comporta como un recipiente de pared delgada.

Análisis cilindro grande

Factor de diseño $N=6$

Acero 1040 estirado en frío con esfuerzo de fluencia de 100Ksi

$$p = 110 \text{ psi} = 758.423 \text{ Kpa}$$

$$p = \frac{F}{A} \Rightarrow F = p * A = 758.423 * \frac{\pi}{4} * D_{\text{int}}^2$$

$$F = 1673.22 \text{ New}$$

$$\sigma_{\text{perm}} = \sigma_{\text{fluen}} / N = 100 / 6 = 16.7 \text{ Ksi}$$

$$\sigma_1 = \frac{p * D_{\text{int}}}{2 * th} = \frac{758.423 \text{ Kpa} * 0.110 \text{ m}}{2 * th} = \frac{41.713}{th}$$

$$\sigma_2 = \frac{p * D_{\text{int}}}{4 * th} = \frac{20.85}{th}$$

Una aproximación de los esfuerzos principales en el análisis de pared delgada $\sigma_3 = 0$ usando el criterio de fluencia de la DET

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2 * \sigma_e^2$$

$$\left(\frac{41.713}{th} - \frac{20.85}{th}\right)^2 + \left(\frac{20.85}{th}\right)^2 + \left(\frac{41.713}{th}\right)^2 = 2 * 75842.33^2$$

$$th^2 = \frac{3480}{11504118039.7} \Rightarrow th \approx 1mm$$

Se concluye que el espesor del cilindro pequeño cumple con los requerimientos y se comporta como un recipiente de pared delgada.

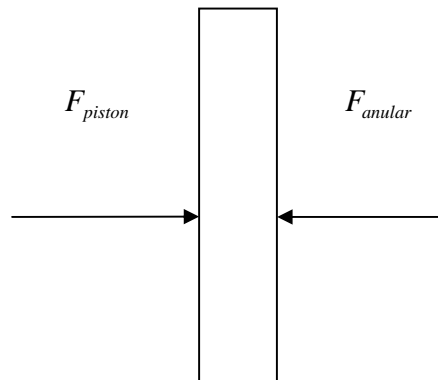
Análisis de las barras y pasadores del mecanismo de prensado

Teniendo en cuenta los datos del cilindro pequeño se procede a calcular la relación de áreas sobre el pistón

$$\beta = A_{piston} / A_{anular}$$

$$\beta = \frac{A_{piston}}{A_{piston} - A_{vastago}} = \frac{2206.18}{2029} = 1.1$$

Haciendo estática sobre el embolo se tiene



$$p_1 * A_{piston} = p_2 * A_{anular}$$

$$p_2 = p_1 * \beta$$

$$p_2 = 758423.3 Pa * 1.1 = 834265.63 Pa$$

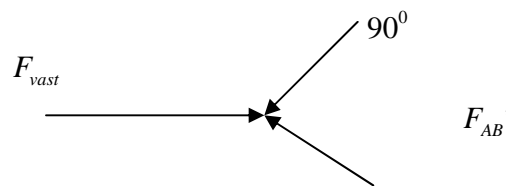
Fuerza ejercida por el vástago.

$$F = 834265.63 \text{ Pa} * 0.002029 \text{ m}^2 = 1672.8 \text{ New}$$

Fuerzas en las barras

Se analizaran las fuerzas en las barra para el momento critico es decir para cuando las barras AB y BC son colineales, pues en este momento es cuando el mecanismo ejerce la mayor fuerza.

$$F_{AB}$$



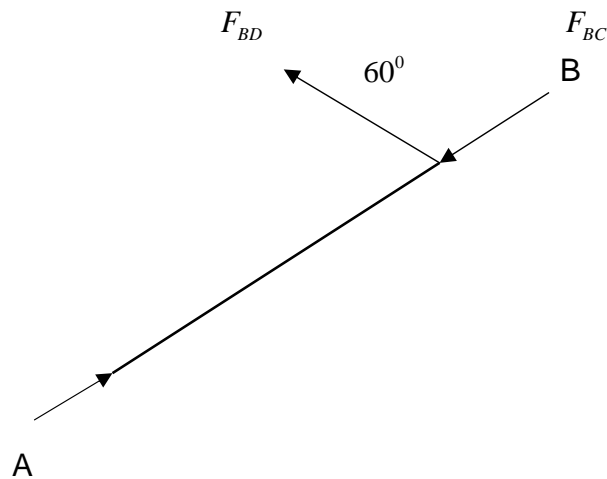
ESTRUCTURA MECANISMO



$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_{AB} = F_{AB}'$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{vástago} = 2 * F_{AB} * \cos 45$$

$$F_{AB} = \frac{1672.8 \text{New}}{2 * \cos 45} = 1182.28 \text{New}$$



$$1182.28 \text{New}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$1182.28 - F_{BC} - F_{BD} \cos 60 = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{BD} = 0$$

$$F_{BC} = 1182.28 \text{New}$$

Análisis en los pasadores más críticos

Pasador en A

Diámetro = 10 mm

Material = Acero 1020 $\tau = 145 \text{MPa}$ $\sigma = 331 \text{MPa}$

Tomando un factor de seguridad de 4 el valor admisible para el esfuerzo cortante es $\tau_{ad} = 145/4 = 36.25 \text{MPa}$ y para el axial $\sigma_{ad} = 82.75 \text{MPa}$

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{1672.8 \text{New}}{7.85 * 10^{-5} \text{m}} = 21.3 \text{MPa}$$

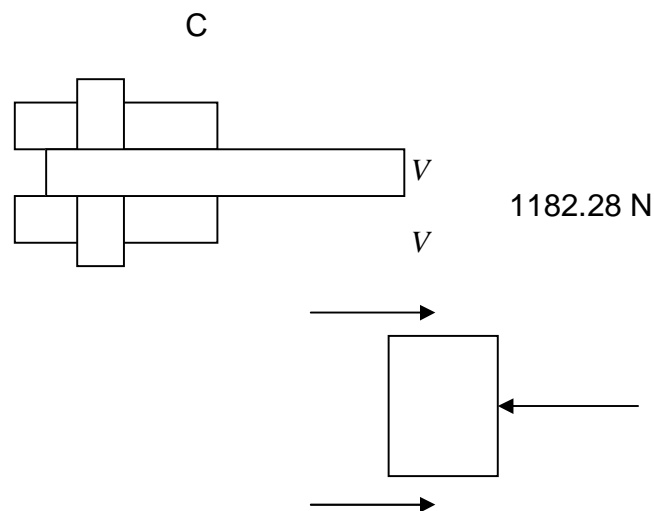
Es necesario analizar el esfuerzo de aplastamiento en A, teniendo en cuenta un espesor t de 7mm para la barra BC

$$\sigma_b = \frac{1672.8 \text{New}}{t * d}$$

$$\sigma_b = \frac{1672.8 \text{New}}{0.007 \text{m} * 0.01 \text{m}} = 24 \text{MPa}$$

Pasador en C

Este pasador se encuentra a cortante doble y tiene las mismas características que el pasador en A (diámetro y material)



$$\tau = V / A$$

$$\tau = \frac{1182.28 \text{New}}{2 * A} = 7.5 \text{MPa}$$

Es necesario analizar el esfuerzo de aplastamiento en C, teniendo en cuenta un espesor t de 7mm para la barra BC

$$\sigma_b = \frac{1182.28 \text{New}}{t * d}$$

$$\sigma_b = \frac{1182.28 \text{New}}{0.007 \text{m} * 0.01 \text{m}} = 16.87 \text{ MPa}$$

El aplastamiento en el soporte en C, sabiendo que toda la estructura que soporta la máquina es de acero estructural ASTM A36 con $\sigma = 250 \text{ MPa}$ y $t = 10 \text{ mm}$

$$\sigma_b = \frac{1182.28/2}{0.01 \text{m} * 0.01 \text{m}} = 6 \text{ MPa}$$

Análisis del vástago del pistón

Se prosigue con el análisis del vástago del cilindro de potencia (el pequeño)

Material: acero 1040 $\sigma = 412 \text{ MPa}$

Diámetro

1672.8New

1672.8New

Se debe prestar atención en la elección del factor de seguridad para el vástago

$F_s = a * b * c * d$ (Casillas. A.L. Máquinas, Cálculos de Taller. 23 edición)

Donde para nuestro caso

$a = 2$ Debido a la relación entre resistencia máxima y límite de elasticidad.

$b = 3$ debido a que el vástago está sometido a esfuerzos alternativos de tracción y compresión y es probable que falle por fatiga.

$c = 2$ puede ocurrir que la presión se aplique repentinamente.

$d = 1.5$ confiabilidad del material.

$$F_s = 2 * 3 * 2 * 1.5 = 18$$

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma}{F_s} \quad \sigma_{adm} = \frac{412 MPa}{18} = 22.88 MPa$$

$$\sigma = \frac{1672.8 New}{A} = \frac{1672.8 New}{1.767 * 10^{-4} m} = 9.5 MPa$$

Deformación en el vástago

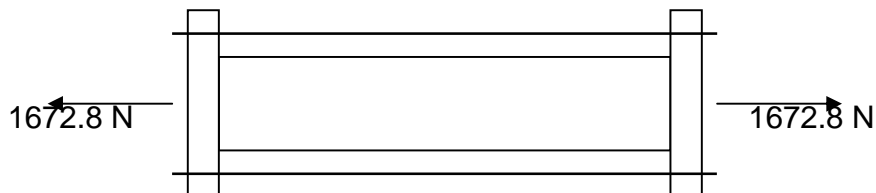
$$\rho = \frac{F * L}{A * E} \quad \text{donde } F = 1672.8 \text{ New} \quad L = 0.22 \text{ m}$$

$$A = 1.767 * 10^{-4} m^2 \quad E = 200 GPa$$

$$\rho = \frac{1672.8 New * 0.22 m}{1.767 * 10^{-4} m^2 * 200 GPa} = 0.01 mm$$

Debido al diámetro y longitud del vástago se desprecia el efecto columna.

Esfuerzos en los tornillos que mantienen juntas las tapas de los cilindros.



$$p = 110 \text{ psi}$$

$$\text{diametro} = 6 \text{ mm}$$

$$F_{presion} = 1673.22 \text{ New}$$

Los tornillos son de acero AISI 1020

Se toma un factor de seguridad de 4

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma}{F_s} = 82.75 \text{ MPa}$$

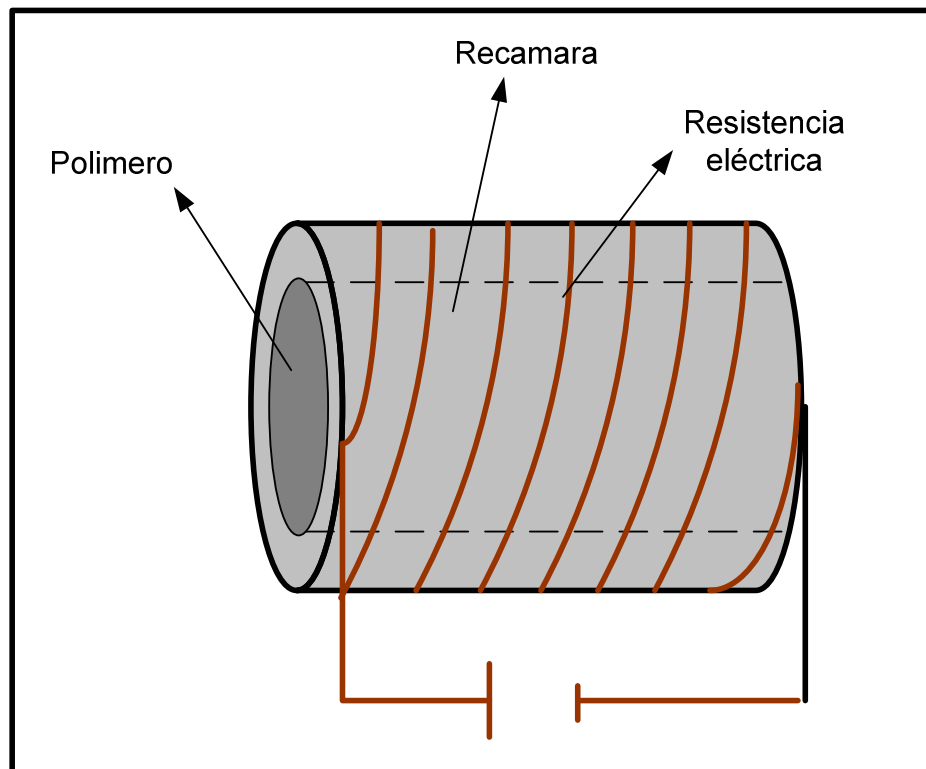
$$\sigma = \frac{1673.22 \text{ New}}{2.82 * 10^{-5} \text{ m}} = 59.33 \text{ MPa}$$

Para el otro cilindro se obtiene igual esfuerzo en los tornillos.

ANÁLISIS TÉRMICO PARA LA RECAMARA

La recámara la podemos considerar como un tubo de 60 mm de largo, diámetro exterior 34 mm y un espesor de pared de 3 mm.

La recámara esta calentada por una resistencia eléctrica de 12 ohms, 100 cm de longitud y 0.3 cm de diámetro arrollada sobre la superficie de la recámara.



Análisis para la resistencia eléctrica:

Se puede hallar la potencia consumida para lograr fundir el polímero por medio de la ley de Ohm:

$$Potencia = \frac{(voltaje)^2}{resistencia}$$

El voltaje de la línea de energía es de 120 voltios. Entonces:

$$Potencia = \frac{(120 \text{ volt})^2}{12 \text{ ohm}} = 1200 \text{ vatios}$$

Este valor de potencia significa que se transformara energía eléctrica en calor a razón de 1200 vatios. Por lo tanto, la velocidad de generación de calor en la resistencia de alambre es igual al consumo de potencia de la resistencia. Entonces, la velocidad de generación de calor en el alambre por unidad de volumen se determina al dividir la velocidad total de generación entre el volumen del alambre:

$$\dot{g} = \frac{\dot{G}}{V_{alambre}} = \frac{1200 \text{ vatios}}{(\pi(0.3 \text{ cm})^2 / 4)(100 \text{ cm})} = 170 \text{ vatios} / \text{cm}^3$$

Donde \dot{g} es la velocidad de generación por unidad de volumen, \dot{G} es la velocidad de generación de calor y $V_{alambre}$ es el volumen total del alambre.

De la misma forma el flujo de calor sobre la superficie exterior del alambre, como resultado de la generación de calor, se determina al dividir la velocidad total de generación entre el área superficial del alambre:

$$\dot{q} = \frac{\dot{G}}{A_{alambre}} = \frac{1200 \text{ vatios}}{\pi(0.3 \text{ cm})(100 \text{ cm})} = 13 \text{ vatios} / \text{cm}^2$$

Donde \dot{q} es el flujo de calor, \dot{G} es la velocidad de generación de calor y $A_{alambre}$ es el área superficial del alambre.

Análisis para la recámara

La temperatura mínima que debe alcanzar la recámara es 180 C que es la temperatura de fusión del polietileno de alta densidad , entonces por cuestiones de diseño (para contrarrestar las perdidas de calor por convección y radiación) establecemos que la temperatura en el centro del alambre es de 200 C.

De las leyes de transferencia de calor [1] se tiene:

$$T_0 = T_s + \frac{\dot{g}r^2}{4K}$$

Donde T_0 es la temperatura en el centro de la resistencia, T_s es la temperatura en la superficie de la resistencia y K es la conductividad de la resistencia eléctrica.

$$200C + \frac{(1.7 * 10^8 \text{ vatios} / m^3)(0.0015)^2}{4 * 15W / m * C} = 206C$$

Entonces, como la resistencia eléctrica esta en contacto directo con la recamara, suponemos que la temperatura de la superficie de la recamara es de 206 C.

De tal forma que la recamara esta recibiendo el calor generado por la resistencia eléctrica.

Como la recamara se encuentra también en contacto con el ambiente debemos tener en cuenta la transferencia de calor hacia este, por encontrarse a menor temperatura que la recamara (asumimos la temperatura ambiente 20 C)

Aplicando la ley de conducción de calor en cilindros [1]

$$\dot{Q}_{cond} = 2\pi Lk \frac{T_1 - T_2}{\ln(r_2 / r_1)}$$

Donde \dot{Q}_{cond} es el calor transferido por conducción, L es la longitud del cilindro, k es la conductividad térmica de la recamara, $T_1 - T_2$ es la diferencia de temperaturas entre la superficie interior de la recamara y la superficie exterior de la misma, r_1 y r_2 son los radios interior y exterior de la recamara respectivamente.

Remplazando la temperatura en el interior de la recamara con un valor de 200C para asegurar la fundición del polímetro completamente, se obtiene el flujo de calor por conducción:

$$\dot{Q}_{cond} = 2\pi * 0.06m * 80 \text{ vatios} * C / m * \frac{(200 - 206)C}{\ln(0.017 / 0.014)} = 932 \text{ vatios}$$

Lo que significa que la resistencia eléctrica utilizada (1200 vatios) es suficiente para producir el flujo de calor necesario para fundir el polímero.

Podemos también hallar el calor perdido en la recamara por convección, asumiendo que se encuentra en un ambiente a 20 C y un coeficiente de transferencia por convección de $80 \text{ vatios} * C / m^2$.

Aplicando la ley de transferencia de calor por convección [1] :

$$Q_{convec} = \frac{T_2 - T_\infty}{\frac{1}{h * A}}$$

Siendo T_2 la temperatura en la superficie de la recamara, T_∞ la temperatura ambiente, h el coeficiente de transferencia por convección y A el área superficial de la recamara.

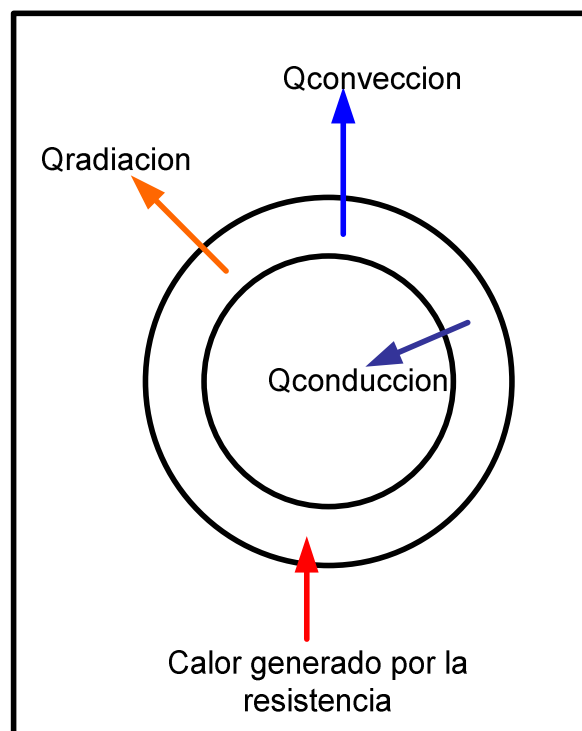
Remplazando se obtiene:

$$Q_{convec} = \frac{(206 - 20)C}{\frac{1}{80 \text{ vatios} * C/m^2 * 8.22 * 10^{-3} m^2}} = 122 \text{ vatios}$$

Entonces el flujo de calor por convección es de 122 vatios, haciendo el balance de energía se puede calcular la pérdida de calor por radiación.

$$\dot{G} = \dot{Q}_{cond} + \dot{Q}_{convec} + \dot{Q}_{radiacion}$$

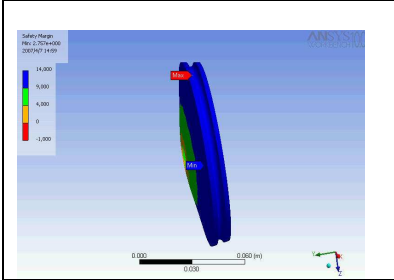
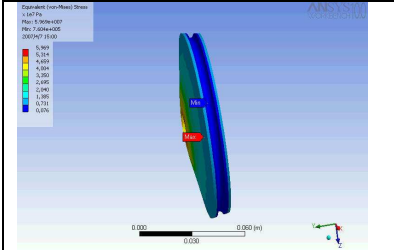
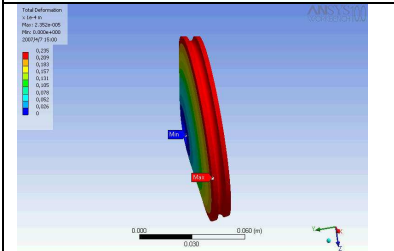
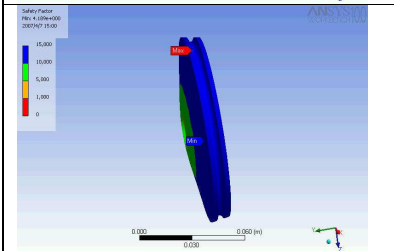
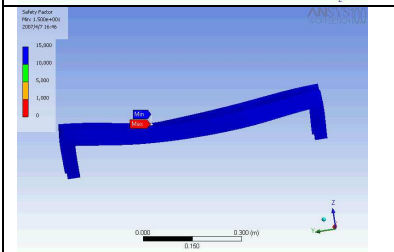
$$\dot{Q}_{radiacion} = 1200 - 932 - 122 = 146 \text{ vatios}$$



REFERENCIAS

Análisis estructural por von moisés, factor de seguridad y deformación en el programa ansys worbench para análisis de esfuerzos de la inyectora ver tabla análisis de esfuerzos.

Tabla análisis de esfuerzos.

	<p>Imagen margen de seguridad pistón del cilindro inyector</p>
	<p>Imagen esfuerzo por von-moises pistón del cilindro inyector</p>
	<p>Imagen deformación total pistón del cilindro inyector</p>
	<p>Imagen factor de seguridad piston del cilindro inyector</p>
	<p>Imagen factor de seguridad base de la inyectora</p>

	<p>Imagen deformación total, base de la inyectora</p>
	<p>Imagen factor de seguridad, placa libre</p>
	<p>Imagen deformación total, placa libre</p>
	<p>Imagen factor de seguridad, soporte de columnas</p>
	<p>Imagen maximo esfuerzo cortante, soporte de columnas</p>
	<p>Imagen deformación total, soporte de columnas</p>

	<p>Imagen factor de seguridad, placa trasera de soporte</p>
	<p>Imagen máximo esfuerzo, placa trasera de soporte</p>
	<p>Imagen máximo esfuerzo cortante, placa trasera de soporte</p>
	<p>Imagen deformación total, placa trasera de soporte</p>

Fuente el autor

**Anexo B. Planos generales de la Inyectora
(Medio Magnético)**

Anexo C. Determinación del tamaño de la muestra

En Cuanto a la determinación del numero de individuos de la muestra para realizar los estudios correspondientes al proyecto, nos basamos en las formulas teoremas y metodos que rigen la estadistica de estudios de población.

Así, en resumens para el calculo del tamaño de la muestra conociendo el numero de la población total tenemos:

Siendo, **N** (Numero de población concoido) = 30 personas, respresentadas en el numero de individuos que estan matriculados en materias relacionadas con polimeros en una frecuencia semstral, dado su naturaleza de frecuencia o ciclo repetitivo de esta población cada semestre, y al ser un Muestreo Aleatorio Simple, se aconseja no aumentar de manera innecesaria el tamaño de la población según manejo estadistico.

Continuando con los valores,

Un error admitido (d) en un rango de 5% a 15 %.

Un nivel de Confianza (Z) del 95 %

Un parámetro de frecuencia (p) del 5 %

Con (q) = (p-1) = 0,95.

Y resolviendo en la formula para el calculo de tamaño de una muestra:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z^2 \times p \times q} = \frac{30 \times 1,96^2 \times 0,005 \times 0,95}{0,15 \times 29 + 1,96^2 \times 0,01 \times 0,95}$$

Desarrollando tenemos que,

El tamaño inicial de individuos para la muestra es de **7 a 11 personas**.

A continuación, aplicando la formula correctiva para poblaciones demasiado pequeñas (N<300), la cual aplica para nuestro caso (N=30), y siendo la formula:

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{Z} + \frac{1}{n} \text{ reemplazando tenemos,}$$

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{30} + \frac{1}{7} \text{ Así, nos da como resultado un rango de } m = 5 \text{ a } 8 \text{ individuos.}$$

Basados en esto asumimos como % individuos el tamaño final de la muestra para ser usada en las encuestas y estudios, y teniendo en cuenta el llamado Teorema del Limite Central el cual dice “ Toda muestra el aumentar, tiende a la normalidad y es susceptible de ser analizada bajo una distribución de probabilidad normal”, se

decidio no aumentar el numero de la muestra innecesariamente dada la naturaleza de favorabilidad general del mayor numero de preguntas y actividades del proyecto.

FUENTES :

http://www.fsalazar.bizland.com/URL_INGENIERIA_PRIMERO/URL_02_BAS02.pdf

http://www.epidemio.com/epidemio/img/datos/21_06_58_2TamanoMuestra3.pdf

<http://www.applet-magic.com/randovarsp.htm>

Anexo D. Normatividad internacional usada en el proyecto

4.1 NORMA ASTM 3550 . PROBETAS POLIMERICAS PARA ENSAYOS FISICOS MULTIPROPOSITO NORMA ANALOGA ISO 3167.

. PROBETA MULTIPROPOSITO 1A ASTM 3550-. (ISO 3167)



Alcance:

La ISO 3167 define un a sola probeta de pruebas que pueda proporcionar las muestras para una variedad amplia de pruebas. Esto es una diferencia significativa de ASTM, donde están de uso frecuente los moldes de la multicavidad proporcionar la variedad de muestras de la prueba para la prueba física básica.

Tamaño de la probeta

El espécimen multipropósito de la prueba tiene la forma básica de un hueso extensible del perro, 150 milímetros desea, con la sección de centro 10 milímetros de ancho por 4 milímetros de grueso por 80 milímetros de largo.

Datos:

Una lista parcial de usos recomendados por ISO 3167:

DTUL - ISO 75

Prueba de Flexural - ISO 178

Impacto de Charpy - ISO 179

Impacto de Izod - ISO 180

Prueba extensible - ISO 527-2

Impacto extensible - ISO 8256

NORMA ASTM 0347. PROBETA ESTANDAR PARA PRUEBAS DE IMPACTO



Tamaño de la probeta

La probeta estándar para ASTM es 64 x 12.7 x 3.2 milímetros ($\frac{1}{2}$ x de 2 $\frac{1}{2}$ x $\frac{1}{8}$ pulgada). El grueso más común de la probeta es 3.2 milímetros (0.125 pulgadas), pero el grueso preferido es 6.4 milímetros (0.25 pulgadas) porque no es como probablemente doblarse o machacar. La profundidad de la muesca de la probeta es 10.2 milímetros (0.4 pulgadas).

La probeta estándar para la ISO es un tipo espécimen multipropósito de 1A con las lengüetas del extremo cortadas. La muestra de la prueba que resulta mide 80 x 10 x 4 milímetros. La profundidad de la muesca de la probeta es 8m m.

Datos:

La energía del impacto de ASTM se expresa en J/m o el pie-libra/pulg. de fuerza de impacto es calculado dividiendo energía del impacto en J (o el pie-libra) por el grueso de la probeta. El resultado de la prueba es típicamente el promedio de 5 especímenes.

La fuerza de impacto de la ISO se expresa en kJ/m². La fuerza de impacto es calculada dividiendo energía del impacto en J por el área debajo de la muesca. El resultado de la prueba es típicamente el promedio de 10 probetas. Cuanto más alto es el número que resulta, más resistente es el material.

4.2 NORMA ANSI Z-535 SEÑALIZACION DE MAQUINAS Y SEGURIDAD INDUSTRIAL.

SEÑALIZACIÓN MÁQUINA TIPO ANSI Z535

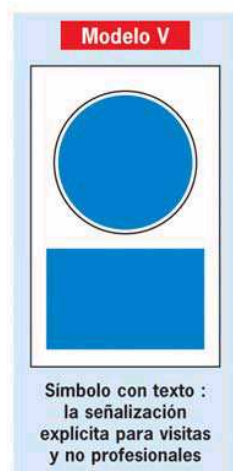
Para un mensaje sin ambigüedad.



Las cualidades de la señalización ANSI:

- 1- El encabezado de color indica el peligro presente o potencial
- 2- El pictograma muestra el riesgo existente y el comportamiento que se debe seguir (uso de un EPI (equipamiento de protección individual), ...)
- 3- El texto está escrito en minúsculas y enmarcado a la izquierda para poder ser leído inmediatamente.
- 4- El contraste del texto en blanco sobre fondo negro refuerza la eficacia del mensaje.

- Destinada al mercado de los puestos de trabajo cercanos del peligro que hay que identificar o para indicar las medidas de protección necesarias.
- Gama de visuales típicos con pictogramas particularmente explícitos.
- 3 elementos componen el marcado :
 - un encabezado de peligro o de advertencia
 - un visual que presenta el riesgo y el comportamiento obligatorio que corresponde
 - un texto explícito y contrastado que refuerza la comprensión
- De vinilo adhesivo, dim. 105 x 52 mm adaptado a las carcasas de máquinas o a los tableros de accionamiento.
- Vendido por lote de 5 señales idénticas.



Materiales : V : poliéster laminado autoadhesivo. Flexible. Resistente a la abrasión, a los rayos ultravioleta, a los disolventes, a los grafitis, etc. Resistencia térmica : de - 40°C hasta + 110°C. P : paneles de polipropileno (vinilo sobre polipropileno con un laminado de poliéster o polipropileno en serigrafía). Sin adhesivo. Espesor : 1,5 mm. Muy resistente a los rayos ultravioletas y a la mayoría de los disolventes. Resistencia térmica : de - 40°C hasta + 120°C.

4.3 NORMA ISO 6385 PRINCIPIOS ERGONOMICOS PARA PROYECTAR SISTEMAS DE TRABAJO

International Standard Organisation - ISO Asociación Internacional de Ergonomía - IEA

Contenido:

1. Origen y Finalidad.
2. Campo de Aplicación.
3. Principios generales orientadores.
4. Planeamiento concerniente a la entrada y a la transmisión de información.

5. DISEÑO DEL AMBIENTE DE TRABAJO.

6. PROYECTO DEL PROCESO DE TRABAJO.

1. Origen y Finalidad

La International Standard Organisation sometió a la Asociación Internacional de Ergonomía su propuesta de "Principios Ergonómicos para Proyectar Sistemas de Trabajo", con objeto de que fuera comentado y, en todo caso, aprobado por las entidades nacionales de Ergonomía federadas y asociadas. Con tal finalidad, la propuesta fue recibida por la Sociedad Española de Psicología, cuya Sección de Psicología Industrial se ocupa de cuestiones de Ergonomía. El documento recibido

en inglés, fue traducido, aprobado y recomendado a las organizaciones industriales.

El motivo de su elaboración y de su difusión está en la comprobación de que los factores humanos, tecnológicos y organizacionales afectan al comportamiento en el trabajo y al bienestar de los hombres como parte del sistema de trabajo. El diseño del sistema de trabajo debe satisfacer las exigencias humanas, aplicando conocimientos Ergonómicos a la luz de la experiencia práctica en el funcionamiento de las organizaciones.

El propósito de estas normas internacionales está en el deseo de proveer a las organizaciones de todo el mundo de principios Ergonómicos, como orientación básica para proyectar sistemas de trabajo. La situamos en este lugar porque pueden ser aplicadas en todas clase de organizaciones y de trabajos, sean estos realizados en fábricas, en hoteles o en oficinas; en grandes y pequeños establecimientos comerciales o institucionales; en servicios de transporte terrestre, marítimos y aéreos; en explotaciones agrícolas, forestales, pesqueras, mineras y en cuantos esfuerzos se realicen por mejorar la eficacia, el ambiente y la calidad de la vida humana.

2. Campo de Aplicación.

Los principios Ergonómicos presentados en la presente norma se aplican al proyecto de condiciones de trabajo óptimas con vistas al bienestar humano, la salud óptima y la seguridad, teniendo en cuenta la eficacia tecnológica y económica.

Esta norma debe ser utilizada conjuntamente con otras normas pertinentes y de acuerdo con reglamentaciones nacionales o internacionales, así como acuerdos existentes al efecto. Son necesaria las adaptaciones de esta norma, con objeto de

añadir requerimientos de ciertas categorías de individuos por ejemplo, con vistas a la edad o a la invalidez, o en casos excepcionales de situaciones de trabajo y de emergencias.

Definiciones.

El sistema de trabajo es entendido como una combinación de personas y equipos de trabajo que actúan juntos en un proceso laboral, para una finalidad expresa, en un lugar de trabajo y en un ambiente de trabajo bajo condiciones impuestas por las tareas que se han de realizar.

Tarea Laboral.

Por tarea laboral se entiende la acción de llevar a cabo un trabajo en un sistema.

Equipamiento de Trabajo.

Consiste en herramientas, máquinas, instrumentos, instalaciones y otros componentes utilizados en el sistema de trabajo.

Procesos de Trabajo.

Es la secuencia, en tiempo y espacio, de una interacción de personas, equipo de trabajo, materiales, energía e información dentro de un sistema de trabajo.

Ambiente de Trabajo.

Comprende factores físicos, químicos y biológicos que rodean a las personas en su lugar de trabajo. Esto debe incluir factores sociales y culturales que, sin embargo, no se cubren en esta norma.

Sobre Tensión.

la "work strain" (reacción interna) es el efecto de la tensión laboral en relación con las características y aptitudes individuales. Las consecuencias son físicas y psíquicas.

Fatiga.

Es la manifestación local o general, no patológica, de la sobre tensión laboral, completamente reversible con el descanso.

3. Principios generales orientadores.

Proyecto de lugar de trabajo y de equipamiento de trabajo.

Este proyecto debe tener en cuenta los impedimentos impuestos al cuerpo humano, en relación con el proceso de trabajo, dadas las dimensiones del cuerpo del trabajador. El área de trabajo debe adaptarse al operador, particularmente:

- a) La altura de la superficie de trabajo debe adaptarse a las dimensiones (estatura) del cuerpo del operador y a la clase de trabajo realizado.
- b) Los asientos deben acomodarse a las formas anatómicas y fisiológicas del individuo.
- c) Debe procurarse espacio suficiente para los movimientos del cuerpo en particular de la cabeza, de los brazos, las manos, las piernas y los pies.
- d) Deben establecerse controles del funcionamiento de manos y pies.
- e) Manivelas y demás órganos de maniobra deben estar adaptados a la anatomía funcional de la mano.

Diseño en relación con la posición del cuerpo, la fatiga muscular y los movimientos corporales.

El planeamiento del trabajo debe ser tal, que evite excesiva tensión en los músculos, articulaciones, ligamentos, y sistema respiratorio y circulatorio. Los requerimientos posturales deben mantener al hombre dentro de los deseables límites fisiológicos.

Los movimientos del cuerpo deben seguir ritmos naturales. La posición del cuerpo, la extensión de los movimientos de éste deben estar en armonía unos con otros.

Posiciones del cuerpo.

Deben prestarse atención primordial a lo siguiente:

a) El operador debe poder tener alternativas de estar sentado y de estar de pie. Si hay que elegir una de estas posiciones, la sentada es normalmente preferible a la de pie; esta última es permisible si se hace necesaria por la movilidad individual en el proceso de trabajo.

b) Si hay que ejercitar el músculo en exceso, la cadena de fuerzas (secuencia de esfuerzos) y las articulaciones del cuerpo deben hacer movimientos cortos y simples de modo que permitan posiciones deseables al cuerpo y le proporcionen apoyo apropiado.

c) Las posiciones no deben causar fatiga muscular estática. Deben hacerse posibles las alternativas en las posiciones corporales.

Esfuerzo muscular.

Se debe prestar especial atención a lo siguiente:

- a) El esfuerzo que se exija debe ser compatible con las capacidades físicas del operador.
- b) Los grupos de músculos interesados deben ser bastante fuertes para responder a las demandas de esfuerzo. Si se pide un esfuerzo excesivo hay que introducir fuentes auxiliares de energía en el puesto de trabajo.
- c) Debe tratarse de evitarse el mantenimiento de una tensión ininterrumpida en el mismo músculo durante largo tiempo (tensión muscular estática)

Movimiento del Cuerpo.

Se debe prestar atención primordial a lo siguiente:

- a) Hay que establecer un equilibrio entre los movimientos del cuerpo; hay que preferir el movimiento a una prolongada inmovilidad.
- b) La amplitud, el esfuerzo, la rapidez y ritmo de los movimientos deben ser combinables.
- c) Los movimientos de gran precisión no deben ser integrados en un ejercicio de mucho esfuerzo muscular.
- d) La ejecución de movimientos secuenciales debe facilitarse por medio de preparación especial guiadora.

4. Planeamiento concerniente a la entrada y a la transmisión de información.

Señales y dispositivos.

Hay que seleccionar las señales y dispositivos de alerta para que sean fijados y

dirigidos de manera compatible con las características de la percepción humana.
En particular:

a) La naturaleza y el número de señales y rótulos deben ser adecuados y compatibles con las características de la información que han de dar.

b) Con objeto de obtener una clara identificación de la información cuando los datos sean numerosos, deben dejárseles en un espacio de manera que proporciones clara y rápidamente una orientación comprensible. Su disposición debe estar en función del proceso técnico o bien de la importancia y de la frecuencia de los temas de información. Esto debe obtenerse con el agrupamiento de acuerdo con las funciones del proceso o del tipo de las medidas y otros conceptos, sobre los que se haya de llamar la atención.

c) La naturaleza y disposición de las señales y cuadros informativos deben asegurar una percepción clara. Esto se aplica especialmente en las señales de peligro. Se debe tener en cuenta, por ejemplo, la intensidad, la forma, el tamaño, el contraste, la prominencia y la razón de la señal.

d) Las variaciones de información deben ser compatibles, en su dirección y extensión,

con las variaciones de las cantidades o movimientos por los cuales se produzcan.

e) En actividades protegidas en las cuales ha de predominar la observación y la guía directiva, deben evitarse efectos de sobrecarga y confusión con diseño especial y colocación de señales y cuadros explicativos.

Controles.

Los controles deben ser elegidos, diseñados y colocados de modo que sean

compatibles con las características (particularmente en movimientos) de la parte del cuerpo correspondiente a la operación.

Destreza, exactitud, velocidad y fuerza requeridas deben ser tenidas en cuenta, en particular:

a) Tipo, diseño, y situación de los controles deben corresponder a la tarea controlada, teniendo en cuenta las características humanas, incluso los posibles movimientos automáticos adquiridos en otros sistemas.

b) Los controles de desplazamientos y resistencia deben ser elegidos a la tarea controlada y de los datos biomecánicos y antropométricos.

c) El control de las respuestas de movimientos y de equipo, así como las respuestas de control de movimiento y de señales deben ser compatibles.

d) La función de los controles debe ser fácilmente identificable para evitar confusiones.

e) Cuando los controles sean numerosos deben ser colocados de manera que se manejen con seguridad y la operación no sea ambigua sino precisa. Debe procurarse, similarmente, para las señales, que se agrupen de acuerdo con sus funciones en el proceso, por el orden en que han de ser usadas.

f) Los controles deben ser protegidos contra operaciones inadvertidas.

5. Diseño del ambiente de trabajo.

El ambiente de trabajo debe ser proyectado de modo que no tenga efectos nocivos en la gente, sean de orden físico, químico o biológico y procurando que

sirva para mantener la salud, así como la capacidad y buena disposición para el trabajo. Se deben tener en cuenta los fenómenos objetivamente medibles, así como las apreciaciones subjetivas.

Dependiendo del sistema de trabajo, es necesario prestar atención, en particular, a los siguientes puntos:

a) Las dimensiones de las premisas de trabajo (localización general, espacio para trabajar y espacio para las actividades referentes al tráfico) deben ser adecuadas.

b) La renovación del aire debe ser adaptada en relación con los factores como los siguientes:

- Número de personas en el local.
- Intensidad del trabajo físico requerido.
- Dimensión de las premisas (teniendo en cuenta circunstancias internas).
- Emisión de pululantes en el local.
- Aplicaciones que consuman oxígeno.
- Condiciones térmicas.

c) Las condiciones térmicas del lugar de trabajo, deben ser adaptadas de acuerdo con las condiciones climáticas del lugar, teniendo en cuenta principalmente:

- Temperatura atmosférica.
- Humedad del aire.
- Velocidad del aire ambiental.
- Radiación térmica.
- Intensidad del trabajo físico realizado.
- Propiedades de la vestimenta.

d) La iluminación debe ser tal, que compense posibles efectos de percepción óptica de los operarios para las actividades requeridas. Se debe prestar especial atención a los siguientes factores:

- Iluminación para el trabajo, color.

En esto hay que ver si el trabajador es apto para determinados puestos de trabajo que se le puedan ofrecer. Además, hay que tener en cuenta los peligros que puedan existir para él en relación con la seguridad y su salud.

- La mayor parte de la gente manifiesta ver y distinguir perfectamente los colores. Si se realiza algún tipo de test, se verá que son realmente numerosos los que tienen alguna anomalía cromática.

- Homogeneidad. Ausencia de brillos y reflejos molestos. Contraste en iluminación y color. Edad media de los trabajadores.

e) En la selección de los colores para el local y para el equipo de trabajo deben tenerse en cuenta sus efectos en la distribución de las luces y en la estructura y calidad del campo de la visión.

f) El ambiente acústico del trabajo debe disponerse de modo que se eviten los efectos de ruido y monotonía, incluyendo aquellos efectos debidos a causas exteriores. Se debe tener en cuenta particularmente los siguientes factores:

- Nivel de intensidad del sonido.

- Espectros de frecuencia.

- Distribución en el tiempo.

- Percepción de señales acústicas.

- inteligibilidad de lo que se habla.

g) Las vibraciones y los impactos transmitidos a las personas no deben alcanzar niveles que causen daño físico, reacciones psico-patológicas o bien trastornos sensomotores.

h) Debe evitarse la exposición de los trabajadores a materiales y radiaciones nocivas.

i) Durante el trabajo que se realice al exterior debe procurarse adecuada protección contra los efectos climáticos adversos (contra el calor, el frío, el viento, la lluvia, la nieve, el hielo).

6. Proyecto del proceso de trabajo.

El proyecto de proceso de trabajo debe procurar la salvaguardia de la salud y la seguridad de los trabajadores, promover su bienestar, y facilitar la realización de la tarea, particularmente evitando sobrecarga e infracarga. Tanto la sobrecarga como la infracarga resultaría transgredir, respectivamente, los límites altos y bajos de las funciones fisiológicas o psicológicas, por ejemplo:

- Sobrecarga física o sensorial causante de fatiga.

- Contrariamente, infracarga de trabajo, productora de una monotonía que disminuya la vigilancia.

La sobre tensión física y psíquica depende no solamente de los factores señalados bajo los dos epígrafes anteriores, sino también del contenido y de la repetitividad de las operaciones que el trabajador tiene que controlar durante el proceso de trabajo.

Hay que dirigir especial atención según se apliquen uno o más de los métodos de que fomentan la calidad del proceso de trabajo:

a) Si un operador tiene que realizar varias operaciones sucesivas a lo largo de la misma función laboral en vez de hacerlas varios operarios (extensión del trabajo).

b) Cuando un operador tiene que realizar operaciones sucesivas a lo largo de diferentes funciones de trabajo, en vez de no realizarlas diversos operadores. Por ejemplo, operaciones de ensamble seguidas de labores de calidad realizadas por el operador que también corrija defectos (enriquecimiento del trabajo).

c) Intercambio de actividad, como por ejemplo, rotación voluntaria de trabajo entre operadores en un montaje de línea o en un trabajo de equipo dentro de un equipo autónomo.

d) Interrupciones (pausas) programadas o no.

Al tomar las medidas señaladas anteriormente debe prestarse particular atención a lo siguiente:

- a) Variaciones en la vigilancia y en la capacidad de trabajo en el día y en la noche.
- b) Diferencias en la capacidad de trabajo entre los operarios y cambios con la edad.

4.4 NORMAS DE ERGONOMIA Y SEGURIDAD INDUSTRIAL VIGENTES PARA EL DISEÑO DE MAQUINA HERRAMIENTAS

- **ISO (Internacional Standards Organization) 6385:**
Principios ergonómicos en el diseño de los sistemas de trabajo.
- **ANSI B11 TR-1-1993: Guías ergonómicas para el diseño, instalación y uso de máquinas y herramientas.**
- **ANSI Z-365: Control del trabajo relacionado con alteraciones de trauma acumulativo.**
- **Normas de Higiene y Seguridad de la STPS (Secretaría del trabajo y Previsión Social).**