

Universidad Autónoma de Baja California  
Facultad de Ingeniería



Maestría en Ciencias e Ingeniería

Rediseño de earhook

Tesis profesional para obtener el grado de  
maestría en Ingeniería presenta.

Ing. José Zazueta Ramírez

Director de Tesis

Dr. Álvaro González Ángeles

## Resumen

En la actualidad, el departamento de producción esta generando alrededor de 95,000 dólares anuales de desperdicios debido a que se están utilizando un earhook ensamblado a través de un perno de metal que sujeta dos partes de plástico. Debido a lo anterior surge el proyecto de rediseño del Earhook.

Este proyecto de investigación tiene el objetivo de obtener un modelo prototipo flexible e intercambiable para reducir los costos de desperdicios, tratando de reducir la cantidad de piezas y operaciones de ensamble.

Para lograr el objetivo anterior se plantearon 4 hipótesis como posibles soluciones. También se desarrollo una metodología de experimentación con el fin de tener un mejor seguimiento a cada hipótesis y adquirir el mejor análisis de ellas.

Cada uno de los modelos de las hipótesis fueron hechos en el software Pro-E, donde se observó características tales como; cuanto espacio, tamaños, formas, etc, asimismo, los ángulos de salida de cada pieza fueron revisados, los cuales son de gran importancia para tener una mejor expulsión en el proceso del moldeo de la pieza.

El nuevo prototipo fue analizado con el software moldflow para determinar la mejor posición y el tipo de portada, y así eliminar los posibles problemas con las líneas de unión en áreas que requieren esfuerzos.

Con el proceso de estereolitografía se construyeron los modelos de cada hipótesis, estos fueron ensamblados para evaluar si cumplian con los requerimientos anteriormente planteados, asi como, observar sus ventajas y desventajas.

En conclusión el nuevo diseño del earhook con snap tipo barra y el rediseño de las piezas giratorias cumplen con los objetivos planteados en este proyecto y además presentan una reducción de desperdicios por la flexibilidad en el ensamble.

## **Abstract**

Nowadays, production department is generating around 95, 000 dollars per year of scrap, this is owing the earhook is assembled by a metal pin which keep both parts together. Due to above mentioned arise the earhook redesign project.

This research project has as objective to obtain a flexible and exchangeable prototype to reduce the scrap cost, trying to reduce the quantity of parts and assembly operations.

To reach the previous aim, 4 hypotheses were considered as possible solutions. Also, an experimental methodology was developed with the intention to acquire a better follow up and the best analyses of every hypothesis.

Every hypothesis model was designed using the Pro-E software package, where it was observed characteristic such as; the space room, size, shape of prototypes, likewise, The draft angle of every sample was examined, which are very important to have a better mold part ejection during the molding process.

The new swivel was analyzed using the moldflow software to determine the of the position and kind of gate, avoiding possible problems with the weld lines in areas that require stress.

By stereolithography process, all hypothesis model were synthesized. The new specimens were assembled to evaluate if they would comply with the previously considered requirements, as well as to observe their advantages and disadvantages. In addition, all new processed parts were valued by authorized personal from operation department.

In conclusion the new earhook redesign with beam snap and the new swivel comply with the project objective beside presenting a reduction of scrap due to this new redesign possesses great the flexibility in the assembly.

## Índice

Resumen .....	2
Abstract.....	3
Introducción .....	9
Objetivo.....	10
Metas.....	10
Justificación .....	11
<b>Capítulo I. Estado del arte.....</b>	<b>13</b>
1.1    Los snap-fit.....	13
1.2    Ventajas de los snap-fit .....	14
1.3    Desventajas de los snap-fit.....	15
1.4    Clasificación de snap.....	15
1.4.1    Snap-fit de presión .....	16
1.4.2    Snap-fit de deslizamiento .....	17
1.4.3    Snap-fit de punta .....	17
1.4.4    Snap-fit de pivote .....	18
1.4.5    Snap-fit de giro .....	18
1.5    Posicionadores .....	19
1.5.1    Snap-fit de barra o viga.....	19
1.6    Snap-fit de anillo o perímetro.....	22
1.7    Interferencia máxima.....	22
1.8    Concentración de esfuerzos.....	23
1.9    Estudio de competidores .....	23
<b>Capítulo II. Antecedentes Teóricos .....</b>	<b>26</b>
2.1    Plásticos .....	26
2.2    Clasificación de plásticos.....	26
2.2.1    Termoplásticos amorfos .....	27
2.2.2    Termoplásticos semi-cristalinos .....	27
2.2.3    Termoplásticos elastómeros.....	28
2.2.4    Termofijos.....	28
2.2.5    Aleación.....	28
2.3    Tipos de moldes .....	29
2.3.1    Moldes de dos placas.....	29
2.3.2    Moldes de tres placas.....	30
2.3.3    Moldes de colada caliente .....	30

---

2.3.3.1	Moldes de colada caliente aislada (Estándar).....	30
2.3.3.2	Moldes de colada caliente con medio externo .....	31
2.4	Sistema de llenado .....	32
2.4.1	Bebedero .....	32
2.4.2	Extractor .....	33
2.4.3	Depósito de tiro frío. ....	33
2.4.4	Colada .....	34
2.4.5	Portadas .....	35
2.4.5.1	Portadas tipo alfiler.....	35
2.4.5.2	Portadas tipo Convencional .....	35
2.4.5.3	Portadas tipo Submarina .....	36
2.4.5.4	Portada tipo colector .....	36
2.4.5.5	Portadas tipo abanico.....	37
2.4.5.6	Portada tipo diafragma .....	37
2.5	Respiraderos .....	38
2.6	Líneas de unión .....	39
2.7	Ángulo de salida en la cavidad .....	40
2.8	Ángulo de salida en el núcleo.....	42
2.9	Proceso de moldeo.....	43
2.10	Geometría de la parte.....	44
2.10.1	Encogimiento.....	45
2.10.2	Atrapes .....	45
2.11	Propiedades mecánicas. ....	46
2.11.1	Esfuerzos .....	46
2.11.2	Deformación .....	46
2.11.3	Ley de Hooke .....	49
2.11.4	Esfuerzo cortante .....	49
2.12	Procesos de prototipos rápidos. ....	50
2.12.1	Estereolitografía. ....	51
<b>Capítulo III. Desarrollo Experimental .....</b>		<b>53</b>
3.1	Metodología.....	53
3.2	Análisis de earhook actual.....	54
3.2.1	Descripción de funcionamiento. ....	54
3.2.2	Funcionamiento del comportamiento de ensamble. ....	55
3.3	Hipótesis.....	56
3.3.1	Hipótesis 1.....	57
3.3.2	Hipótesis 2.....	57
3.3.3	Hipótesis 3.....	58
3.3.4	Hipótesis 4.....	58

---

3.4	Modelado.....	59
3.4.1	Modelado hipótesis 1.....	60
3.4.2	Modelado hipótesis 2.....	61
3.4.3	Modelado hipótesis 3.....	62
3.4.4	Modelado hipótesis 4.....	64
3.5	Prototipo .....	64
3.6	Portadas .....	66
3.6.1	Portada tipo alfiler.....	66
3.6.2	Portada tipo submarina .....	67
<b>Capítulo IV. Ensamble, Resultados y Discusión.....</b>		<b>69</b>
4.1	Ensamble.....	69
4.2	Resultados de las hipótesis 1 & 2.....	69
4.3	Resultados de las hipótesis 3 & 4.....	70
4.4	Cotización.....	72
4.5	Balance de costos.....	74
<b>Conclusiones.....</b>		<b>77</b>
	Estudio de competidores.....	77
	Portada y posición de la portada.....	77
	Conclusión.....	78
<b>Recomendaciones para trabajo futuros.....</b>		<b>80</b>
Simbología y definiciones.....		82
Referencias bibliográficas:.....		83

## Índice de figuras

Figura 1. Headset (manos libres).....	9
Figura 2. Componentes de ensamble del earhook .....	10
Figura 3. Movimientos de earhook.....	11
Figura 1.1. Snap-fit removibles y no removibles .....	13
Figura 1.2. Movimientos de un elemento .....	14
Figura 1.3. Clasificación de snap-fit .....	16
Figura 1.4. Snap-fit de presión.....	17
Figura 1.5. Snap-fit de deslizamiento.....	17
Figura 1.6. Snap-fit de punta .....	18
Figura 1.7. Snap-fit de pivote .....	18
Figura 1.8. Snap-fit de giro. ....	18
Figura 1.9. Posicionadores .....	19
Figura 1.10. Snap de brazo o viga .....	19
Figura 1.11. Diagrama $(\mu + \tan \alpha) / (1 - \mu)$ .....	20
Figura 1.12. Guía para coeficientes de fricción para varios plásticos. ....	21
Figura 1.13. Sección transversal de snap-fit.....	21
Figura 1.14. Snap-fit de anillo o perimetro. ....	22
Figura 1.15. Snap-fit de giro .....	23
Figura 1.16. Earhook del Headset Sony Ericsson. ....	24
Figura 1.17. Earhook del Headset Motorola .....	24
Figura 2.1. Clasificación de plásticos.....	26
Figura 2.2. Molde de dos placas. ....	29
Figura 2.3. Molde de dos placas.....	30
Figura 2.4. Molde de colada caliente aislada.....	31
Figura 2.5. Molde de colada caliente.....	32
Figura 2.6. Sistema de llenado. ....	32
Figura 2.7. Bebedero.....	33
Figura 2.8. Tipo de extractores.....	33
Figura 2.9. Deposito de tiro frío. ....	34
Figura 2.10. Tipos de coladas.....	34
Figura 2.11. Portada tipo alfiler.....	35
Figura 2.12. Portada convencional. ....	36
Figura 2.13. Portada submarina.....	36
Figura 2.14. Portada tipo colector.....	37
Figura 2.15. Portada tipo abanico.....	37
Figura 2.16. Portada tipo diafragma.....	38
Figura 2.17. Respiraderos. ....	39
Figura 2.18. Líneas de unión. ....	39
Figura 2.19. Comportamiento de la línea de unión. ....	40
Figura 2.20. Ángulo de salida en la cavidad. ....	41
Figura 2.21. Molde con la cavidad dividida.....	42
Figura 2.22. Muestra los mecanismos de expulsión.....	43
Figura 2.23. Muestra el comportamiento de un ciclo de moldeo.....	44

Figura 2.24. Ejemplos de piezas con cambio de espesor.....	44
Figura 2.25. Atrapes .....	46
Figura 2.26. Esfuerzos a tensión, compresión y deformación. ....	46
Figura 2.27. Grafica esfuerzo deformación.....	48
Figura 2.28. Ejemplos de secciones sometidas a cortante .....	50
Figura 2.29. Proceso de estereolitografía.....	51
Figura 3.1. Flujo de experimentación.....	53
Figura 3.2. Piezas de ensamble de Earhook. ....	54
Figura 3.3. Movimientos del earhook.....	55
Figura 3.4. Movimientos de ensamble del earhook actual.....	56
Figura 3.5. Earhook con snap tipo bola y parte giratoria modificada .....	57
Figura 3.6. Earhook con snap tipo barra y parte giratoria modificada.....	57
Figura 3.7. Earhook con snap tipo bola y pieza giratoria nueva. ....	58
Figura 3.8. Earhook con snap tipo barra y pieza giratoria nueva.....	58
Figura 3.9. Flujo del modelado .....	59
Figura 3.10. Earhook con snap tipo bola muestra la interferencia .....	60
Figura 3.11. Análisis de ángulos de salida.....	60
Figura 3.12. Análisis de ángulos de salida de la parte giratoria.....	61
Figura 3.13. Earhook con snap tipo barra o viga .....	61
Figura 3.14. Análisis de ángulos de salida de la parte giratoria.....	62
Figura 3.15. Parte giratoria con interferencia con el earhook. ....	62
Figura 3.16. Parte giratoria con snap perimetral.....	63
Figura 3.17. Rediseño de la parte giratoria.....	63
Figura 3.18. Rediseño de la parte giratoria para snap de barra.....	64
Figura 3.19. Proceso de fabricación de prototipos de estereolitografía. ....	64
Figura 3.20. Triangulado del modelo. ....	65
Figura 3.21. Máquinas para prototipos de estereolitografía.....	65
Figura 3.22. Prototipos de estereolitografía.....	66
Figura 3.23. Pieza giratoria con portada tipo alfiler.....	67
Figura 3.24. Pieza giratoria con portada submarina. ....	67
Figura 4.1. Método de ensamble para la hipótesis 3 & 4.....	70
Figura 4.2. Interferencia del snap perimetral de la parte giratoria.....	70
Figura 4.3. Snap perimetral. ....	71
Figura 4.4. Método de ensamble. ....	71

## Índice de Tablas

Tabla 1. Cotización de las modificaciones hipótesis 1 & 2.....	73
Tabla 2. Cotización del molde y la modificación de la hipótesis 3 & 4. ....	73
Tabla 3. Costo actual de producción.....	74

## Introducción

En la actualidad el diseño del earhook (figura 1) es usado en los cuatro modelos principales de la familia Explorer y en sus 30 derivados, así como, en la nueva familia Neo y sus derivados. Este diseño ofrece la estabilidad necesaria para las personas que se mueven continuamente de un lugar a otro o viajan constantemente de un lugar a otro. Desafortunadamente este diseño presenta ciertas desventajas como son.

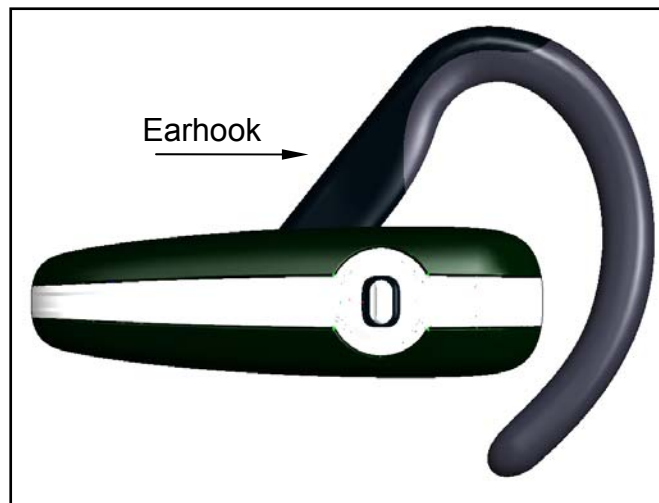


Figura 1. Headset (manos libres)

*De diseño mecánico.* En esta área se tiene como desventaja la utilización de cuatro partes para el ensamble del earhook para ser utilizado en un manos libres, lo cual incrementa el costo de producción.

*De intercambiabilidad.* El earhook no es intercambiable y el usuario final no cuenta con la flexibilidad de intercambiar los colores del plástico ni del caucho. Solo puede ser ensamblado una vez, lo cual, no da la flexibilidad que el departamento de manufactura espera para el rehusó de partes y ensambles.

*De calidad.* Algunas veces el earhook se procesa con baja calidad y no cumple con las especificaciones deseadas provocando que durante el ensamble el earhook se fracture induciendo así tiempo muerto y desperdicios de materiales alternos.

Este proyecto de tesis tiene como objetivo diseñar un prototipo que cumpla las metas planteadas reduciendo así, el costo de producción. Reducir el costo de producción y/o operación es un objetivo de Plantronics, debido a que hay mucha competencia en el mercado tratando de desarrollar nuevos métodos o diseños, alguno de ellos son marcas mundiales como por ejemplo, Nokia, Sony Ericsson,

Motorota, LG, y la nueva ola de compañías orientales que también han incursionado al mercado de manos libre.[1-18]

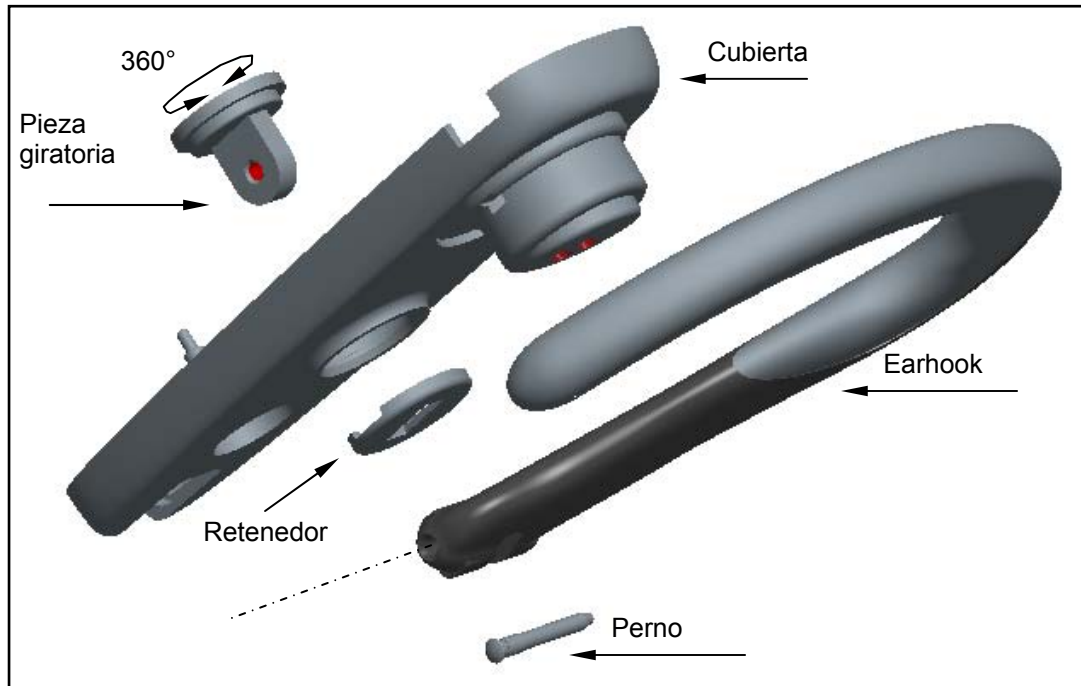


Figura 2. Componentes de ensamble del earhook

### Objetivo.

Rediseñar el earhook para obtener un modelo prototipo flexible e intercambiable, reduciendo los costos de desperdicios, tratando de reducir el número de partes y operaciones de ensamble, así como, el costo de operación.

### Metas.

- Modificar el diseño del earhook tratando de que sea intercambiable.
- Disminuir el número de piezas de ensamble del earhook.
- Reducir costos por desperdicios.
- Reducir costos de producción.
- Hacer un rediseño del earhook en estereolitografía.

## Justificación

Actualmente el earhook ocupa uno de los lugares más alto en costos de producción de manos libres en la familia Explorer, ya que su diseño no le permite ser intercambiable, elevando a su vez los costos por desperdicios debido a que muchas veces este producto no tiene defecto alguno pero la parte donde es ensamblada tienen que ser desechada por no cumplir con las especificaciones del producto

Una breve descripción del earhook es asegurar y mantener el manos libres en la oreja del cliente, este earhook fue diseñado para personas que constantemente se mueven de un lugar a otro, así como para poder colocar el manos libres en cualquier de las dos orejas del cliente final (derecha o izquierda, figura 3). Este diseño cuenta con el mecanismo para rotar el earhook y poder cambiarlo de oreja sin que el cliente final tenga que hacer ningún ensamble.

En la actualidad Plantronics esta gastando alrededor de 3023.37 dólares mensuales debido al mal ensamble del perno de metal. El ensamble del earhook cuenta actualmente con cuatro piezas para ser utilizadas en cualquier mano libre con un costo de 0.28 dólares más mano de obra y herramientas. Lo cual la convierten en una producción costosa para cualquier mano libre.



Figura 3. Movimientos de earhook

## Capítulo I. Estado del arte

## Capítulo I. Estado del arte.

### Introducción

Por décadas hemos visto una completa definición de diseño para manufactura en el proceso de desarrollo de productos. Esta información ha sido clara para los equipos de diseño donde su decisión se basa en los costos de las partes individuales, capacidad y limitaciones requeridas para su manufactura. El DFM (diseño para manufactura) está concentrado en la estructura del producto y tratar de alcanzar una estructura para el ensamble y los costos de manufactura. Actualmente hay una nueva ola llamada DFA (Diseño para ensamble) y cada vez más frecuente se incrementan el número de actividades para su implementación. La actividad de DFA es naturalmente una guía para el equipo de diseño con rumbo de reducción de partes, esto direcciona al equipo de desarrollo en la búsqueda de la reducción de tiempo y costos requeridos en los ensambles. Una solución para la reducción de costo de ensambles es el uso de snap-fit. [19]

### 1.1 Los snap-fit.

Actualmente los snap-fit (figura. 1.1) están siendo empleados con mayor frecuencia en las operaciones de ensamble, debido a la flexibilidad que presentan su uso. Además los snaps pueden ser ensamblados solamente por una vez o pueden ser removibles dependiendo el uso final de la parte.

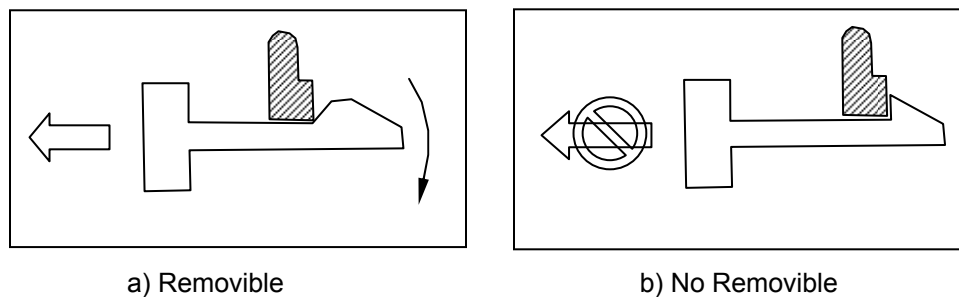


Figura 1.1. Snap-fit removibles y no removibles

Los snap-fit tienen la función de prevenir el movimiento en la dirección deseada por el diseñador, ya que un elemento en el espacio puede tener doce movimientos, (figura 1.2) algunos de estos movimientos son bloqueados intencionalmente para determinado propósito como se explica en la sección 1.4.2. [19-23]

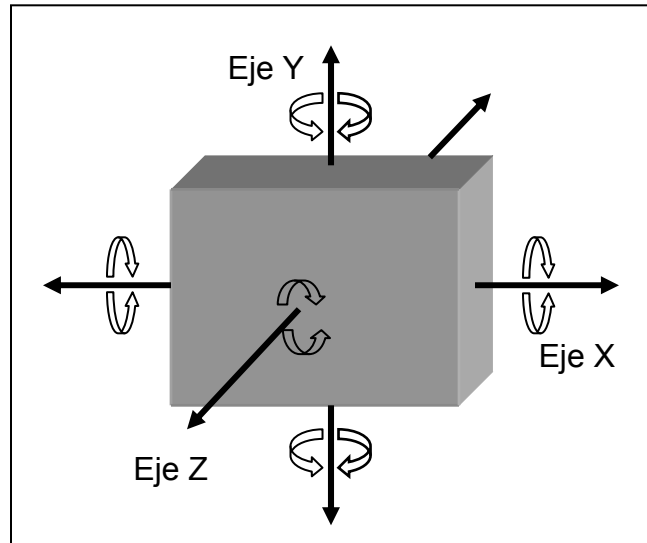


Figura 1.2. Movimientos de un elemento

## 1.2 Ventajas de los snap-fit

- a) No requieren materiales adicionales. Los snap-fit no utilizan materiales adicionales como insertos, solventes o adhesivos, por lo cual, los snap-fit son bajos en costos en comparación a los ensambles que utilizan otros métodos.
- b) Fácil ensamble. Los snap-fit son de fácil inserción y no requiere la mayoría de las veces herramientas especializadas.
- c) Une materiales disímiles. Los metales pueden unirse a plásticos y ampliamente a diferentes plásticos.
- e) Durabilidad. Los snap-fit pueden utilizarse para ensambles permanentes cuando la fuerza para los snap-fit no venga desde el exterior.
- f) Desensamble. Los snap-fit pueden utilizarse para desensamblar un ensamble en un producto.
- g) De libre figura. Los snap-fit pueden tener diferentes figuras como una barra empotrada, cilíndricos, etc.
- h) Atrape de partes. Los snap-fit se pueden utilizar para atrapar otras partes.

- i) Limpieza. El uso de snap-fit no involucra uso de ningún adhesivo o solvente que provoque algún tipo de contaminación.
- j) Manejo. Debido a que no se tiene que esperar un tiempo determinado después del ensamble, estos son de manejo inmediato.
- k) Alto porcentaje de producción. Es posible producir de 20 a 60 partes por minuto. [21]

### 1.3 Desventajas de los snap-fit

- a) Limitaciones de moldeo. Los snap-fit usualmente requieren moldes con atrapes, por lo menos, esto puede ser una limitación en el diseño o moldes con expulsores caros que limitan el número de cavidades.
- b) Limitaciones de proceso. Expulsar los pequeños atrapes en el proceso de moldeo, los cuales, puede ser exitoso cuando no se obtiene alguna deformación. Para bajos volúmenes de producción los atrapes pueden ser máquinados.
- c) Fallas de snap-fit. Particularmente los snap-fit de viga son vulnerables a fallas por esfuerzos o fatiga, así como, los snap-fit cilíndricos pueden ser vulnerables debido a las líneas de unión.
- d) Limitaciones de materiales. Los snap-fit requieren material flexible durante el ensamble, ellos trabajan mejor con materiales dúctiles.
- e) Expansión térmica. Diferentes coeficientes de expansión en los materiales puede significar una fractura en los snap-fit.
- f) Limitaciones de ensamble. Los snap-fit pueden ser fracturados al momento de ser ensamblados en el proceso de manufactura del producto.
- g) Limitaciones herméticas. Los snap-fit no pueden alcanzar perfectamente el hermetismo cuando son unidas las dos partes. [21]

### 1.4 Clasificación de snap

Los snap-fit pueden clasificarse de diferentes maneras dependiendo si son removibles o no por su aplicación y/o movimientos (figura 1.3). Los snap removibles son aquellos diseñados para ser desensamblado en un momento determinado en la vida de la pieza o del ensamble, ya sea debido al mantenimiento del ensamble o al ser una pieza que se remueva según la temporada o a la moda,

en este último el usuario final puede ser una mujer, hombre, niño o niña y el snap tiene que ser lo suficiente flexible para cada usuario final.

El snap no removible es aquel que mantiene unida dos o más partes de un ensamble y/o mecanismo y tiene como propósito sujetar las partes involucradas durante la vida útil del ensamble. [19-23]

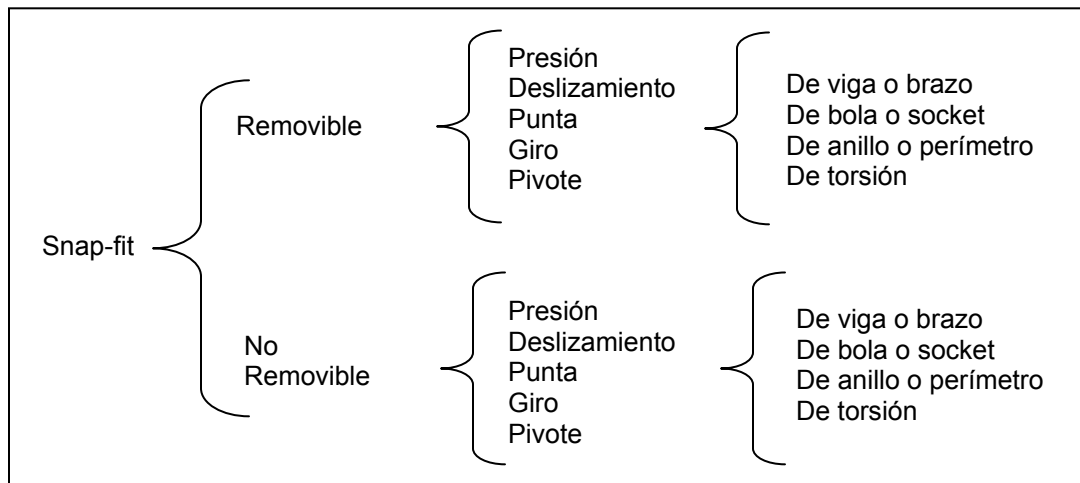


Figura 1.3. Clasificación de snap-fit

### 1.4.1 Snap-fit de presión

Los snap de presión se caracterizan por el método de ensamble, debido a que estos son ensamblados en dirección perpendicular a la cara donde va a ser ensamblado, aquí el ensamble de los snap es momentáneo y solo las caras de los snap y la base donde va ser ensamblado tienen contacto, algunas veces hay algunos posicionadores para ayudar al ensamble, como se muestra en la figura 1.4. [19]

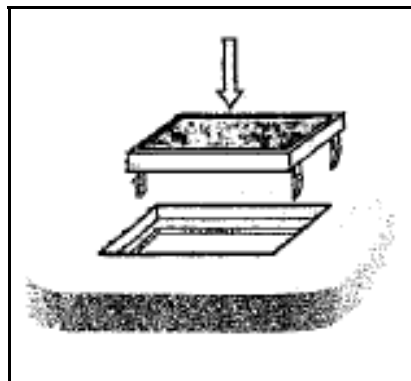


Figura 1.4. Snap-fit de presión

### 1.4.2 Snap-fit de deslizamiento

Los snap de deslizamiento se caracterizan por su interacción entre ambas partes y permite el movimiento en una de las direcciones, como se muestra en la figura 1.5. Por lo general estos van relacionados con otros tipos de snap cuando se requiere fijación. Este tipo de snap es utilizado para el sostenimiento de placas en los aparatos electrónicos y o mecanismos mecánicos de automóviles. [19]

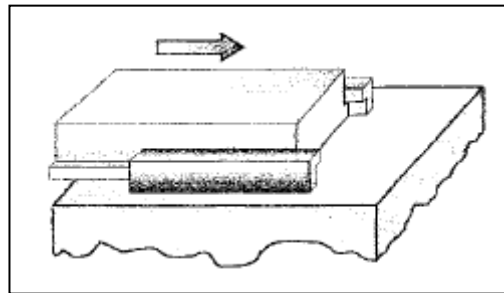


Figura 1.5. Snap-fit de deslizamiento

### 1.4.3 Snap-fit de punta

Los snaps de punta se caracterizan por su método de ensamble, ocupándose dos movimientos para ensamblarlo en su base, además, cuenta con un posicionador, el cual, ayuda al ensamble (figura 1.6). Los snap de este tipo primeramente se ensambla el posicionador en la base y después se introduce en la base los snaps, estos snaps puede ser removible o no removible, y dependerá de la función final del mecanismo y/o ensamble. Este tipo de snap se utiliza en la industria como puerta en los controles remotos, esteros, TVs, etc. [19]

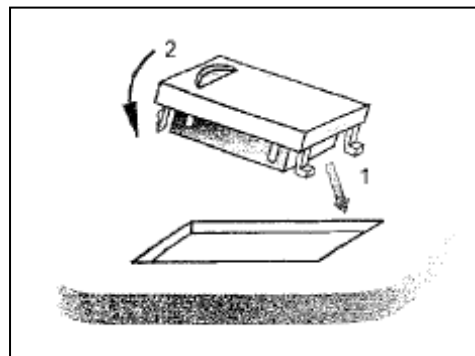


Figura 1.6. Snap-fit de punta

#### 1.4.4 Snap-fit de pivote

Los snap de pivotes van relacionados con su movimiento y función del dispositivo en el cual van montados. El método de ensamble es introducir la parte donde van los snap y después girar la pieza, donde quedará detenida solamente en la dirección vertical como se muestra en la figura 1.7. [19]

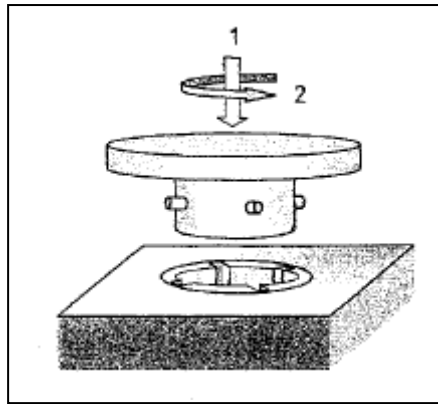


Figura 1.7. Snap-fit de pivote

#### 1.4.5 Snap-fit de giro

Estos snap son muy similares a los de pivote, la diferencia es que este cuenta con un posicionador en la base y el snap se encuentra en la parte giratoria (figura 1.8). Primero se introduce la pieza con el snap en la abertura y después se gira, para evitar el movimiento vertical con el posicionador de la base. [19]

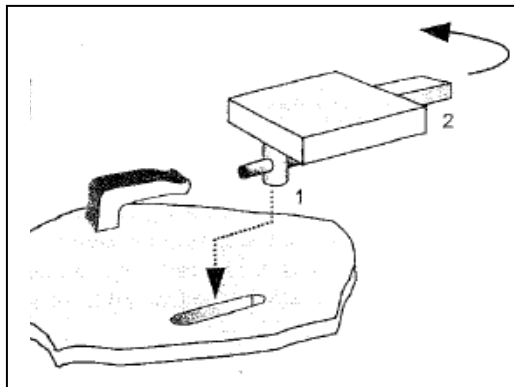
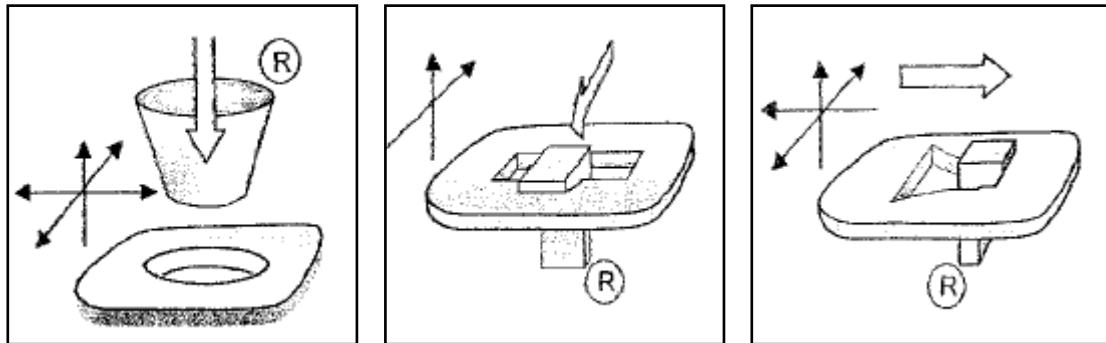


Figura 1.8. Snap-fit de giro.

### 1.5 Posicionadores

Los posicionadores (figura 1.9) algunas veces son necesarios en conjunto con el snap-fit para evitar movimientos no necesarios. Como se pueden observar en las definiciones anteriores de snap de punta, giro, pivote y de presión. Otra de las funciones de los posicionadores es alinear la base con el dispositivo a ensamblar con los snaps. [19]

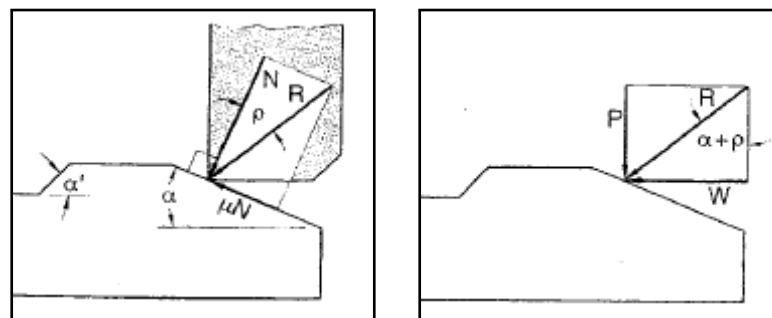


a) Movimiento en 5 direcciones    b) Movimiento en 2 direcciones    c) Movimiento en 4 direcciones

Figura 1.9. Posicionadores

#### 1.5.1 Snap-fit de barra o viga.

La fuerza (R) que se utiliza para ensamblar un snap de barra esta compuesta de dos elementos, La fuerza normal (N) debido a la deflexión de la barra y la fuerza F debido a la fricción (Figura. 1.10). [19-23]



a)  $F = \mu N$

b) Coeficiente de fricción  $\mu = \tan \rho$

Figura 1.10. Snap de brazo o viga

De la figura 1.10 la ecuación queda expresada como sigue.

$$W = P \tan(\alpha + \rho) = P (\mu + \tan \alpha) / (1 - \mu) \tan \alpha \dots\dots\dots(1)$$

Donde P es la fuerza de deflexión,  $\mu$  es el coeficiente dinámico entre los dos materiales y los valores  $(\mu + \tan \alpha) / (1 - \mu) \tan \alpha$  pueden ser determinados del diagrama (figura 1.11), esto debe ser tomado en cuenta como un valor aproximado porque el coeficiente verdadero de fricción es difícil de establecerse. El coeficiente puede variar dependiendo la velocidad de deslizamiento, la carga, el ambiente, la temperatura, la figura y la superficie. El diseño deberá comenzar con un ángulo de 15 a 30 grados pero no mayor de 45 grados ya que no ensamblaría. La fuerza P depende de la sección transversal del brazo o viga (figuras 1.12 y 1.13). [19]

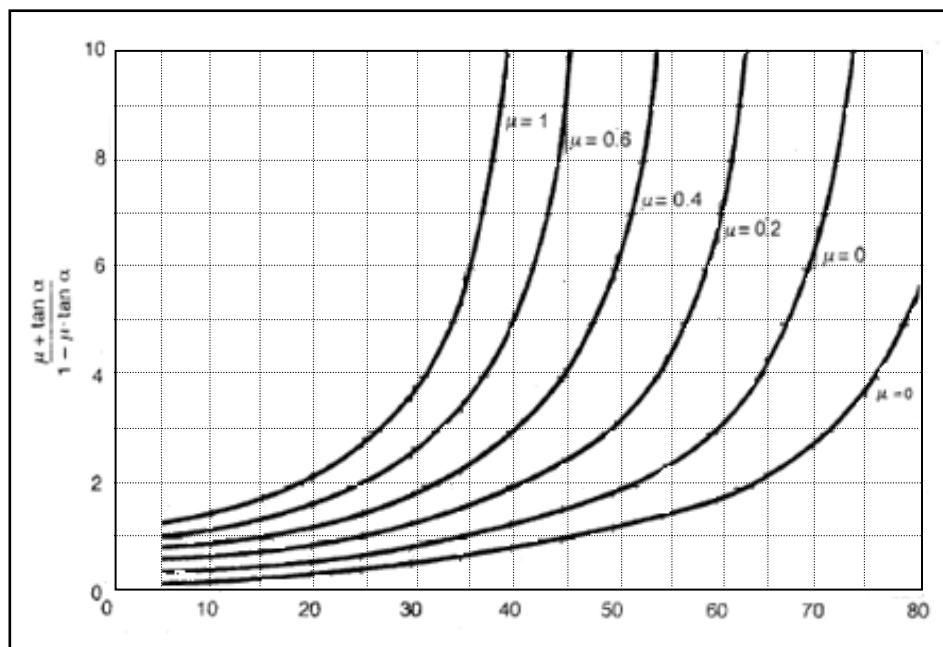


Figura 1.11. Diagrama  $(\mu + \tan \alpha) / (1 - \mu)$

Material	$\mu^{\circ}$
PTFE	0.12–0.22
PE, rigid	0.20–0.25 (× 2.0)
PP	0.25–0.30 (× 1.5)
POM	0.20–0.35 (× 1.5)
PA	0.30–0.40 (× 1.5)
PBT	0.35–0.40
PS	0.40–0.50 (× 1.2)
SAN	0.45–0.55
PC	0.45–0.55 (× 1.2)
PMMA	0.50–0.60 (× 1.2)
ABS	0.50–0.65 (× 1.2)
PE, flexible	0.55–0.60 (× 1.2)
PVC	0.55–0.60 (× 1.0)

Figura 1.12. Guía para coeficientes de fricción para varios plásticos.

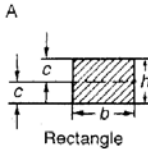
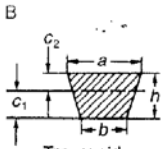
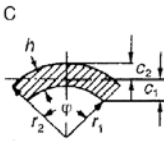
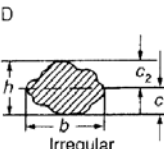
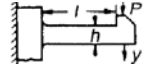
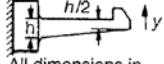

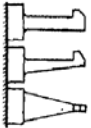
Type of Design	Shape of Cross Section			
	A	B	C	D
				
	Rectangle	Trapezoid	Ring segment	Irregular cross section
(Permissible) deflection	 1 Cross section constant over the length $y = 0.67 \times \frac{\epsilon l^2}{h}$	$y = \frac{a + b_{(1)}}{2a + b} \times \frac{\epsilon l^2}{h}$	$y = K_{(2)} \frac{\epsilon l^2}{r_2}$	$y = \frac{1}{3} \times \frac{\epsilon l^2}{c_{(3)}}$
	 2 All dimensions in direction y, e.g. h or $\Delta r$ , decrease to one half. $y = 1.09 \times \frac{\epsilon l^2}{h}$	$y = 1.64 \times \frac{a + b_{(1)}}{2a + b} \times \frac{\epsilon l^2}{h}$	$y = 1.64 \times K_{(2)} \frac{\epsilon l^2}{r_2}$	$y = 0.55 \times \frac{\epsilon l^2}{c_{(3)}}$
	 3 All dimensions in direction z, e.g., band a, decrease to one-quarter $y = 0.86 \times \frac{\epsilon l^2}{h}$	$y = 1.28 \times \frac{a + b_{(1)}}{2a + b} \times \frac{\epsilon l^2}{h}$	$y = 1.28 \times K_{(2)} \frac{\epsilon l^2}{r_2}$	$y = 0.43 \times \frac{\epsilon l^2}{c_{(3)}}$
Deflection force	 1, 2, 3 $P = \frac{bh^2}{6} \times \frac{E_s \epsilon}{l}$	$P = \frac{h^2}{12} \times \frac{a^2 + 4ab_{(1)} + b^2}{2a + b} \times \frac{E_s \epsilon}{l}$	$P = Z_{(4)} \times \frac{E_s \epsilon}{l}$	$P = Z_{(4)} \times \frac{E_s \epsilon}{l}$

Figura 1.13. Sección transversal de snap-fit.

### 1.6 Snap-fit de anillo o perímetro.

El snap-fit de perímetro o de anillo usualmente (figura 1.14) es usado para contenedores de comida, aplicaciones de empaque y algunas cubiertas. Los diseños de snap de perímetro sólidos pueden ser usados cuando el diámetro en la base del perno es igual o menor que 0.6 mm de espesor en la pared. Cuando el espesor es más grande puede hacerse un snap no continuo, el cual tiene cortes que permite su ensamble. [19]

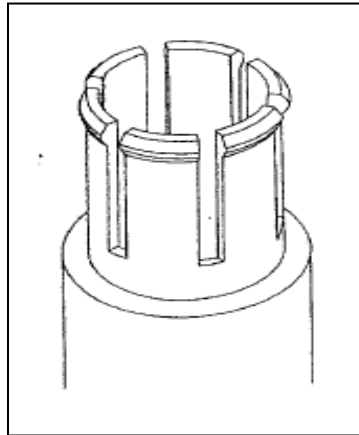


Figura 1.14. Snap-fit de anillo o perímetro.

### 1.7 Interferencia máxima.

El primer paso en la ejecución de un snap cilíndrico o de perímetro es diseñar la máxima interferencia permisible ( $I$ ). Esto significa la mayor interferencia en el diámetro, por lo tanto, la interferencia de uno de los lados deberá ser la mitad del valor o  $I/2$ . Esto es determinado por la siguiente ecuación.

$$I = \varepsilon d \dots\dots\dots(2)$$

Donde  $\varepsilon$  es la máxima deformación permisible en el diámetro del perno. Esta ecuación presume que uno de los dos se mantendrá rígido. [ 21]

### 1.8 Concentración de esfuerzos

La concentración de esfuerzos creados en la esquina interna de un snap no debe ser menor a 0.25 en la relación  $R/WT$  (figura 1.15), donde  $R$  es el radio propuesto en la esquina interna y  $WT$  es el espesor de snap, aunque el uso de 0.5 es un factor muy usado como regla de dedo en plásticos no reforzados. Aunque muchas veces estos radios son muy difíciles de utilizar en moldeo debido a lo complejo que puede ser moldear un snap. [19, 22, 23]

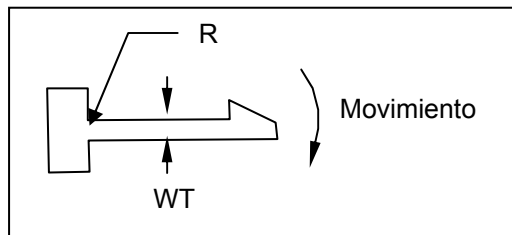


Figura 1.15. Snap-fit de giro

### 1.9 Estudio de competidores

Se hizo una revisión de los dos principales competidores que tiene Plantronics en este momento para ver el método de ensamble del earhook y sus características.

a) Headset de Sony Ericsson. (Figura. 1.16)

El earhook está compuesto por un mecanismo, el cual le permite girar en ambas posiciones, pero lo hace difícil para el ensamble del mismo earhook. Se utilizan dos materiales distintos un elastómero y un termoplástico. Este earhook es ensamblado en el headset como un ensamble externo al headset. Mediante un perno que se encuentra en la cubierta y un anillo de elastómero, el cual le permite un fácil ensamble. [2]



Figura 1.16. Earhook del Headset Sony Ericsson.

b) Headset Motorola. (Figura 1.17)

El earhook esta compuesto por dos materiales termoplásticos flexibles y dos snap de bolas, lo cual le permiten un fácil ensamble a la cubierta del headset, pero tiene la limitante de no poderse usar en ambas orejas con el ensamble hecho en manufactura. El earhook tiene que desensamblarse para poder usarse en la oreja opuesta. [26]



Figura 1.17. Earhook del Headset Motorola

## Capítulo II. Antecedentes teóricos

## ↳ Capítulo II. Antecedentes Teóricos

### 2.1 Plásticos

Los plásticos son polímeros, que presentan grandes cadenas moleculares formadas de unidades repetitivas (monómeros) unidas entre ellas por una reacción conocida como polimerización. Típicamente se forma una sustancia viscosa y pegajosa llamada resina. Cuando se une un solo tipo de monómero se le llama homopolímeros, como el polietileno que está hecho de monómeros de etileno. Cuando se une más de un tipo de monómeros se le llama copolímeros. [27-45]

### 2.2 Clasificación de plásticos

Se puede establecer las siguientes clasificaciones de los plásticos, por el proceso de polimerización, por su composición química, por el ordenamiento molecular, por el proceso de manufactura. Aquí los vamos a clasificar de la manera más práctica y conocida en la comercialización de plásticos, (figura 2.1).

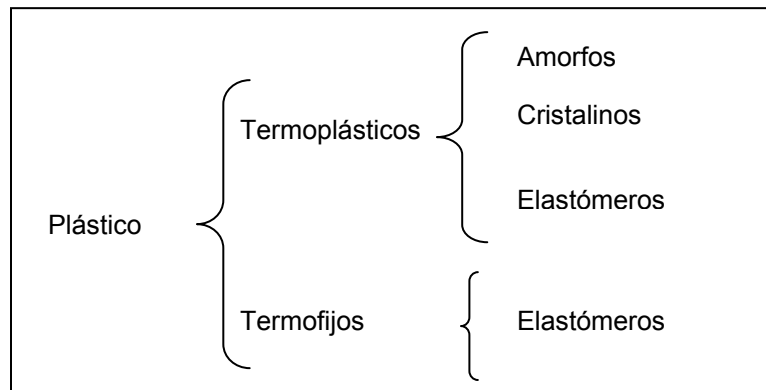


Figura 2.1. Clasificación de plásticos

Los plásticos se dividen en dos principales ramas como son plásticos de origen natural o sintéticos. Aquí hablaremos de plásticos de origen sintético que a su vez se clasifican como termoplásticos o termofijos dependiendo de la específica composición química. Las grandes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico, mientras que las entrecruzadas son termofijos (no se ablandan con el calor).

La mayoría de los materiales termoplásticos que son usados en la inyección del proceso de moldeo son descritas como termoplásticos, Las moléculas lineales y ramificadas que se suavizan cuando se calientan y se solidifican cuando son enfriadas. Los materiales termoplásticos están disponibles en una variedad de tipos y grados teniendo propiedades desde rangos rígidos a elastómeros. La teoría del procesamiento de los materiales termoplásticos envuelve solo cambios físicos (cambio de fase), por lo tanto, el material debería ser realmente reciclado. Sin embargo, es probable que durante el procesamiento se presente pequeños cambios químicos (oxidación, degradación térmica), y las propiedades del material tal vez no sea equivalente a aquellas de un polímero virgen. Hay muchas maneras diferentes para clasificar materiales termoplásticos, una clasificación es basada sobre la conformación de las cadenas del polímero o morfología, basado sobre este concepto, los materiales termoplásticos son descritos como amorfos y semi-cristalinos. [27-45]

### **2.2.1 Termoplásticos amorfos**

Los polímeros amorfos consisten en moléculas con una conformación no particular (configuración al azar). Cuando los polímeros amorfos son calentados (dentro de la máquina de moldeo), las cadenas enlazadas llegan a ser mas móviles y /o activas, resultando en un gran ablandamiento y finalmente flujo. Como el nivel de la actividad molecular incrementa, el material llegará a ser más fluido, puesto que las fuerzas de atracción entre las moléculas del polímero (atracción intermolecular) disminuyen mientras que el promedio de la distancia entre las cadenas del polímero aumenta. Después del fundido, el polímero amorfo es formado, es enfriado, y recobra su rigidez mientras que el movimiento molecular es reducido. Polímeros tal como el poliestireno, policarbonato y polimetil son ejemplos de materiales termoplásticos amorfos. [27-45]

### **2.2.2 Termoplásticos semi-cristalinos**

Algunos polímeros tienen suficiente regularidad y flexibilidad construida en su estructura química formando arreglos moleculares. Estas regiones ordenadas son cristales que se forman cuando se enfría el termoplástico desde el estado fundido. Los cristales permanecen intactos hasta que el polímero alcanza su temperatura de fusión cristalina (o rango de temperatura). En el estado fundido, estos materiales tienen a ser amorfos o de configuración molecular al azar. Por lo cual los termoplásticos cristalinos son más apropiadamente descritos como “semi-cristalinos”, puesto que, estos polímeros contienen ambas regiones amorfas y cristalinas.

El grado de cristalización (el porcentaje relativo de áreas cristalinas vs amorfas en el material) es influenciado por ambas estructuras químicas del polímero y por las condiciones de manufactura o procesamiento, particularmente a la proporción a la

cual el polímero fundido se enfría. Las variables del procesamiento que reduce la proporción de enfriamiento hará generalmente aumentar el grado de cristalización. Los polímeros tales como polipropileno y nylon son ejemplos de polímeros cristalinos. [27-45]

### **2.2.3 Termoplásticos elastómeros**

Los elastómeros no tienen ningún ordenamiento molecular y se encuentran entrecruzados. Estos son generalmente materiales flexibles con bajos módulos que pueden ser estirados repetidamente al menos dos veces su longitud original en un cuarto de temperatura controlada y este puede retornar aproximadamente a su longitud original cuando el esfuerzo es liberado. Esto es posible debido al desorden molecular que al aplicar una fuerza, el material tendera a estirarse ordenando sus moléculas, pero al momento de liberar la pieza de la fuerza el material deja de estirarse y sus moléculas vuelven a desordenarse y entrecruzarse, pero los polímeros entrecruzados no pueden ser fácilmente reciclados, debido a que no se funden porque el entrecruzamiento mantiene unidas las cadenas (debido a los retículo normales que son covalentes, uniendo químicamente a las cadenas poliméricas para formar una sola molécula), impidiendo que el material sea capaz de fluir. Por esta razón sean creados los Termoplásticos elastómeros, los cuales pueden ser reciclados. Estos contiene interacciones secundarias no covalentes para unir entre si a las moléculas. Estas interacciones incluyen los enlaces por puente de hidrogeno y enlaces iónicos, los cuales, al calentar el material se rompen los retículos. Esto permite que dicho material pueda ser procesado, y o más importante, reciclado. Cuando se enfría los retículos vuelven a formarse. [27-45]

### **2.2.4 Termofijos**

Polímeros termofijos (o termoestables) son polímeros que químicamente reaccionan durante el procesamiento para formar una red de cadenas de polímeros de enlaces cruzados. La reacción química es irreversible. A diferencia de termoplásticos, los termofijos no son directamente reciclados. Los polímeros termofijos tienen excelentes propiedades como estabilidad dimensional y resistencia química, pero con la falta de reciclabilidad estos polímeros limitan su uso en la mayoría de las aplicaciones. Ejemplos de polímeros termofijos incluyendo fenolicos, epoxicos, poliéster no saturados y una variedad de materiales elastomericos. [27-45]

### **2.2.5 Aleación**

La aleación es otra manera de crear variaciones de plásticos, la definición exacta de aleación de plásticos no esta clara. Sin embargo es generalmente

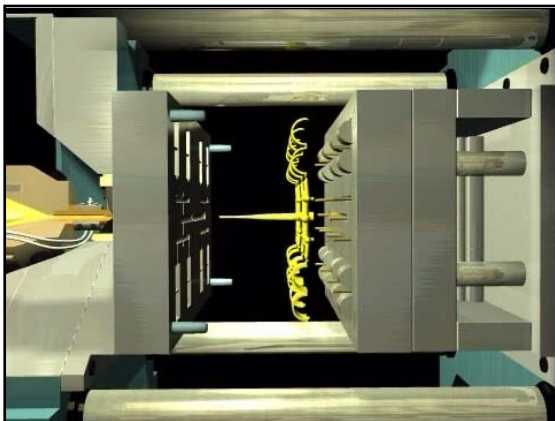
aceptado que los plásticos de aleación son combinaciones de polímeros que están mecánicamente mezclados. Ellos pueden depender de cadenas químicas, pero frecuentemente tienen compatibilizadores especiales que une diferentes componentes de polímeros para mejorar su desempeño, a bajo costo o para mejorar procesabilidad. [27-45]

### 2.3 Tipos de moldes

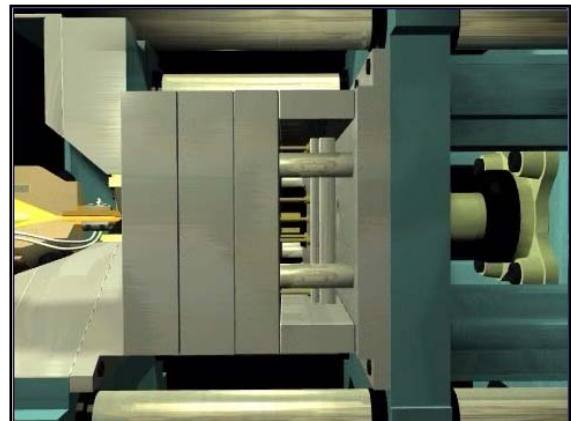
Para obtener una parte que cumpla con todas las especificaciones del cliente, el diseño de la estructura del molde es muy importante, tal como tipo de entrada, ventilación, ángulo de salida, balanceo de las cavidades, tipo de molde, etc., con lo cual la parte no sufrirá deformación alguna al momento de ser moldeada. En la industria de inyección de plástico podemos encontrar los tres tipos de moldes más comunes, los cuales son; el molde de dos placas, molde de tres placas, molde de colada caliente, estos son definidos de acuerdo al comportamiento de bebedero dentro del molde y al modo del cierre del molde.

#### 2.3.1 Moldes de dos placas

El molde de dos placas también conocido como el molde estándar se define porque el sistema de llenado y las partes son hechos con las dos mismas placas, comparte la misma línea de partición y los dos son expulsados al mismo tiempo. Este es el molde más común y más barato en la industria de moldeo. En el molde de tres placas la parte está siempre separada del sistema de llenado por una placa (no comparten la línea de partición) ambos son expulsados por diferentes placas de expulsión y con diferencia de segundos (figura 2.2). [20, 21, 46-66]



a) Moldes de dos placas, cerrado.

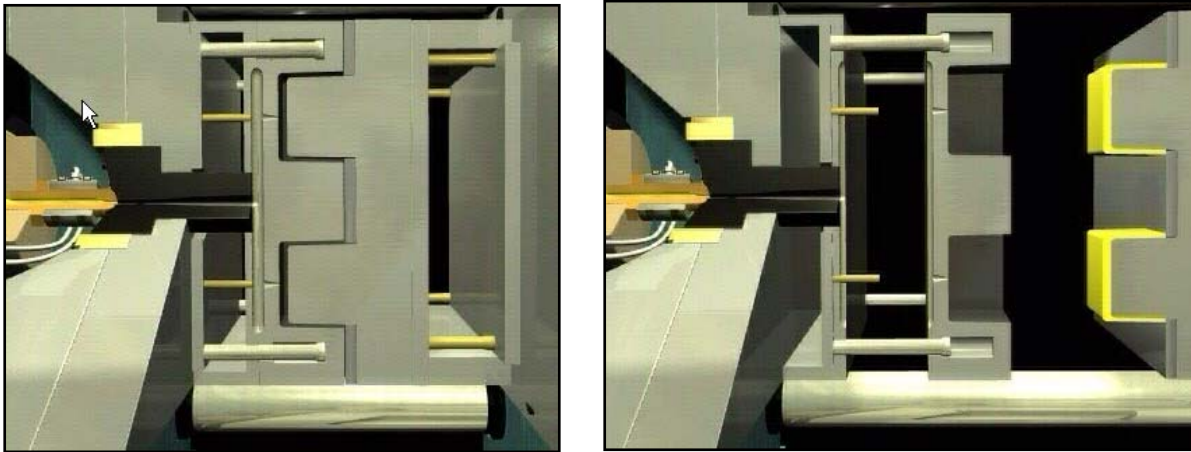


b) Moldes de dos placas, abierto.

Figura 2.2. Molde de dos placas.

### 2.3.2 Moldes de tres placas

En un molde de tres placas el plástico se inyecta dentro del molde, donde permanece cierto tiempo para su enfriamiento, después de terminar su enfriamiento, el molde se comienza a abrir separando el sistema de llenado de la parte moldeada. El sistema de llenado es separado de la placa y es expulsada. La parte se encuentra lista para ser expulsada (figura 2.3). [20, 21, 46-66]



a) Moldes de dos placas, cerrado.

b) Moldes de dos placas, abierto.

Figura 2.3. Molde de dos placas.

### 2.3.3 Moldes de colada caliente

El molde de colada caliente se le llama así debido a su sistema de llenado, el cual mantiene al polímero fundido para continuar con la inyección, esto al ahorro de plástico. Pero tiene algunas desventajas como son; los pigmentos deben tener mayor resistencia a la temperatura y puede haber fluctuaciones en el ciclo de moldeo. Aquí podemos encontrar moldes de colada caliente aislada (estándar) y el de colada caliente. [20, 21, 46-66]

#### 2.3.3.1 Moldes de colada caliente aislada (Estándar).

Tiene una colada muy grande que permite que el plástico cerca de las paredes se solidifique, ya que el plástico es un excelente aislante térmico, y el plástico dentro

de la colada (el que se encuentra alejado de las paredes) permanece constantemente líquido. La temperatura del plástico líquido es la misma temperatura a la cual es inyectada por la máquina de moldeo (figura 2.4). [20, 21, 46-66]

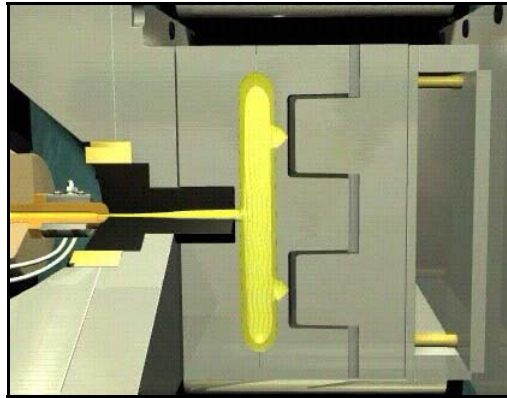
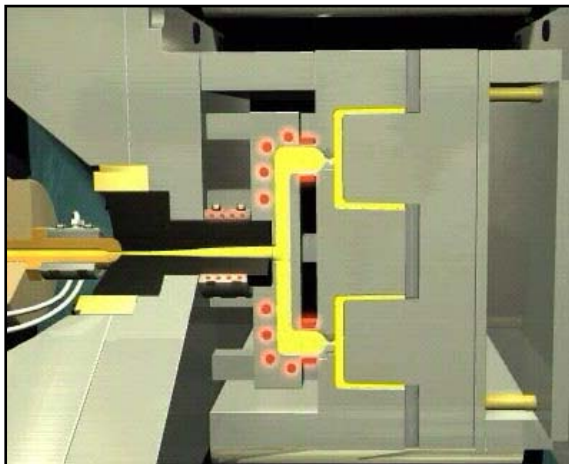


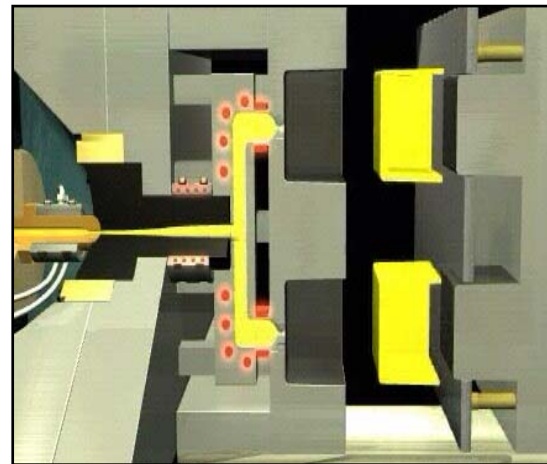
Figura 2.4. Molde de colada caliente aislada.

### 2.3.3.2 Moldes de colada caliente con medio externo

El sistema de colada caliente: En este sistema, la colada se calienta por un medio externo para mantener el plástico en estado líquido, donde, el punto más crítico es el punto de unión (portada) entre la parte y la colada, donde la parte debe ser enfriada exactamente por debajo del punto de unión en cada ciclo y la colada debe permanecer caliente justo arriba del punto de unión, para que el plástico pueda fluir en el comienzo de cada ciclo. Una temperatura demasiado elevada en este punto puede dañar la parte y una temperatura demasiado baja permitirá que el plástico se solidifique en la colada, lo cual bloqueara la inyección de cada ciclo (figura 2.5). [20, 21, 46-66]



a) Moldes de colada caliente cerrado.



b) Moldes de colada caliente abierto.

Figura 2.5. Molde de colada caliente.

## 2.4 Sistema de llenado

El sistema de llenado es uno de los sistemas más importante del proceso de moldeo, sin un buen sistema de llenado se tienen gran variedad de problemas como tiros cortos, marcas de hundimiento, compactación de material, marcas de material quemado. El sistema de llenado se divide en; Bebedero, colada, extractor de colada, deposito de tiro frío y puntos de unión como se muestra en la figura 2.6. [20,21, 59-65]

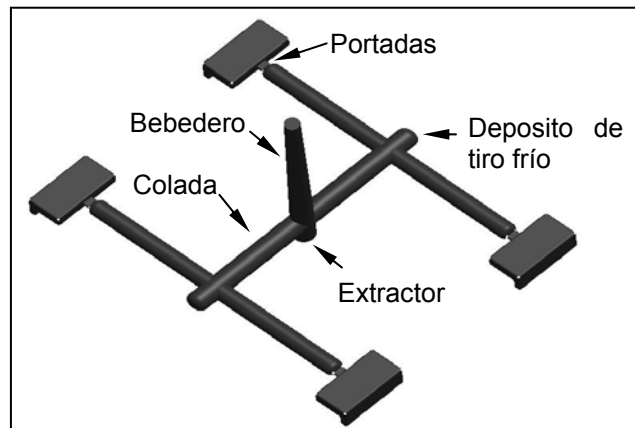


Figura 2.6. Sistema de llenado.

### 2.4.1 Bebedero

Pasaje cónico (usualmente para plásticos de 1.5 a 6 grados de ángulo de salida) que conecta la nariz a la colada, éste se encuentra en la parte estacionaria del molde. Para TPES de granos duros se utiliza un ángulo de salida de 1.5° y para TPES de granos suaves se utiliza un ángulo entre 1.5° a 2.5°, figura 2.7. [20,21, 59-65]

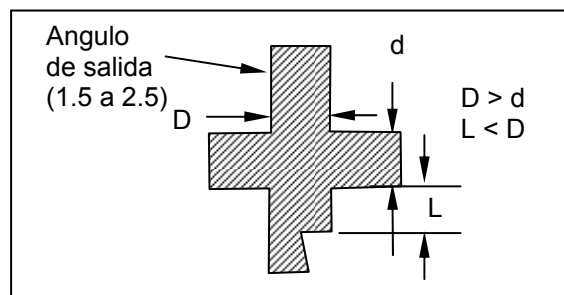


Figura 2.7. Bebedero.

### 2.4.2 Extractor

El extractor esta localizado en la parte opuesta al bebedero (figura 2.8), este se utiliza para extraer al bebedero de la placa estacionaria.

El extractor de ángulo opuesto de salida es jalado con la parte y es expulsado por un perno expulsor. Para elastómeros el ángulo opuesto de salida recomendado es de 3 a 5 grados.

El extractor tipo Z no es recomendado para los elastómeros de granos suaves, ya que ellos tienden a necesitar más tiempo de enfriamiento antes de que puedan ser expulsado.

El extractor tipo perno, como el extractor Z no es recomendado para elastómeros de granos suaves. [20,21, 59-65]

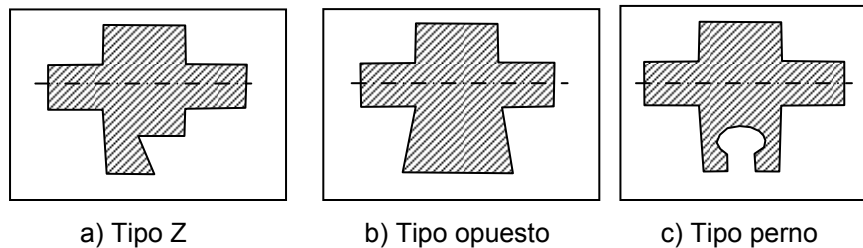


Figura 2.8. Tipo de extractores.

### 2.4.3 Depósito de tiro frío.

El deposito de tiro frío (figura 2.9) sirve para atrapar la primera porción de plástico inyectado, qué frecuentemente contiene pedazos de plásticos solidificado de la nariz. Este deposito esta usualmente al final de cada coladera. El material solidificado de la nariz ocasiona diferentes problemas como tiros cortos, compactación de material, defectos de la superficie de la parte entre otros. [20,21, 59-65]

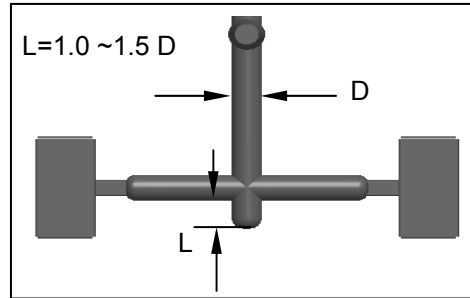


Figura 2.9. Deposito de tiro frío.

#### 2.4.4 Colada

Existen dos tipos de colada. La colada fría es el remanente de polímero solidificado que queda en los canales, y que es necesario cortar de la pieza final como el que se muestra en la figura 2.6. La colada caliente mantiene al polímero en estado fundido para continuar con la inyección utilizado en los moldes de colada caliente (sección 2.3.3). En los moldes de inyección de plástico se pueden encontrar los siguientes tipos de coladas, estas se clasifican de acuerdo a su sección transversal.

Coladas redondas; se recomienda coladas completamente redondas, por tener la mejor sección transversal para la transmisión de presión y retención de calor. Este tipo de colada debe ser idénticamente igual en ambos lados de la cavidad. Coladas Trapezoidal; este tipo de coladas tienen una entrega eficiente de flujo, y la colada es hecha en una sola cavidad. Las paredes de la colada deben tener un ángulo de 5 grados. Este tipo de colada es recomendado para moldes de tres placas. Colada de medio círculo, este tipo de colada no es recomendada, debido a que entrega un flujo muy bajo y se enfría rápidamente (figura 2.10). [20,21, 59-65]

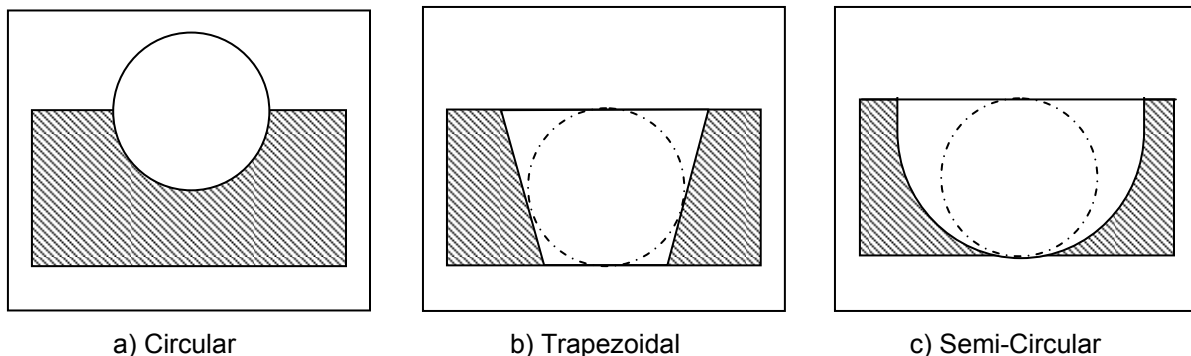


Figura 2.10. Tipos de coladas.

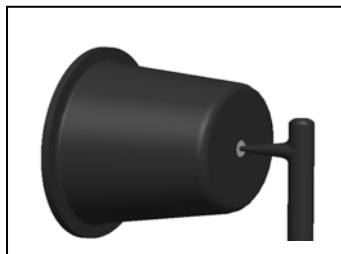
## 2.4.5 Portadas

Uno de los puntos más importantes para el llenado del molde es el tipo, número y posición de las portadas, estos pueden influir dramáticamente en el llenado y empacado de la parte final. La portada separa la parte de la colada y están diseñado para enfriarse rápidamente para que el plástico quede atrapado en el molde. Estos también son utilizados como puntos de separación cuando la parte es expulsada de la máquina. Hay gran variedad de portadas y son aplicados de acuerdo al tipo de molde, geometría de la parte y al uso final de la parte (estético o de tipo esfuerzo). Cada portada tiene sus ventajas y características, enseguida se mencionaran algunos de los diferentes tipos de portadas y sus características. [20,21, 59-65]

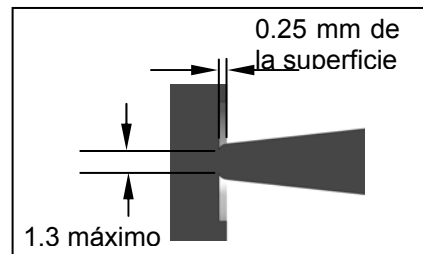
### 2.4.5.1 Portadas tipo alfiler

La portada tipo alfiler (figura 2.11) esta típicamente entre 0.5mm (0.020plg) y 1.3mm (0.040plg) de diámetro y tiene las siguientes características: [20,21, 59-65]

- Mayor grado de orientación molecular local.
- Defectos y apariencias bajos.
- Perdida alta de presión.
- El plástico se enfría rápidamente.



a) Típica aplicación de la portada alfiler.



b) Características de la portada alfiler.

Figura 2.11. Portada tipo alfiler.

### 2.4.5.2 Portadas tipo Convencional

La portada convencional (figura 2.12) esta típicamente de 1/4 a 1/2 plg del área de corte transversal de la colada y tiene las siguientes características: [20,21, 59-65]

- Defectos visuales grandes.
- Poca pérdida de presión.
- El plástico se enfría lentamente.

Relación D: W; Partes pequeñas 1:1, Partes medianas 1:2, Partes grandes 1:3  
 L = Longitud D = Profundidad W = ancho

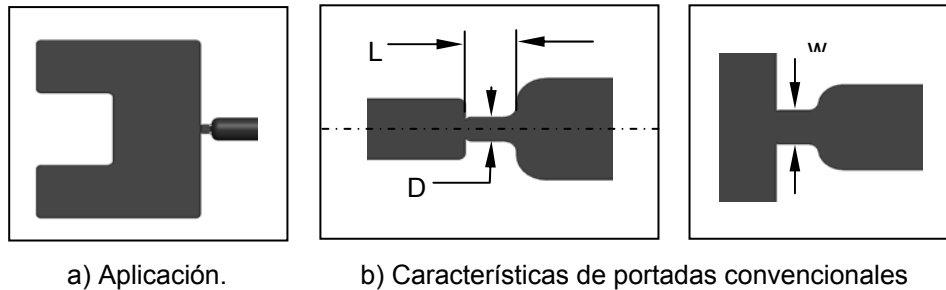


Figura 2.12. Portada convencional.

### 2.4.5.3 Portadas tipo Submarina

La portada tipo submarina (figura 2.13), utilizada para separar automáticamente la parte de la colada durante la expulsión presentando las siguientes características: [20,21, 59-65]

- Alto grado de orientación molecular
- Defectos visuales pequeños.
- Perdida de presión moderadamente alta.
- Alto grado de orientación molecular
- El plástico se enfría rápidamente.
- El máximo diámetro recomendado es 0.76 mm (0.030plg).
- El ángulo debe oscilar entre los 20 y 30 grados.

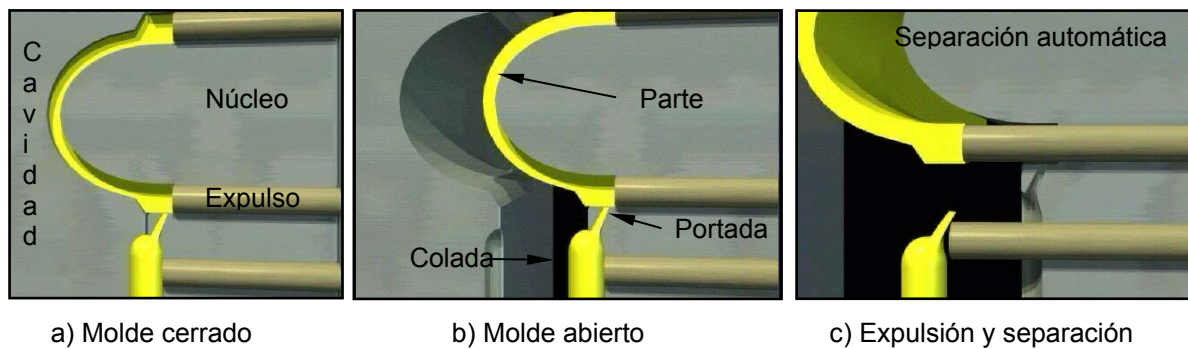


Figura 2.13. Portada submarina.

### 2.4.5.4 Portada tipo colector

La portada tipo colector (figura 2.14) se utiliza para minimizar la orientación en el área del punto de unión: [20,21, 59-65]

- Defectos visuales generalmente notables.
- Pérdida de presión baja.
- El plástico se enfría relativamente rápido.
- Minimiza el pandeamiento en partes planas o grandes.

La separación máxima recomendada es 0.38mm (0.015plg) a 0.76mm (0.030plg).

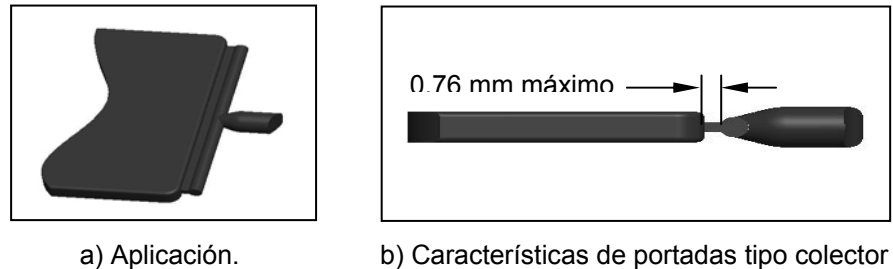


Figura 2.14. Portada tipo colector.

#### 2.4.5.5 Portadas tipo abanico

La portada tipo abanico (figura 2.15) reduce la orientación dispersando el flujo y tiene las características parecidas a las del punto de unión de tipo colector: [20,21, 59-65]

$L$  = Longitud,  $T = 40 - 60\%$  de  $t$ ,  $W = 2 D \text{ min.}$ , Usar colada redonda.

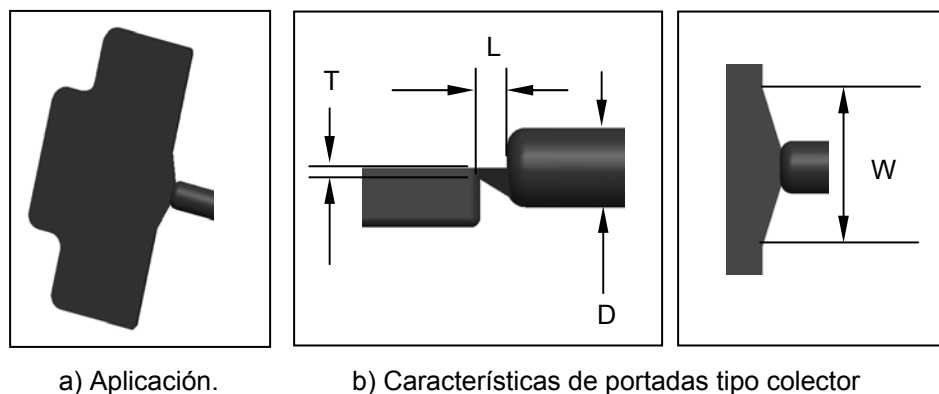


Figura 2.15. Portada tipo abanico.

#### 2.4.5.6 Portada tipo diafragma

La portada tipo diafragma (figura 2.16) se utiliza cuando el plástico debe fluir simétricamente a lo largo de todos los lados de una parte hueca: [20,21, 59-65]

- Minimiza la deformación causada por orientación molecular desigual.
- La eliminación de líneas de unión.
- Requiere una segunda operación, para removerle residuo de la entrada.

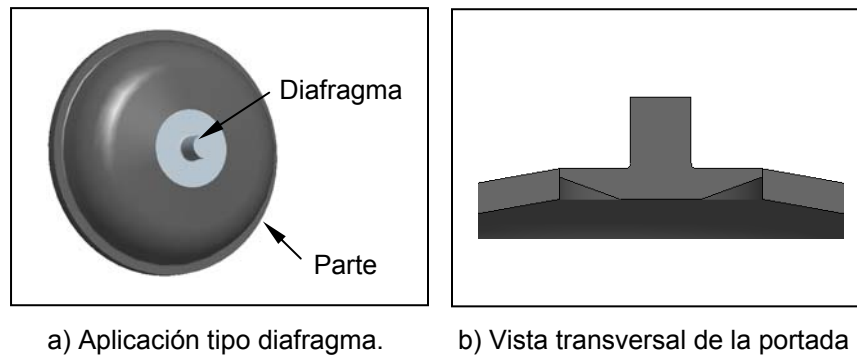


Figura 2.16. Portada tipo diafragma.

## 2.5 Respiraderos

Se requiere ventilación que permita que el aire escape de la cavidad para que el aire no interfiera con el proceso de moldeo y evitar quemaduras en el frente del flujo, tiros cortos, marcas de hundimiento, superficies de pobre apariencia y líneas de unión débiles. Las ventilaciones son ranuras maquinadas en el molde en la línea de unión. Las dimensiones típicas son de 0.025mm a 0.76mm (0.001 a 0.003plg) de profundidad por 1mm a 12mm (0.03 a 0.500plg) de ancho. (Figura 2.17).

Para plásticos de alto flujo se requieren de respiraderos generosos por su rápido llenado. La ventilación debe ser posicionada al final del punto de llenado o a la perifereria de la cavidad del molde, las coladas grandes deben tener respiraderos por separado.

La ventilación del molde debe proveer rápida y eficiente escape de aire sin interferir con el proceso de llenado, La ventilación usualmente se extiende desde la cavidad hasta la orilla exterior de la placa del molde. [20,21, 59-65]

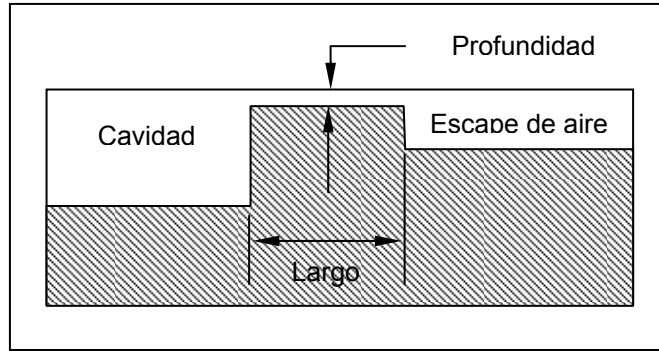


Figura 2.17. Respiraderos.

## 2.6 Líneas de unión

La línea de unión es formada durante el proceso de llenado, cuando el flujo de plástico fundido es separado por un agujero o poste y unido en un punto mas adelante. La separación del flujo puede ser causado por el núcleo, por un cambio de espesor, por las multi-entradas entre otros. Las líneas de unión lucen frecuentemente como una fractura en la superficie moldeada, este tipo de fractura es visible aún sin un equipo microscópico (figura 2.18). [20,21, 59-65]

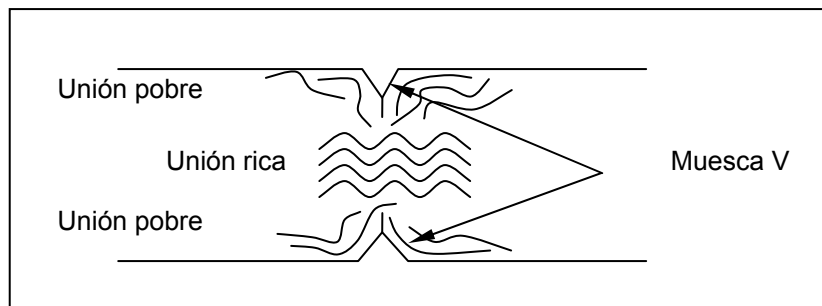


Figura 2.18. Líneas de unión.

Las líneas de unión es un punto muy importante en el diseño de un molde, debido que la geometría de partes dadas no permite la localización de una línea de unión, ya sea por estética o por la aplicación de un esfuerzo. Las líneas de unión dependen directamente de la posición de la entrada, por lo cual el diseñador de la parte y el diseñador del molde deben trabajar conjuntamente para cumplir con todos los requerimientos del cliente, tanto estético, de esfuerzo y dimensional. En general, una buena práctica es considerar el mayor número de entradas que permita la geometría y los requerimientos.

El número de entradas puede tener un gran impacto en la dimensión final de la parte, porque el plástico tiende a encogerse menos cerca de área de la entrada debido a la presión de la cavidad y los efectos de compresibilidad. Recordemos que la primera parte en enfriarse es la entrada del sistema de llenado evitando que la presión de la cavidad se escape.

La condición de la línea de unión puede ser cambiada por medio del proceso de moldeo incrementando la temperatura, presión, velocidad, etc. Otro método es utilizando la estructura del molde añadiendo una cavidad extra que funcione como un depósito o trampa para líneas de unión figura 2.19b. Este depósito es muy usado en las partes donde se requiere una simetría estricta y dimensional (figura 2.19). [20,21, 59-65]

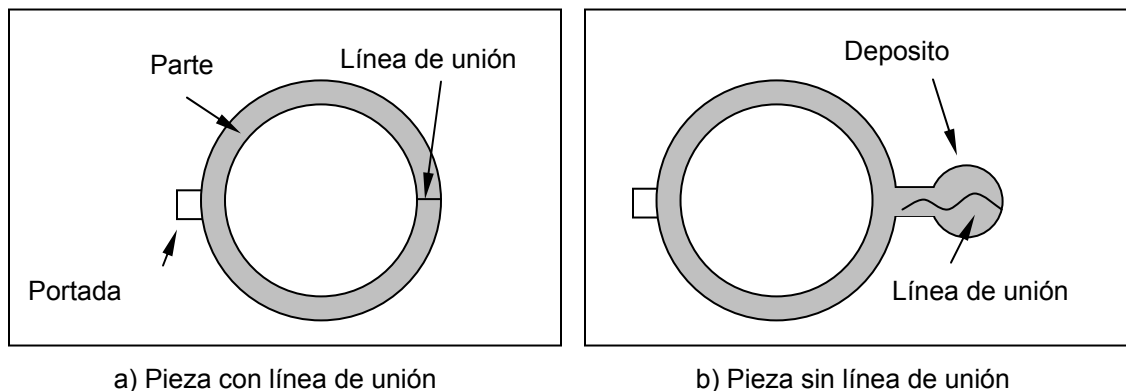


Figura 2.19. Comportamiento de la línea de unión.

La figura 2.19a muestra una pieza con una línea de unión muy débil, ya que este tiene solo una portada y la pieza es circular. La figura 2.19b muestra una pieza sin línea de unión pero esta tendrá que ser retrabajada en una segunda operación para remover el exceso de plástico.

## 2.7 Ángulo de salida en la cavidad

En la fase final del proceso de moldeo, el molde abre y la parte es expulsada del molde. Idealmente, en el proceso de expulsión la parte no debe sufrir daño alguno o distorsión cuando es jalada de la cavidad y expulsada del núcleo. En general la responsabilidad del diseñador de moldes es diseñar un sistema apropiado de expulsión para la parte dada, mientras el diseñador de la parte geométrica debe tener en mente las consideraciones de expulsión (figura 2.20).

El ángulo de salida es usado generalmente para facilitar la expulsión de cualquier parte moldeada, cuando las partes son producidas usando el molde de dos placas, la cavidad es montada en la placa estacionaria y el núcleo es montado en la placa móvil de la máquina de moldeo. En la mayoría de los casos, la parte tiende a permanecer con el núcleo cuando abre, esto es debido, al encogimiento del material causando una presión de contacto y la fuerza de fricción entre la parte y el núcleo que tiende a jalar la parte de la cavidad. Debe notarse que el área de contacto entre la parte y la cavidad puede ser más grande que el de la parte y el núcleo, sin embargo la presión de contacto entre la cavidad y la parte es menor debido al encogimiento del espesor de la parte. [20,21, 59-65]

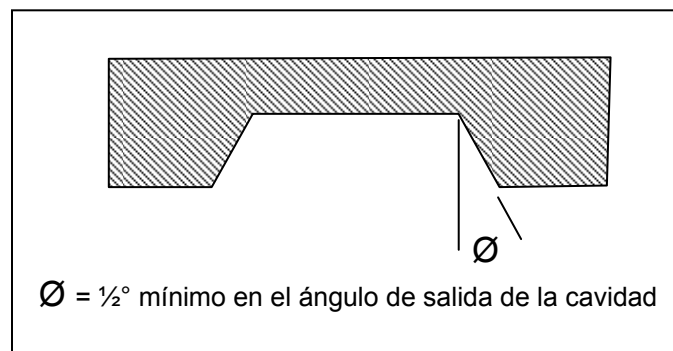


Figura 2.20. Ángulo de salida en la cavidad.

Las partes pueden ser producidas con un ángulo de 0 grados, sin embargo, se ocupan moldes más complejos, tal como, dividir la cavidad del molde para liberar la parte, como muestra la figura 2.21. El dividir la cavidad reduce las fuerzas de aperturas, eliminando que la parte se quede en la cavidad y de los posibles daños de las paredes debido al arrastre por las fuerzas de fricción cuando el molde abre. Sin embargo estos moldes son más costosos que el convencional y adicionalmente habrá más líneas de cerrado con una tendencia potencial de rebabas en estas líneas. [20,21, 59-65]

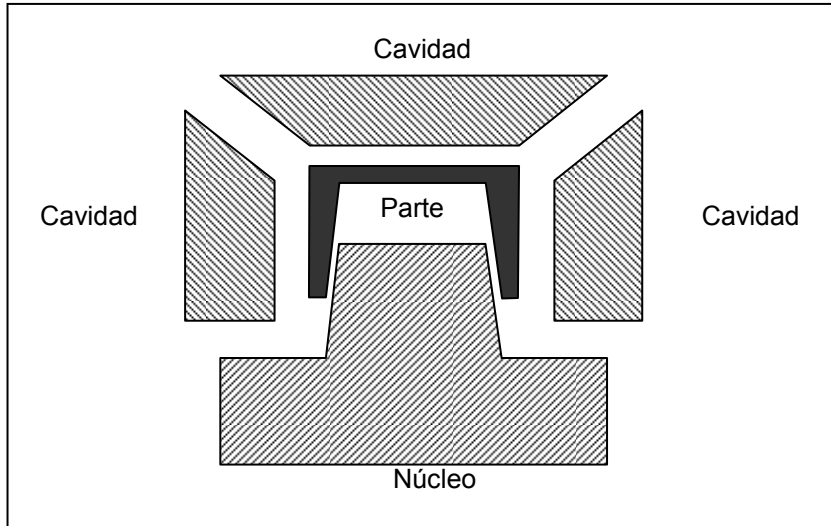


Figura 2.21. Molde con la cavidad dividida.

## 2.8 Ángulo de salida en el núcleo

Una vez que el molde está abierto y la pieza ha sido removida de la cavidad, entonces la parte debe ser expulsada del núcleo. La parte tiende a agarrarse fuertemente en el núcleo y la fuerza requerida para expulsar la parte puede variar muy significativamente. La fuerza inicial del punto de ruptura es la mayor fuerza de expulsión aplicada.

De  $\frac{1}{4}$  a 2 grados de ángulo de salida son comúnmente usados en el núcleo. Grandes ángulos de salida mejoran la liberación, sin embargo pueden tener efectos en la figura de la parte. El ángulo de salida reduce la fuerza de ruptura de expulsión, por lo cual simplifica el sistema de expulsión (figura 2.22). La pérdida de presión de contacto facilita el flujo de aire alrededor del núcleo compensando los efectos de vacío.

Válvulas de aire o pernos de ventilación son usados para la interrupción del vacío para partes grandes y profundas, En la mayoría de los casos el ángulo de salida usado en el núcleo equivale a aquellos usados para la cavidad.

Las superficies con textura requieren un ángulo adicional de salida para facilitar la liberación. Cavidades con texturas al azar requieren de 1 a  $1\frac{1}{2}$  grado de ángulo por

cada .025mm (.001plg) de profundidad como una regla de dedo. Texturas como granos de madera que están perpendicular a la dirección de expulsión requieren un ángulo más grande. Usualmente la textura es aplicada en la cavidad, debido a que, en el núcleo es mucho más difícil la expulsión de la parte. [20,21, 59-65]

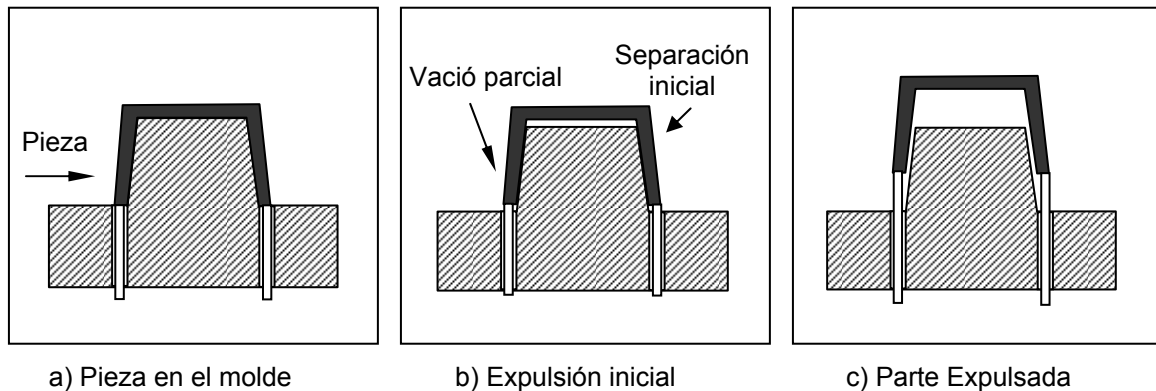


Figura 2.22. Muestra los mecanismos de expulsión.

En la figura 2.22a se puede observar que la pieza se encuentra en núcleo del molde (cavidad móvil) después que el molde abre en la máquina de inyección, para que la parte sea expulsada, como se muestran en la figura 2.22b y 2.22c. Donde en la figura 2.22b se muestra que la máxima fuerza de expulsión se requiere siempre al inicio, ya que las caras del plástico están adherida al molde y al tratar de retirarlas, estas producen un vació momentáneo hasta que se despegan completamente. Todo esto es en cuestión de segundos.

## 2.9 Proceso de moldeo

El proceso de moldeo es un proceso complejo que envuelve una serie de fases (figura 2.23) secuenciales tales como:

Llenado del molde. Después que el molde cierra, el plástico es inyectado con un tornillo que empuja el plástico a través de la nariz, bebederos, coladas, portadas hasta la cavidad.

Empacado. El plástico fundido es comprimido para asegurar el llenado total de la cavidad y los detalles de la superficie.

Sostenimiento. El plástico fundido es sostenido en el molde bajo presión para compensar el encogimiento. La presión de sostenimiento es aplicada hasta que la

portada solidifica. Después que la portada solidifica el plástico fundido no puede regresar al interior del cañón.

Enfriamiento. El plástico fundido continuamente se enfría y se encoje. Expulsión de la parte; El molde abre y la parte enfriada es expulsada del núcleo. [66-81]

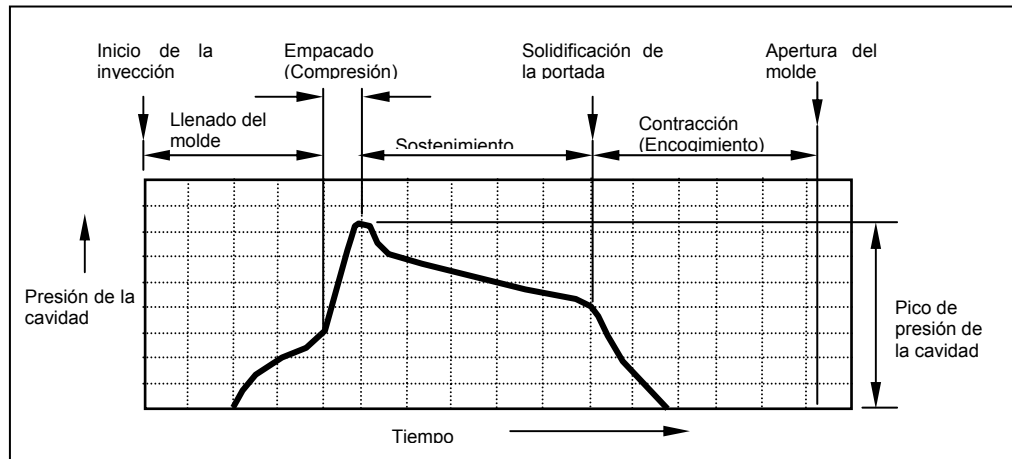


Figura 2.23. Muestra el comportamiento de un ciclo de moldeo.

### 2.10 Geometría de la parte

Las piezas con paredes gruesas son más difíciles de enfriar y empaclar, cuando se tiene secciones delgadas y gruesas, la portada es preferida en la sección gruesa. La diferencia de requerimientos de enfriamiento y empaclado en las paredes gruesas y delgadas, hacen que el encogimiento deje esfuerzos residuales en la región de transición (figura 2.24).

La regla número uno para el diseño de plásticos son paredes uniformes (sin cambio de espesor). [20,22, 23, 81-85]

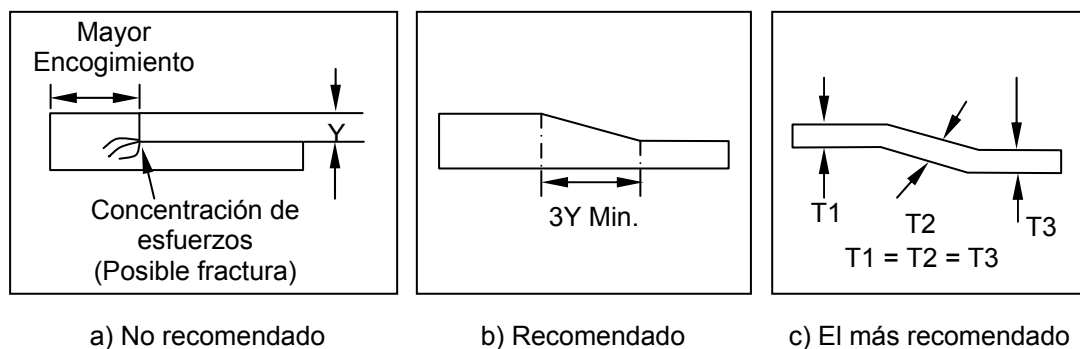


Figura 2.24. Ejemplos de piezas con cambio de espesor

### 2.10.1 Encogimiento

El encogimiento es una característica de los plásticos la cual ocurre durante el proceso de moldeo. Dependiendo del tipo de plástico será el encogimiento, como por ejemplo plásticos cristalinos tiene un alto porcentaje de encogimiento respecto a los plásticos amorfos, por lo cual es muy importante escoger el plástico a moldear antes de que el molde sea construido.

La variación de procesos tienen efectos directos en la geometría de la parte, la magnitud del empaque y la presión de sostenimiento tienen efectos muy significativos en el encogimiento y en las dimensiones finales de la parte. Si el empaque y la presión de sostenimiento no fueran utilizados un material de plástico alcanzaría un encogimiento del 25%. La presión de sostenimiento debe ser suficientemente alta para compensar los efectos de encogimiento, y debe ser lo suficientemente bajo para evitar problemas de sobre-empaque y problemas de expulsión así como esfuerzos residuales (figura 2.24).

El encogimiento de una parte plástica se puede predecir con las características del plástico (actualmente los proveedores de plásticos agregan este dato en sus hojas de descripción de producto como factor de encogimiento de acuerdo a ASTM o ISO). Pero esto va más allá de un cálculo teórico debido a las variaciones de proceso, por lo cual el diseñador de moldes tiene que agregar el factor de encogimiento cuando diseña la cavidad y el núcleo del molde haciendo a la cavidad más grande y al núcleo más pequeño. [20-23, 81-85]

### 2.10.2 Atrapes

Los atrapes son las geometrías de la pieza que se encuentra perpendicular al movimiento de la expulsión (figura 2.25). Los atrapes pueden ser moldeados con plásticos elastómeros tal como el silicón y santopreno. [20-23, 46-66]

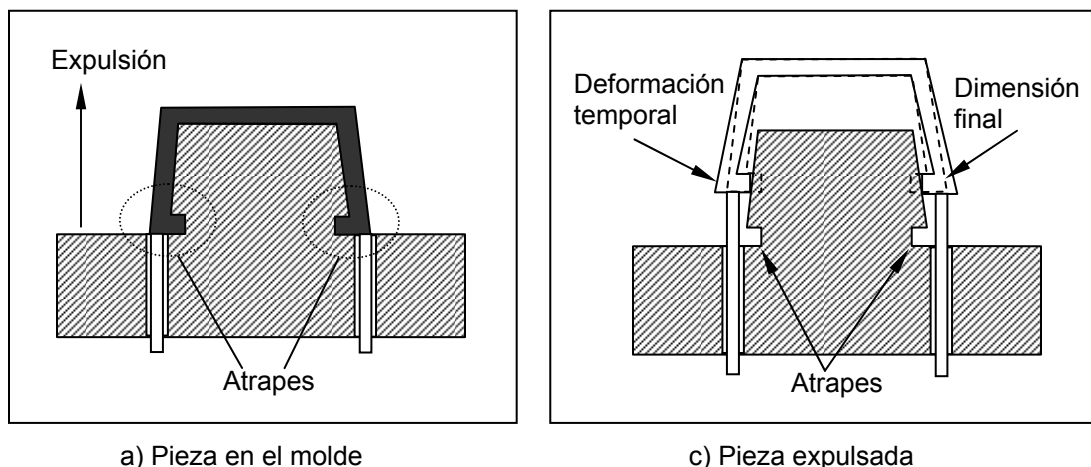


Figura 2.25. Atrapes

## 2.11 Propiedades mecánicas.

### 2.11.1 Esfuerzos

El esfuerzo normal esta definido como la función de las fuerzas internas en un cuerpo que se producen por la aplicación de las cargas exteriores (figura 2.26). [20, 22-25, 86-91]

$$\sigma = F/A \dots\dots\dots (3)$$

Donde A, es el área perpendicular a la fuerza aplicada y F es la fuerza aplicada.

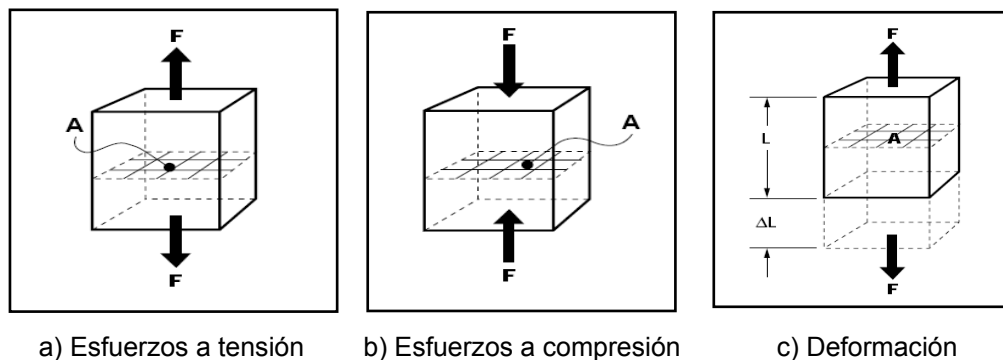


Figura 2.26. Esfuerzos a tensión, compresión y deformación.

### 2.11.2 Deformación

La deformación se puede calcular mediante ensayos de materiales, como por ejemplo la prueba de tensión del acero, dada su importancia y la inapreciable ayuda que proporciona en la introducción de otros conceptos básicos.

Consideremos una probeta de acero sujeta entre las mordazas de una máquina de pruebas de tensión y observemos simultáneamente la carga y alargamiento de una determinada longitud de la misma. Los resultados se suelen representar en un grá

fico en el que las ordenadas (Eje Y) se llevan las cargas y en las abscisas (Eje X) los correspondientes alargamientos. El nombre de la grafica esfuerzo deformación (figura 2.27) se deriva de las magnitudes que aparecen en sus ejes de coordenadas.

El valor de la deformación  $\varepsilon$  es el cociente del alargamiento (deformación total)  $\delta$  y la longitud L en la que se ha producido. Por lo tanto.

$$\varepsilon = \delta / L \quad \dots\dots\dots (4)$$

Sin embargo, de este modo, solo se obtiene el valor medio de la deformación. La expresión correcta de la deformación en cualquier punto es.

$$\varepsilon = d \delta / dL \quad \dots\dots\dots (5)$$

que determina el valor de la deformación en la longitud tan pequeña (dL) que puede considerarse constante en dicha longitud. No obstante, en ciertas condiciones, se puede suponer que la deformación es constante y aplicar la expresión  $\varepsilon = \delta / L$ .

Estas condiciones son:

- El elemento sometido a tensión debe tener una sección transversal o recta constante.
- El material debe ser homogéneo.
- La fuerza o carga debe ser axial, es decir, producir un esfuerzo uniforme.

Por último, la deformación representa un cambio de longitud dividido entre la longitud inicial, la deformación es una cantidad sin dimensiones. [20, 22-25, 86,87]

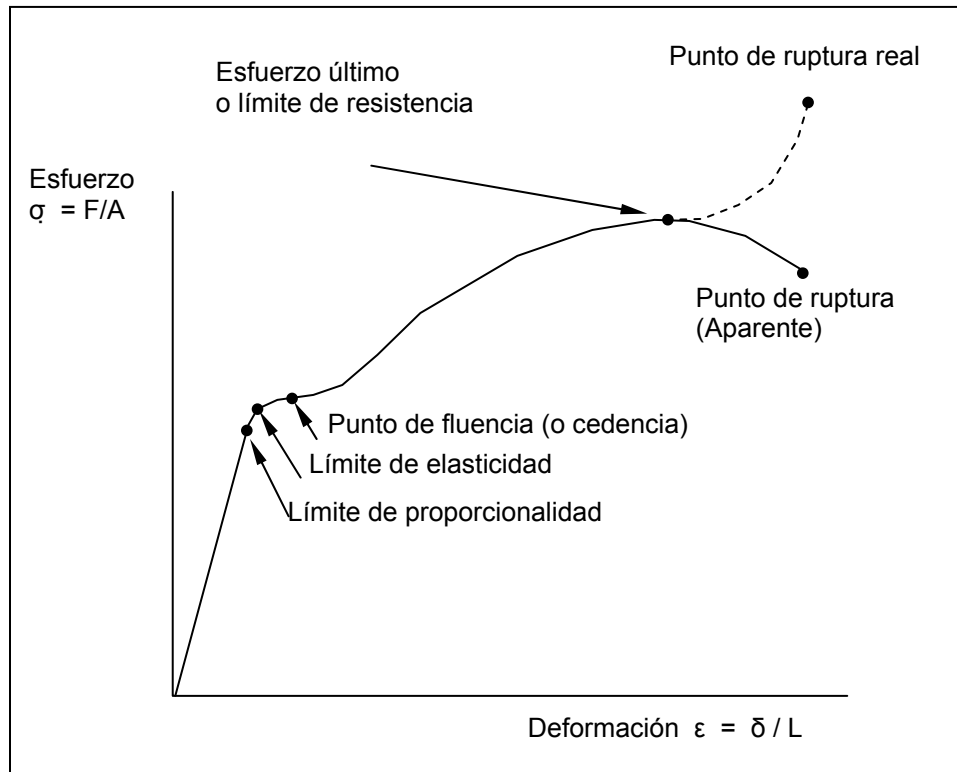


Figura 2.27. Grafica esfuerzo deformación.

El límite de proporcionalidad es un segmento rectilíneo de donde se deduce la relación de proporcionalidad entre el esfuerzo y la deformación, enunciada en el año 1678 por Robert Hooke. Esta proporcionalidad no extiende a todo el diagrama, si no que termina en el límite de proporcionalidad, y más allá de este punto, el esfuerzo deja de ser proporcional a la deformación. [20, 22-25, 86,87]

El límite de elasticidad (o límite elástico). Es el esfuerzo mas allá del cual el material no recupera totalmente su forma original al ser descargado, sino queda con una deformación residual llamada deformación permanente. [20, 22-25, 86,87]

El punto de fluencia. Es aquel en el que aparece un considerable alargamiento o fluencia del material sin el correspondiente aumento de carga que, incluso, puede disminuir mientras dura la fluencia. Sin embargo, el fenómeno de la fluencia es característico del acero al carbono, mientras que hay otros tipos de acero, aleaciones y otros metales y materiales diversos en los que no se manifiesta. [20, 22-25, 86,87]

El límite aparente de proporcionalidad al .2% (o a otro tanto por ciento). Esta estrechamente asociado al punto de fluencia. Se aplica este concepto en aquellos materiales que no tienen un punto de fluencia bien definido, o que carecen de el, mediante el proceso de equiparación con los que si los tienen. Consiste en trazar una paralela a la tangente en el origen a la curva partiendo de un valor normalizado

(equivalente a la deformación en el límite de proporcionalidad de otros materiales) que suele tomarse del .2%, o sea 0.002 m/m. La intersección de esta recta con la curva esfuerzo-deformación define el punto considerado. [86,87]

El esfuerzo último o bien el límite de resistencia. Es la máxima ordenada de la curva esfuerzo-deformación. [20, 22-25, 86,87]

El punto de ruptura o esfuerzo en el punto de ruptura. Que en el acero es algo menor que el esfuerzo ultimo, debido a que el esfuerzo en este punto de ruptura se mide dividiendo la carga entre el área inicial de la sección de la barra, aunque más cómodo, es incorrecto. [20, 22-25, 86,87]

El esfuerzo de trabajo. Es el esfuerzo real que soporta el material bajo la acción de unas cargas, y no debe sobrepasar al esfuerzo de fluencia, que es el valor máximo que puede ser sometido el material, con cierto grado de seguridad en la estructura o elemento que se considere. [20, 86,87]

### 2.11.3 Ley de Hooke

La pendiente de la recta es la relación entre el esfuerzo y la deformación y se le llama modulo de elasticidad y se representa por la letra E

Pendiente de la línea esfuerzo deformación;

$$E = \sigma / \varepsilon \dots\dots\dots (6)$$

que se suele escribir en la forma;

$$\sigma = E \times \varepsilon \dots\dots\dots (7)$$

que no expresa otra cosa mas que la ley de Hooke. En principio, Hooke solo enunció la ley de que el esfuerzo es proporcional a la deformación. Fue Tomas Young, en el año 1807, quien introdujo la expresión matemática con una constante de proporcionalidad que se llamo Módulo de Young, finalmente este nombre se sustituyo por el de Módulo de elasticidad o módulo elástico. [20, 22-25, 86,87]

### 2.11.4 Esfuerzo cortante

El esfuerzo cortante (o de cizallamiento), a diferencia del axial (o tensión o de compresión), es producido por fuerzas que actúan paralelamente al plano que las resiste, mientras que lo de tensión o de compresión lo son por fuerzas normales al plano sobre el que actúan. Por esta razón, los esfuerzos de tensión y de compresión se llaman también esfuerzos normales, mientras que el esfuerzo cortante puede denominarse esfuerzo tangencial.

Aparecen esfuerzos cortantes siempre que las fuerzas aplicadas obliguen a que una sección del sólido tienda a deslizar sobre la sección adyacente como muestra la

figura 2.28. En (a) el remache resiste el corte a través de su sección central, mientras que en la articulación representada en (b) El pasador lo resiste a través de dos secciones; el caso (a) puede llamarse cortante simple, y el (b) cortante doble. En (c) se ha de punzonar una placa; el área resistente es semejante al canto de una moneda. En todos estos casos, el cizallamiento o corte tiene lugar en un plano paralelo a la carga aplicada. Puede llamárseles casos de fuerza cortante directa.

La demostración concerniente al esfuerzo normal uniforme dada en la sección anterior permite deducir que también puede existir esfuerzo cortante uniforme si la fuerza de corte resultante pasa por el centroide de la sección sometida a cortante. Si ocurre así, el esfuerzo de corte viene dado por  $\tau = F / A$ . [20, 86,87]

A es el área paralela a la fuerza aplicada, y P es la fuerza aplicada.

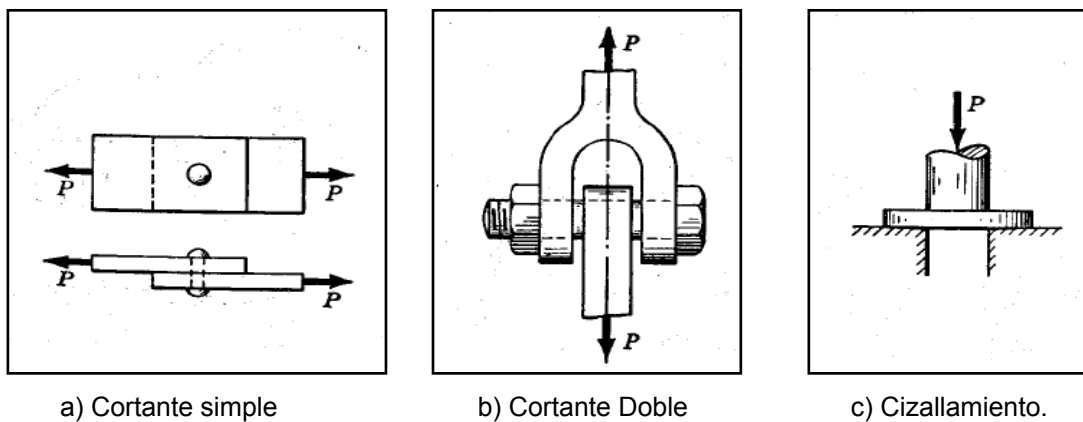


Figura 2.28. Ejemplos de secciones sometidas a cortante

## 2.12 Procesos de prototipos rápidos.

Generalmente es necesario desarrollar prototipos rápidos durante la etapa de diseño para poder detectar a tiempo las posibles mejoras que pueda tener el diseño en curso. Estos prototipos usualmente son estudiados por diferentes áreas como ingeniería, mercadotecnia, manufactura entre otros, estos departamentos pueden evaluar diversidad de puntos como promociones, métodos de ensamble, aspectos cosméticos y de transformación.

### 2.12.1 Estereolitografía.

El proceso de estereolitografía fue desarrollada en 1986 por 3D system. El principio que adopto fue el siguiente: los objetos se logran polimerizando una resina líquida de baja viscosidad, sección por sección. La forma y dimensiones de la pieza son transferidas directamente de un programa CAD de 3D al equipo donde un rayo láser (por lo general He-Cd o Ar) polimeriza diferentes secciones (figura 2.29).

El polímero se endurece en el lugar donde es golpeado por el láser. La figura escaneada por un sistema óptico y controlado por un mecanismo de elevación que baja la capa que ha sido fabricada. La próxima sección transversal es directamente arrastrada encima de la anterior. Esto se repite hasta que la parte es terminada. Finalmente, la parte se retira y es curada en horno de luz ultravioleta. [92,93]

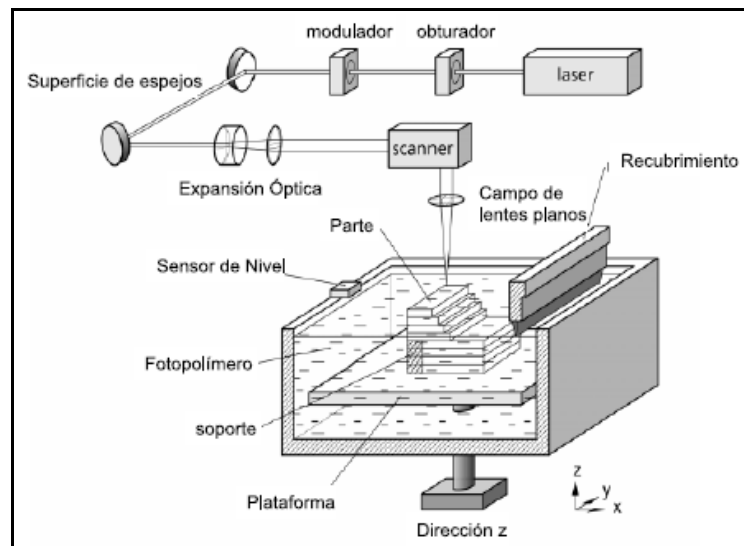


Figura 2.29. Proceso de estereolitografía.

El proceso de estereolitografía se obtienen piezas prototipos en menos tiempo que una pieza prototipo moldeada y para fines de diseño, ensamble muestras físicas para mercadotecnia o clientes resulta ser de gran ventaja, porque puede cambiar a tiempo la dirección del diseño, se pueden observar las posibles mejoras, así como una retroalimentación por el cliente final. [92,93]

## Capítulo III. Evaluación Experimental

## Capítulo III. Desarrollo Experimental

### 3.1 Metodología

Para cumplir con los objetivos y metas planteadas en este proyecto se desarrollo la siguiente metodología (figura 3.1). Se analizará el earhook para conocer su funcionamiento y plantear las hipótesis que posiblemente lleguen a cumplir con los objetivos de este proyecto. Se modelará cada una de las hipótesis cumpliendo con los alcances planteados y se fabricarán los prototipos con el proceso de estereolitografía para ensamblar en un tiempo más cortó las unidades y evaluarlas para verificar si éstas cumplen u ocupan una redirección, la cual se hará en base a la observación y resultados obtenidos.

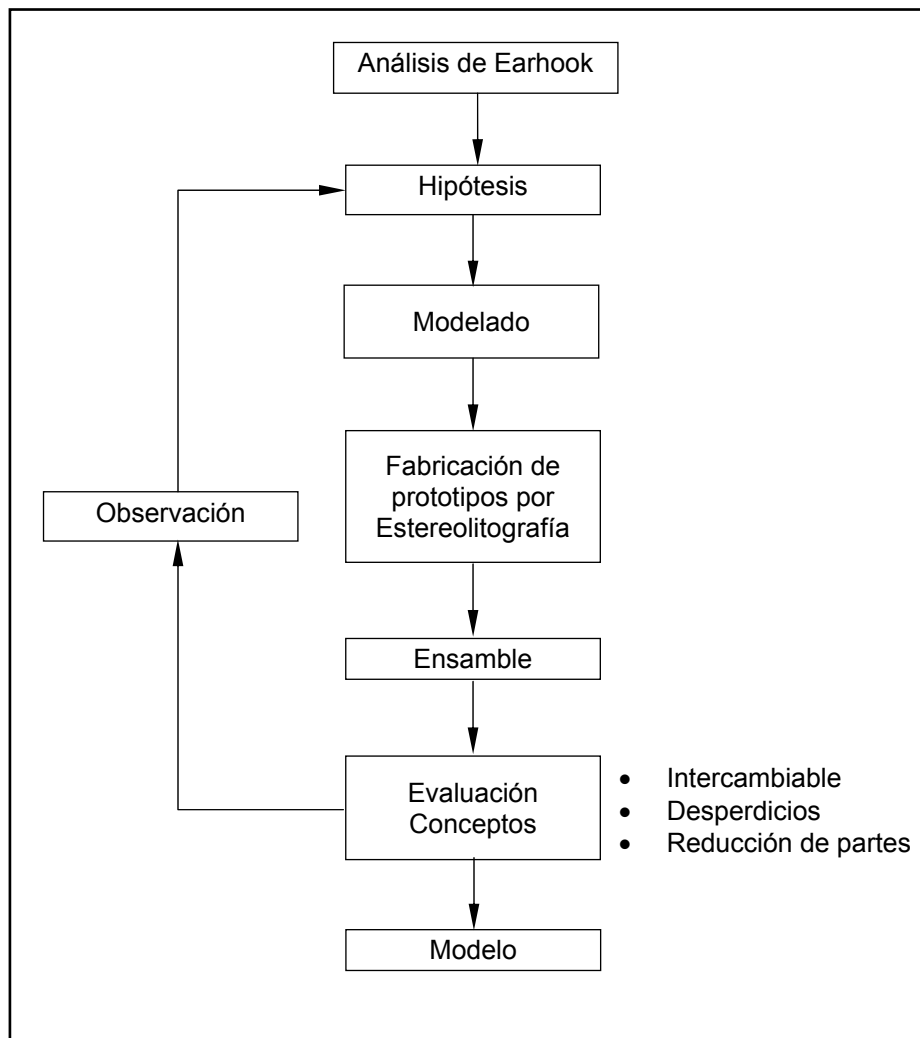


Figura 3.1. Flujo de experimentación.

### 3.2 Análisis de earhook actual.

En esta etapa se describió el funcionamiento del earhook actual para conocer los comportamientos reales de sus componentes, así como, sus alcances y limitaciones.

#### 3.2.1 Descripción de funcionamiento.

El earhook tiene la función de sostener el headset (manos libres) sobre la oreja de manera confortable, este puede ser utilizado en ambas orejas debido al mecanismo, que contiene; un pieza giratoria (swivel), un retenedor (retainer), un perno (pin), estos son sostenidos por una cubierta de plástico (Bottom cover), (Figura 3.2).

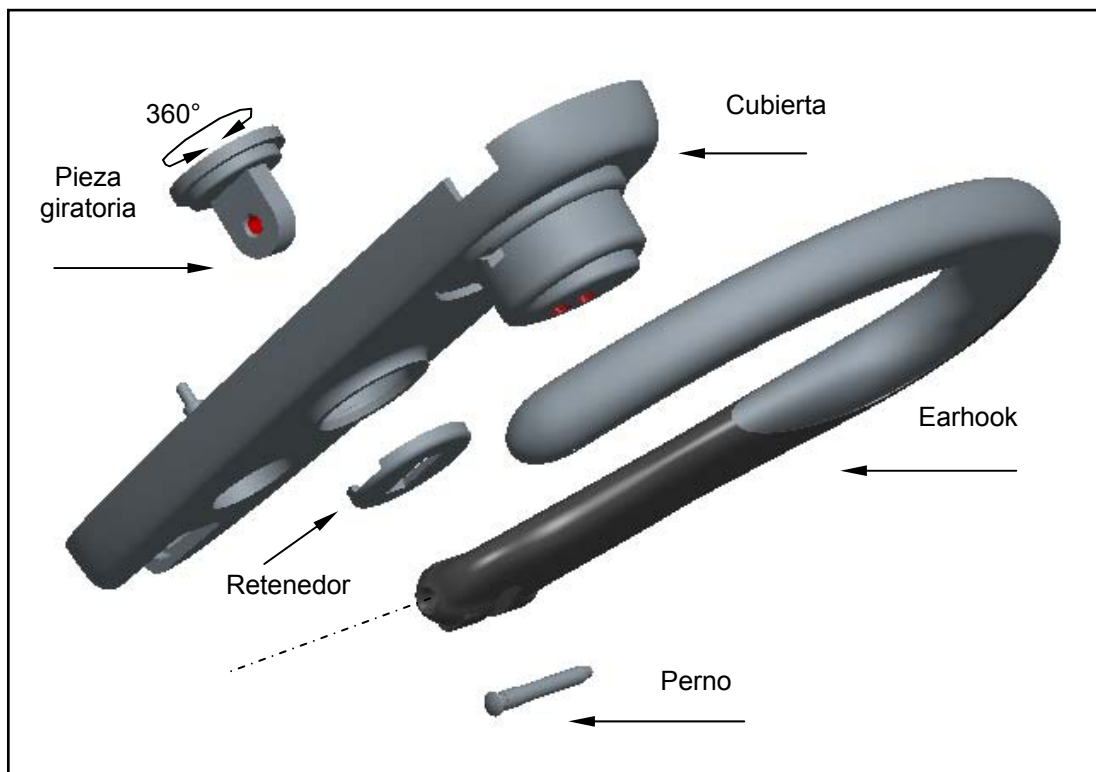


Figura 3.2. Piezas de ensamble de Earhook.

### 3.2.2 Funcionamiento del comportamiento de ensamble.

Pieza giratoria (swivel): Esta pieza tiene la función de girar 360 grados, para poder colocar el earhook en cualquiera de las dos orejas.

Retenedor (retainer); Esta pieza tiene la función de separar la cubierta del earhook, así como de resorte, cuando el earhook gira de lado a lado, produciendo una sensación de escalón o paso que le ayuda al usuario final en definir cuando pasa del límite, (figura 3.3).

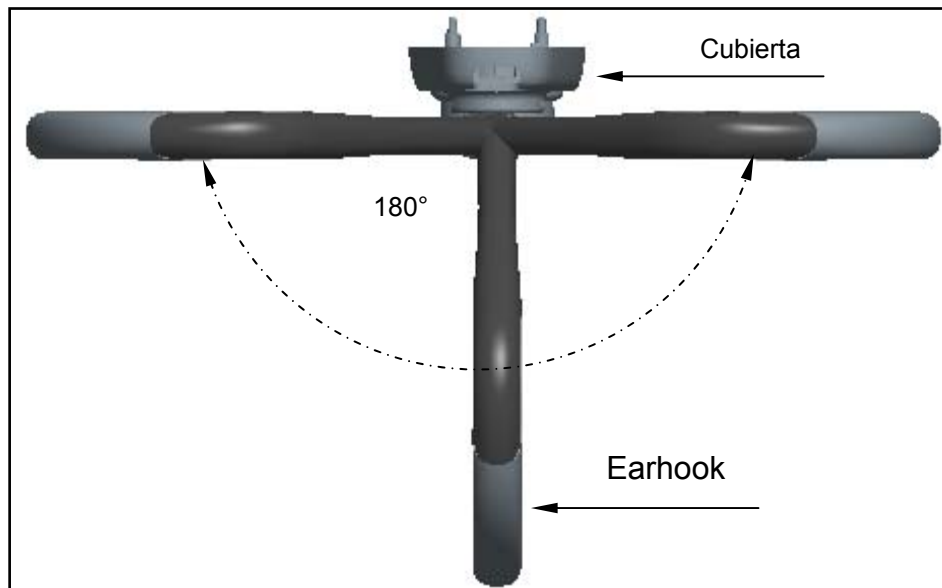


Figura 3.3. Movimientos del earhook.

El método de ensamble actual (figura 3.4) es poner la parte giratoria en la cubierta, después insertar el retenedor en la parte giratoria. Juntas estas tres partes justas se colocan en el nido de la prensa mecánica, la cual, ya tiene la orientación para la instalación del earhook, el earhook se coloca en el nido de la prensa. Donde se inserta el perno en el lado superior del earhook para después ser empujado hacia abajo dejando atrapado a las cinco partes (cubierta, pieza giratoria, retenedor, perno y earhook). Este ensamble solo tiene la capacidad de ser ensamblado una sola vez. Para ser desensamblado se tiene que desechar el perno y el earhook, debido a que el perno es dañado al ser removido y el earhook sufre una deformación cuando el perno es ensamblado y al tratar de ser ensamblado el perno nuevamente este queda flojo.

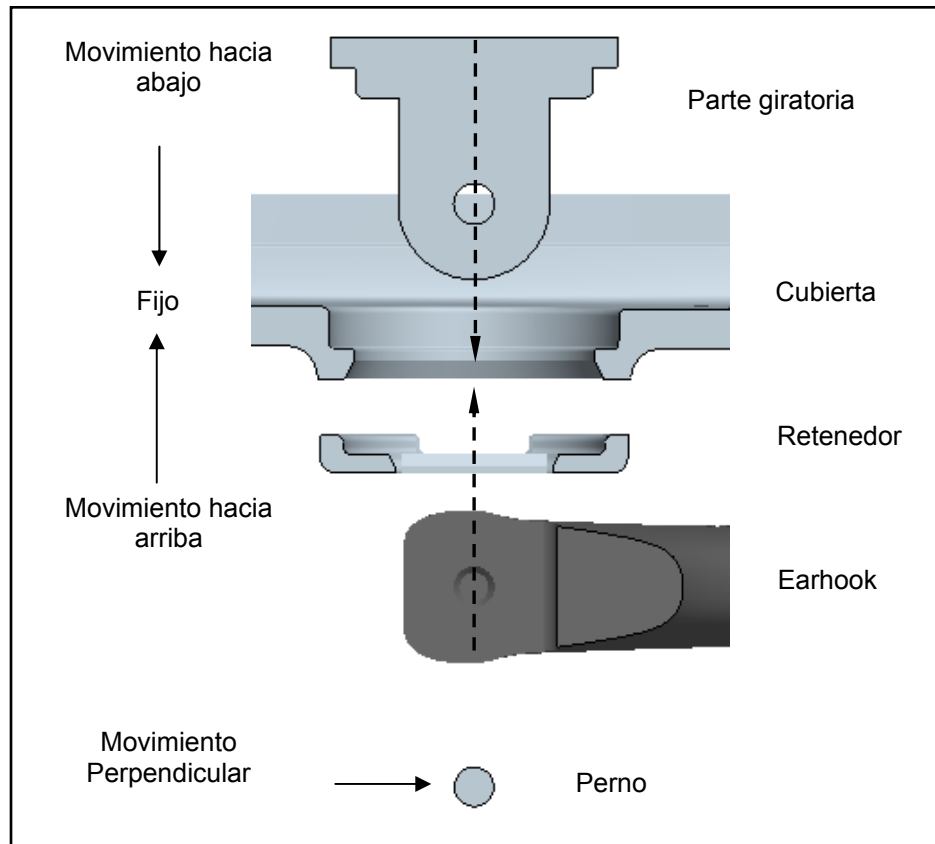


Figura 3.4. Movimientos de ensamblaje del earhook actual.

### 3.3 Hipótesis.

Para alcanzar las metas y objetivos propuestos en este proyecto de investigación, Se pensó en crear una geometría que siguiera los límites de espacio, así como, los límites de la geometría existente que se encuentra en el mercado para disminuir el impacto en el usuario final, en esta geometría se añadió los snap propuestos y se propusieron cuatro hipótesis.

### 3.3.1 Hipótesis 1.

Rediseñar el earhook con snap tipo bola y modificar la pieza giratoria. Con el rediseño del earhook (figura 3.5a y 3.5b) se pretende hacerlo intercambiable pues tiene la ventaja de ser ensamblado y desensamblado por los snap dependiendo las necesidades de la línea de producción o cliente final, y con añadir los snap a la pieza giratoria (figura 3.5c) se pretende que éste no se desensamble manteniendo juntas las tres partes (parte giratoria, retenedor y cubierta).

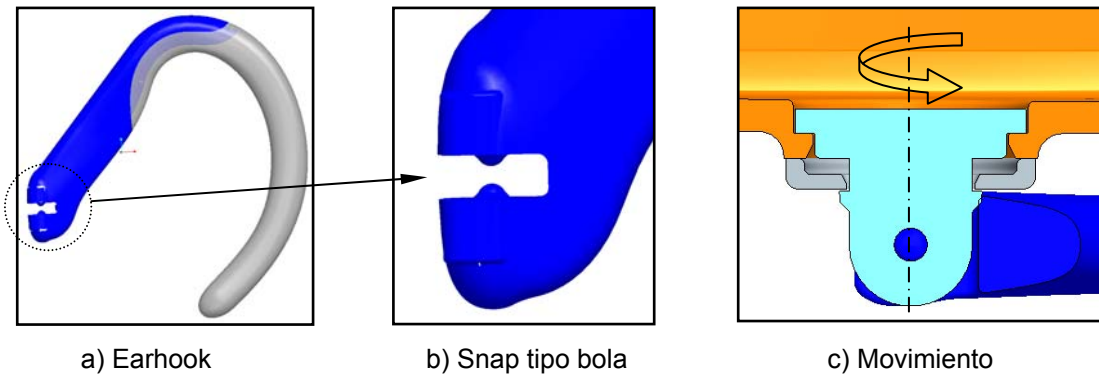


Figura 3.5. Earhook con snap tipo bola y parte giratoria modificada

### 3.3.2 Hipótesis 2

Rediseñar el earhook con snap tipo barra o viga y modificar la parte giratoria (figura 3.6). Esta hipótesis es muy similar a la hipótesis #1 con la diferencia que aquí se pretende usar un snap tipo barra, puesto se piensa en este momento que tendrá mejor estabilidad al momento de ensamble.

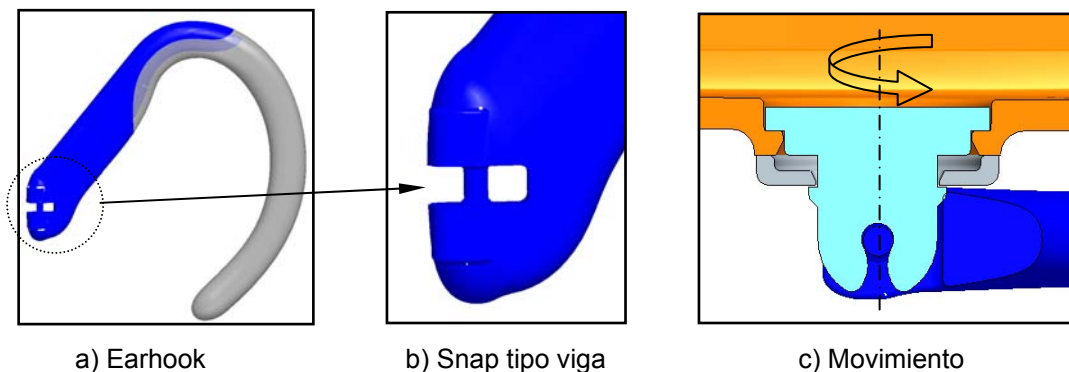


Figura 3.6. Earhook con snap tipo barra y parte giratoria modificada

### 3.3.3 Hipótesis 3

Rediseñar el earhook con snap tipo bola y rediseñar la pieza giratoria (figura 3.7). Con estos rediseños se pretende lograr hacer el earhook intercambiable, reducir el número de piezas uniendo la pieza giratoria con el retenedor, dar la flexibilidad a manufactura de ensamblarlo al principio de la línea o al final dependiendo de sus necesidades, así como se eliminará el perno de metal.

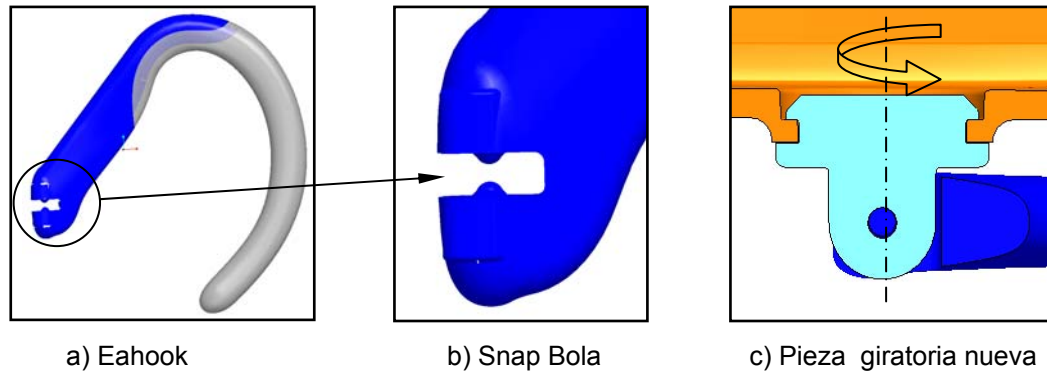


Figura 3.7. Earhook con snap tipo bola y pieza giratoria nueva.

### 3.3.4 Hipótesis 4

Rediseñar el earhook con snap tipo barra o viga y rediseñar la pieza giratoria (figura 3.8). Esta hipótesis es muy similar a la hipótesis #3 con la diferencia que se utilizará un snap de barra en vez de bola, el cual, pretender lograr hacerlo intercambiable, flexible para la línea de producción y reducir el número de piezas.

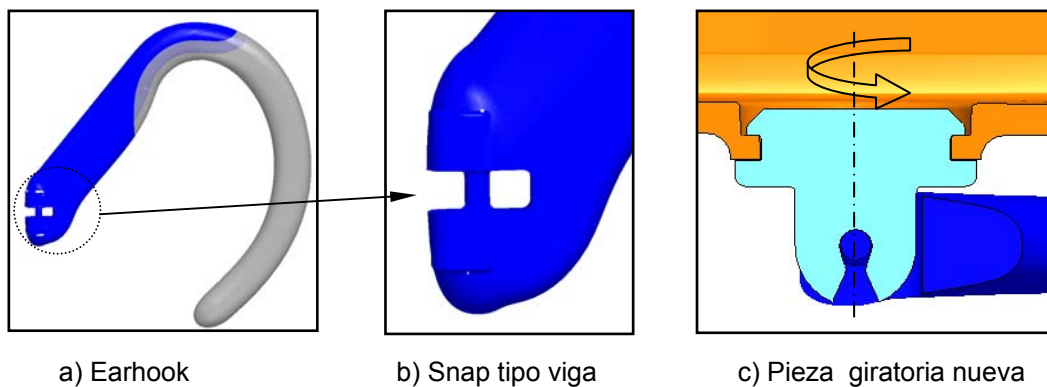


Figura 3.8. Earhook con snap tipo barra y pieza giratoria nueva.

### 3.4 Modelado

Con las hipótesis definidas se pasó a modelar las piezas en el software Pro-E, donde se tomaron varios criterios para la definición de las partes. En la figura 3.9 se muestra un flujo, el cual describe la forma del proceso de modelado.

Como las superficies externas ya habían sido definidas por mercadotecnia se decidió modificar las piezas actuales con la intención de reducir los costos por herramienta.

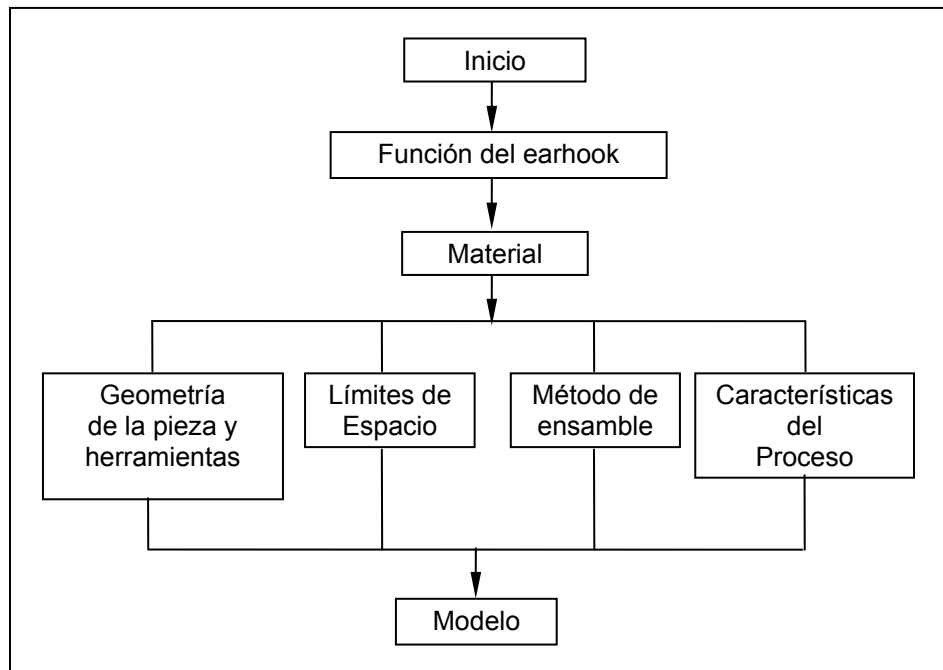


Figura 3.9. Flujo del modelado

El modelado de una pieza comienza conociendo la función que este realiza en el ensamble o mecanismo para determinar los alcances, así como sus limitaciones para poder escoger el material con el cual se pretende producir, una vez conociendo el funcionamiento de la pieza se procede a determinar la selección de material, la cual, puede ser metal, plástico entre otros. En este caso será con el plástico que actualmente se produce el earhook y la pieza giratoria debido a que sea comprobado que son los mejores candidatos actuales, así como, para la reducción de costos por producción e introducción. Después de la selección de material se empieza con un modelado en el software Pro-E donde se toma los criterios de la geometría de la parte (sección 2.10), límites de espacio, características de proceso (sección 2.9), método de ensamble (sección 3.2.2), y geometría de la herramienta (sección 2.3 a 2.8), todos estos criterios son fundamentales en la creación del modelo.

### 3.4.1 Modelado hipótesis 1

En esta hipótesis se habla de añadir el snap tipo bola al earhook actual y modificar la parte giratoria para retenerla en posición las tres piezas ensambladas y eliminar que este se desensamble al momento de ensamblar el earhook (figura 3.4). Para esto se tomo la pieza ya existente y se le añadió material en ambos lados de la cara del earhook donde ensambla con la pieza giratoria, estas protuberancias harán el trabajo de snap cuando causen la interferencia con la pieza giratoria (figura 3.10).

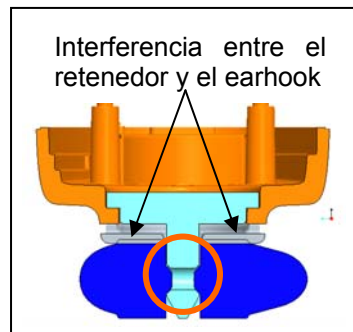


Figura 3.10. Earhook con snap tipo bola muestra la interferencia

La línea de partición del earhook está a la mitad de él (figura 3.11), por lo que no se tendrá ningún problema con el moldeo y expulsión de esta pieza (sección 2.7 y 2.8) y se eliminara un slide (sección 2.7) del molde actual.

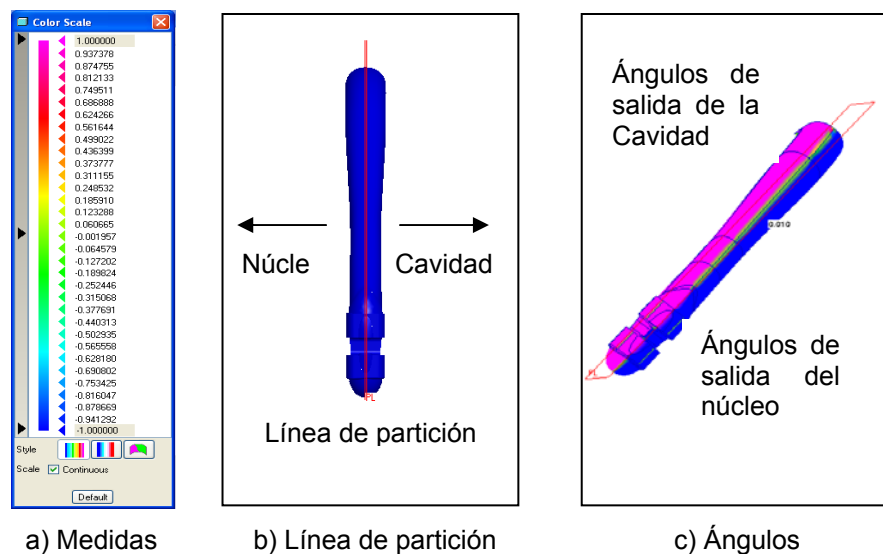


Figura 3.11. Análisis de ángulos de salida.

Se le añadió un snap a la pieza giratoria para impedir el movimiento al momento de ensamblar el earhook (figura 3.12), así como el análisis de ángulos de salida del molde, en este, se puede observar que la pieza no tendrá ningún problema al momento que la pieza sea expulsada del molde, (secciones 2.7 y 2.8).

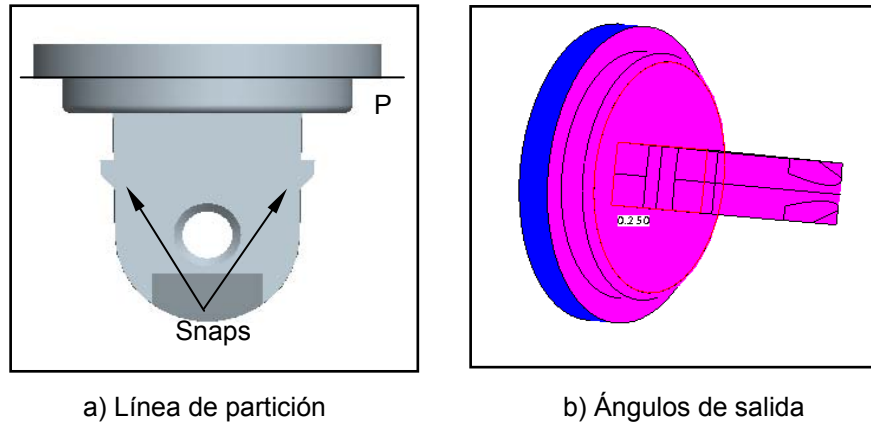


Figura 3.12. Análisis de ángulos de salida de la parte giratoria.

### 3.4.2 Modelado hipótesis 2

En esta hipótesis se optó por añadir el snap tipo viga o barra al earhook actual, y a su vez modificar la parte giratoria para retener en posición el ensamble al momento de instalar el earhook (figura 3.12), para esto se tomo el earhook existente y se le añadió material en forma cilíndrica de cara a cara donde se ensambla con la pieza giratoria, este cilindro hará el trabajo de snap cuando causen la interferencia con la pieza giratoria (figura 3.13).

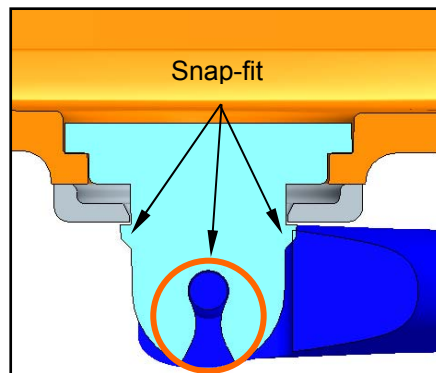


Figura 3.13. Earhook con snap tipo barra o viga

Como se explicó en el modelado de la hipótesis 1 el earhook tiene la línea de partición a la mitad por lo cual, la barra cilíndrica no tendrá ningún problema en el

molde (figura 3.11). La pieza giratoria se tendrá que modificar lo que es la cavidad móvil para poder insertar la barra cilíndrica en el (figura 3.14). Éste, en vez de ser un círculo, va a tener una forma que permita la entrada de la barra cilíndrica del earhook para poder realizar el ensamble y se mantenga en la posición deseada.

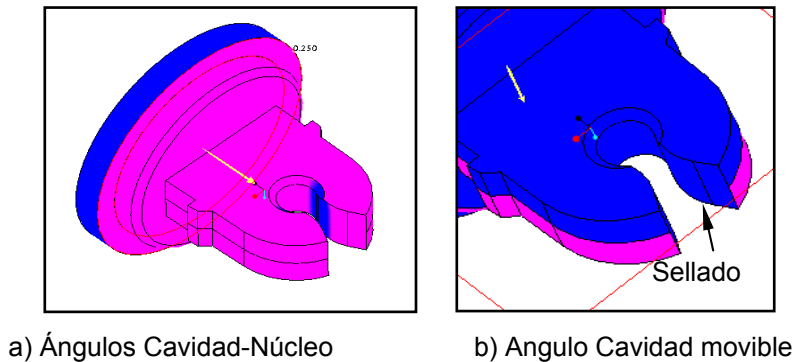


Figura 3.14. Análisis de ángulos de salida de la parte giratoria.

En la figura 3.14a se puede observar que la cavidad móvil hace el sellado en la cavidad fija para evitar rebabas en el medio del círculo donde se ensambla la barra cilíndrica, a su vez la figura 3.14b muestra los ángulos de salida del núcleo y la cavidad.

### 3.4.3 Modelado hipótesis 3

En la hipótesis tres, se rediseña el earhook con el snap tipo bola y se rediseña la pieza giratoria, con esto se reducen el número de piezas con la unión de la pieza giratoria y el retenedor, así como la eliminación del perno de metal (figura 3.15)

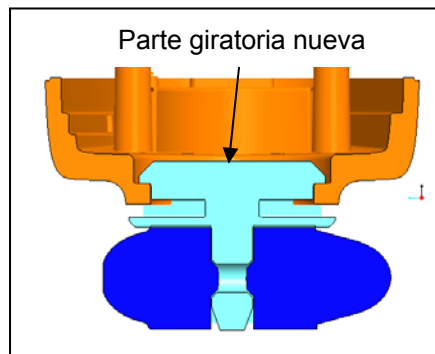


Figura 3.15. Parte giratoria con interferencia con el earhook.

Con la unión de la pieza giratoria y el retenedor (figuras 3.16 y 3.17) se pretende reducir los inventarios por números de partes y darle flexibilidad a la línea de

producción para ensamblar el earhook al principio o al final de la línea. Esta pieza desarrollará las funciones que anteriormente hacía la pieza giratoria y el retenedor, como son girar y sostener el earhook. El earhook es ensamblado de abajo hacia arriba, y se mantendrá unido a través de un snap que se encuentra alrededor de toda la superficie superior.

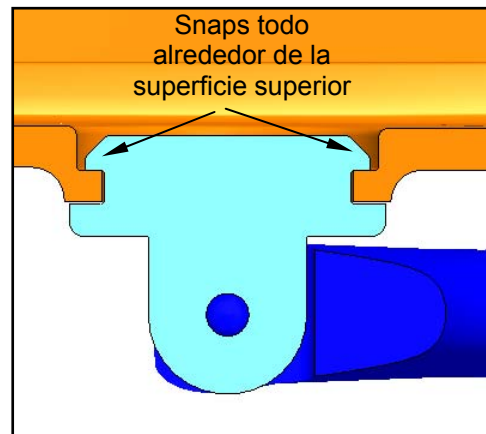


Figura 3.16. Parte giratoria con snap perimetral

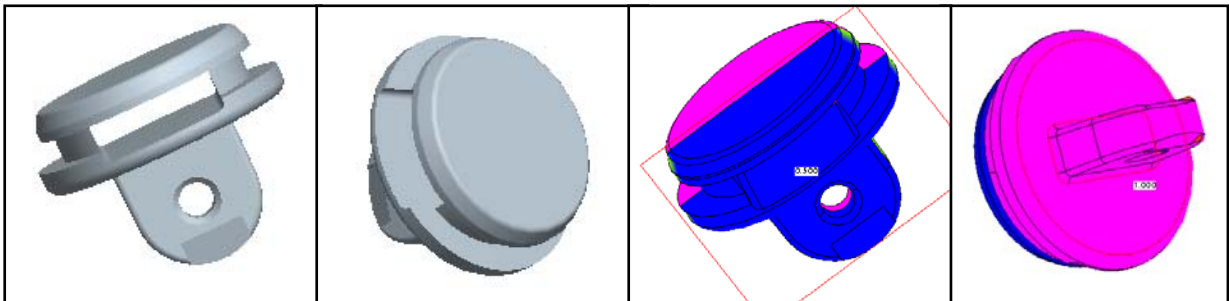


Figura 3.17. Rediseño de la parte giratoria.

La pieza giratoria (figura 3.17) tiene un snap perimetral continuo (sección 1.6) el cual, mantendrá a la pieza giratoria en la cubierta al momento del ensamble, además se añadió un chamfer para facilitar el deslizamiento de los snap de bolas del earhook. El estudio de ángulos de salida muestra que la pieza no tendrá ningún problema al momento de ser expulsado del molde (sección 2.7 y 2.8).

### 3.4.4 Modelado hipótesis 4

En la hipótesis cuatro se propone rediseñar el earhook con snap tipo barra, así como, el rediseño de la pieza giratoria con snap perimetral continuo (sección 1.6) para mantenerla en la cubierta sin la necesidad de un perno de metal que detenga el ensamble, así como la eliminación del retenedor. Esta hipótesis es la mezcla de la hipótesis 3 y 2 (figura 3.18).

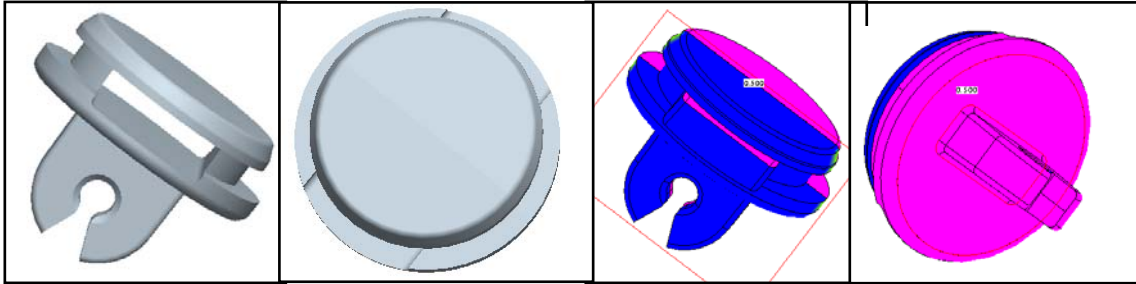


Figura 3.18. Rediseño de la parte giratoria para snap de barra

### 3.5 Prototipo

Con las hipótesis definidas y las piezas modeladas se procedió a fabricar prototipos, estos prototipos fueron hechos con el proceso de estereolitografía (sección 2.12.1), el cual, es muy utilizado en la etapa de diseño para la verificación de ensambles y comportamientos de las piezas. Este proceso consistió en tres etapas (figura 3.19). El modelado de la hipótesis en el Software Pro-E, la fabricación del prototipo en la máquina de SLA y el curado del prototipo en un horno con luz ultravioleta.

Pro-E	SLA	Curado
Modelo en 3D Triangulado del modelo Transferencia a extensión. STL	Parte sólida Semi-curada	Parte sólida Completamente Curada

Figura 3.19. Proceso de fabricación de prototipos de estereolitografía.

Se modeló el prototipo en el software Pro-E y después se hizo el triangulado de las piezas creando el archivo .stl (figura 3.20) para evitar imperfecciones al momento de fabricar las piezas en la máquina de SLA. La triangulación es automática y se crea convirtiendo un archivo de pro\_e en un archivo .stl.

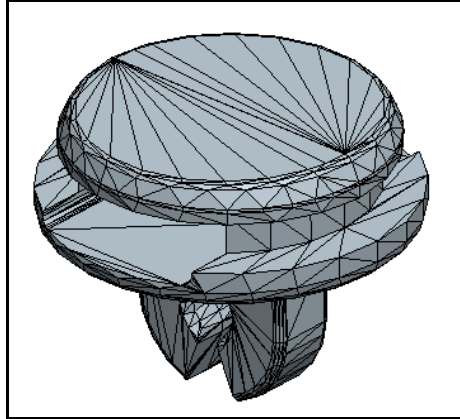


Figura 3.20. Triangulado del modelo.

Después de la triangulación se carga a la máquina para su procesamiento (figura 3.21a y Sección 12.2.1.)



a) Máquina procesadora de estereolitografía.



b) Horno de luz ultravioleta.

Figura 3.21. Máquinas para prototipos de estereolitografía.

Una vez que la máquina finaliza el proceso de construcción, los prototipos son limpiados de todo excedente para después pasarse al horno donde terminan con su curado en una hora a  $35 \pm 3$  grados (figura 3.21b).



Figura 3.22. Prototipos de estereolitografía.

Para la fabricación del prototipo se utilizó la resina Acura si 50, la cual se utiliza para procesos de estereolitografía. Esta es una resina líquida de color ámbar con un ligero olor a acrilato. Esta resina se cura al quedar expuesto a la luz, formando un material plástico no reactivo. La exposición a la resina no curada causa una irritación moderada a grave de los ojos y la piel, mientras que las exposiciones prolongadas o múltiples son capaces de causar sensibilización (respuesta alérgica). Se recomienda utilizar rocío de agua, espuma, sustancias químicas secas o dióxido de carbono para combatir incendios.

### 3.6 Portadas

Las partes fueron analizadas a través del software moldflow, el cual solo refleja el comportamiento de la resina en el modelo (pieza) de acuerdo a las especificaciones del proveedor. Este programa no refleja ningún comportamiento debido al tipo de textura del molde, variación de temperaturas, enfriamiento, entre otros. Este solo estudia el comportamiento en condiciones ideales. Pero sirve como guía para la selección de tipo de portada, números de portada y ubicación

#### 3.6.1 Portada tipo alfiler

El modelo se cargo al software, y las especificaciones dadas por el proveedor de resinas y se realizó el cálculo automático a través del software moldflow, este arrojó los siguientes datos.

Portada tipo alfiler en la parte superior de la pieza (figura 3.23) tiende haber una línea de unión (sección 2.6) en la parte central, la cual puede causar fracturas al momento de mover el earhook de posición cuando se requiera cambiar de la oreja izquierda a la derecha (sección 3.2.2).

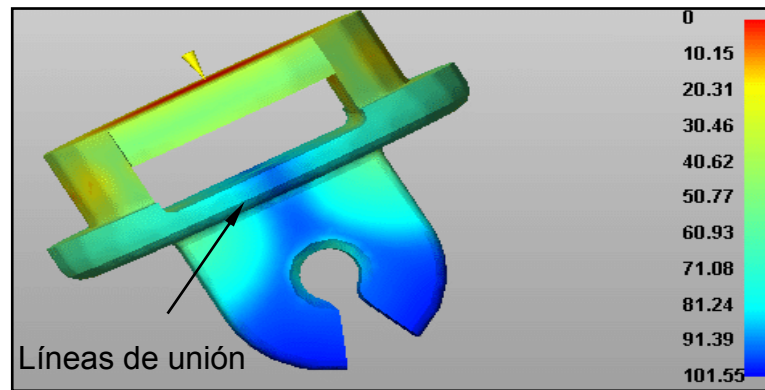


Figura 3.23. Pieza giratoria con portada tipo alfiler.

### 3.6.2 Portada tipo submarina

Con la portada submarina en la parte inferior y al costado de la pieza (figura 3.24), la línea de unión queda en la parte superior de la pieza y no representa ningún riesgo para el método de ensamble y el funcionamiento del earhook (sección 3.2.2). También se observa en la figura 3.24 lo siguiente:

- El modelo es llenado en 101.55 segundos con una portada tipo alfiler.
- El modelo también muestra una serie de colores los cuales muestra como las áreas fueron llenadas, donde el color rojo muestra las áreas que fueron llenadas primero y las de color azul fueron las últimas áreas en llenarse.
- Con la portada submarina en un lado del modelo tiende a haber una línea de unión en la sección superior.

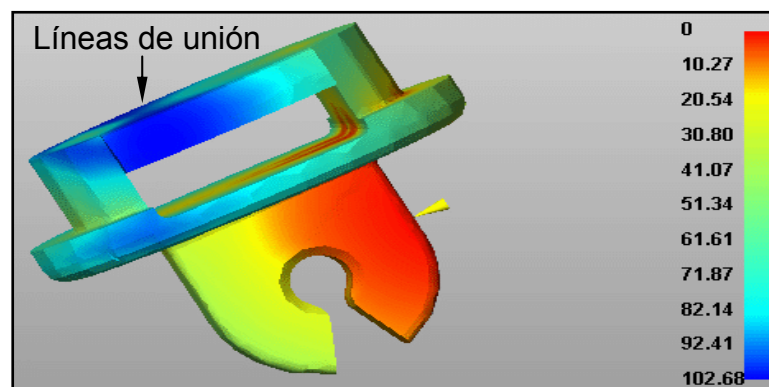


Figura 3.24. Pieza giratoria con portada submarina.

La portada submarina presenta menos riesgo para el ensamble por los resultados obtenidos en el Moldflow (sección 3.6.1 y 3.6.2).

## Capítulo IV. Ensamble, resultados y discusiones

## **Capítulo IV. Ensamble, Resultados y Discusión.**

### **4.1 Ensamble**

Se ensamblaron 4 unidades por parte de manufactura e ingeniería, así como 4 unidades por parte de diseño mecánico. Estas unidades fueron ensambladas (sección 3.2.2) por personas con el conocimiento y la habilidad adecuada en el producto actual con el propósito de evaluar y observar si este diseño cumple con los objetivos y metas planteadas como se menciona en la introducción.

### **4.2 Resultados de las hipótesis 1 & 2.**

Las Hipótesis 1 & 2 fueron diseñadas y desarrolladas bajo la metodología anteriormente descrita y ensamblada de acuerdo al método descrito en la sección 3.2.2. Se observó que una vez desensamblado el snap del retenedor el earhook presenta muchos problemas para ensamblarse, el cual, se considera un riesgo potencial para el cliente final. También se añadió al retenedor un radio para deslizar el snap de la parte giratoria, porque la esquina que tenía impedía su ensamble.

#### *Ventajas de las hipótesis 1 & 2.*

- 1.- Se tiene mucha similitud con el ensamble actual.
- 2.- Se elimina el Perno de metal.
- 3.- Se unen a través de snap.
- 4.- No se ocupa ningún tipo de herramienta especializada para su ensamble.

#### *Desventajas de las hipótesis 1 & 2.*

- 1.- Tendencia a desensamblarse cuando se mueve el earhook de posición para la colocación del headset en la oreja.
- 2.- No es intercambiable, debido a que, una vez desensamblado el snap del retenedor se suelta al momento de desensamblarlo.
- 3.- Representa alto riesgo para el usuario final debido a que no es intercambiable.
- 4.- No tiene flexibilidad para el ensamble, ya que, este se tiene que ensamblar desde el principio del ensamble (tiene que ser el primer paso de todo el headset).
- 5.- Se ensamblan tres partes desde el inicio del proceso de ensamble.

### 4.3 Resultados de las hipótesis 3 & 4.

El método de ensamble de la hipótesis 3 & 4 es diferente al actual o al de la hipótesis 1 & 2. Este método se describe en función a la dirección del ensamble, como se muestra en la figura 4.1. Todas las partes son ensambladas de abajo hacia arriba.

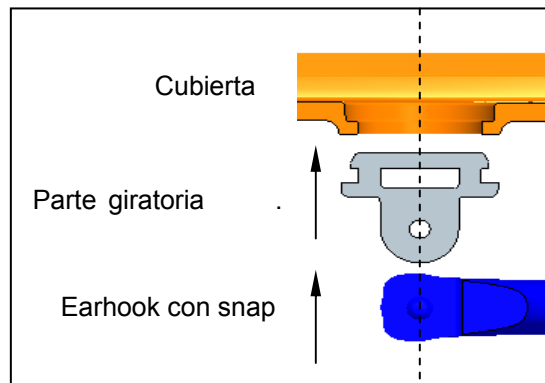


Figura 4.1. Método de ensamble para la hipótesis 3 & 4.

En esta hipótesis se encontró que la pieza giratoria no podía ser ensamblada en la cubierta de ninguna manera. Pensando que este inconveniente se debía a la interferencia que hay entre la cubierta y la pieza giratoria que es lo que conforma al snap, se redujo drásticamente la interferencia del snap de 0.4 mm a .1 mm a todo alrededor de la parte giratoria (figura 4.2).

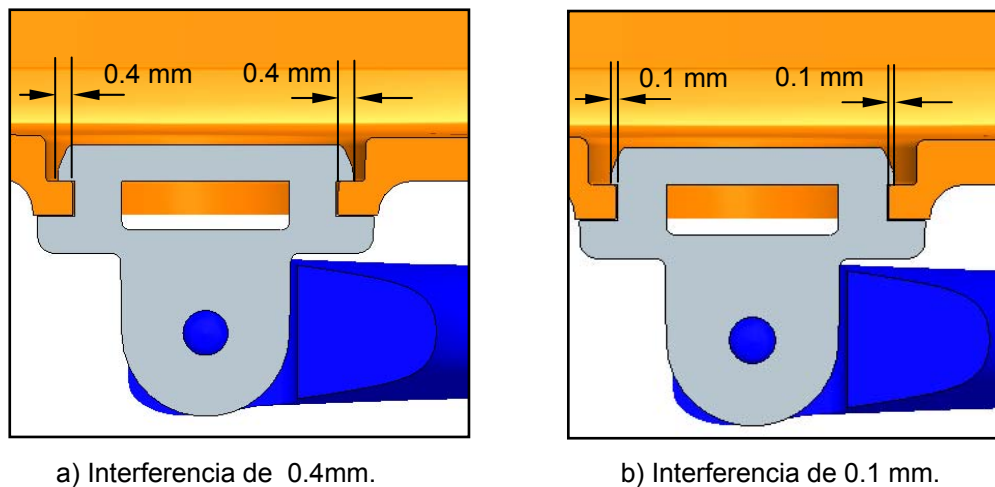


Figura 4.2. Interferencia del snap perimetral de la parte giratoria.

Después de haber modelado la parte con una interferencia más pequeña (figura 4.2b) entre la cubierta y la parte giratoria se mandaron hacer prototipos con el proceso de estereolitografía. Después de haber obtenido las partes se procedió a ensamblarlas pero se encontró que aún con 0.1mm de interferencia las partes no ensamblaban. En ese momento se concluyó que una de las dos partes tenía que sufrir una deformación momentánea para poder ensamblarse. Pero ambas estructuras son muy fuertes debido a la forma circular continua (figura 4.3) por lo que se seccionó el snap de la parte giratoria pensando que se deformaría solo las áreas con la interferencia en vez de toda la parte superior de la parte giratoria. (sección 1.7).

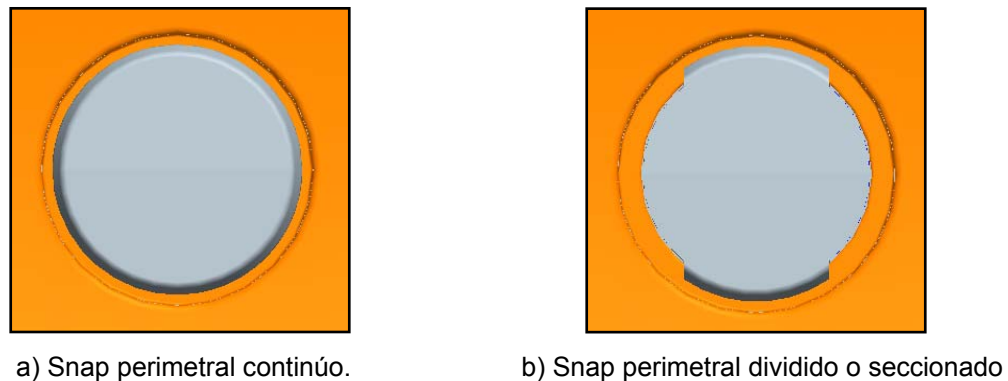


Figura 4.3. Snap perimetral.

Una vez ya modelada la parte con una interferencia de 0.4 mm y el snap perimetral seccionado, se mandaron hacer prototipos con el proceso de estereolitografía para realizar el ensamble. Esta vez, la pieza giratoria ensambló en la cubierta sin ningún problema y se encontró un método el cual facilita el ensamble de las dos partes. Este método de ensamble consiste en introducir la parte giratoria en la cubierta, para hacer el snap primeramente de un lado y después empujar hacia arriba el lado contrario para ensamblar completamente la parte giratoria como se muestra en la figura 4.4.

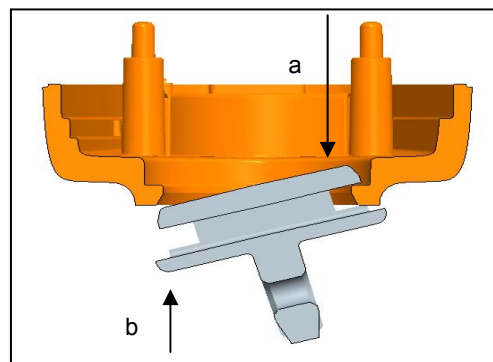


Figura 4.4. Método de ensamble.

- a) Ensamblar la pieza giratoria en un solo lado (figura 4.4).
- b) Empujar la pieza giratoria hacia arriba.

Después de haber encontrado la solución para la pieza giratoria, se ensamblaron las piezas y se observó el comportamiento de los prototipos del earhook y de la pieza giratoria dando como resultado los siguientes puntos.

#### Ventajas.

- 1.- Se elimina el Perno de metal.
- 2.- Se unen a través de snap.
- 3.- No se ocupa ningún tipo de herramienta especializada para su ensamble.
- 4.- Es intercambiable.
- 5.- El earhook se puede ensamblar en cualquier etapa del proceso
- 6.- Solo se ensamblan dos partes.
- 7.- No representa ningún riesgo para el usuario final, ya que, este puede ser ensamblado nuevamente.
- 8.- Herramienta menos complicada.

#### **4.4 Cotización.**

Se mando a cotizar los rediseño y las modificaciones de cada hipótesis para obtener los costos reales de los moldes y el costo de las piezas. Estos moldes se mandaron cotizar con las compañías Chinas con las que actualmente se esta trabajando debido que sus precios son alrededor de un 70% más bajos que en Estados Unidos o México. El agregar un snap de bola o de barra no hace la diferencia en precios para la modificación del molde por lo que solo se unió la hipótesis número 1 y 2 también se unió la hipótesis 3 y .4

#### Cotización de los moldes para la hipótesis 1 & 2.

Se obtuvieron las cotizaciones de los siguientes moldes (Tabla 1), parte giratoria, earhook y retenedor, esta cotización esta hecha en modificar los moldes actuales y no el hacer moldes nuevos, puesto que la geometría de las piezas son muy similares a las actuales (secciones 3.4.1 y 3.4.2).

Piezas	Moldes	Costo/ pieza	Costo/ manejo
Pieza giratoria	4,000 dólares	0.0380 dólares	0.00028 dólares
Retenedor	2,000 dólares	0.02721 dólares	0.00019 dólares
Earhook	6,000 dólares	0.9170 dólares	0.00770 dólares

Tabla 1. Cotización de las modificaciones hipótesis 1 &amp; 2.

Cotización de los moldes para la hipótesis 3 & 4.

Se cotizó modificar el molde actual del earhook y hacer un nuevo molde para la parte giratoria (Tabla 2) debido a la unión de la pieza giratoria y el retenedor (secciones 3.4.3 y 3.4.4)

Piezas	Moldes	Costo/ pieza	Costo/ manejo
Pieza giratoria (Rediseño)	10,000 dólares	0.0652 dólares	0.00028 dólares
Earhook	6,000 dólares	0.9170 dólares	0.00770 dólares

Tabla 2. Cotización del molde y la modificación de la hipótesis 3 &amp; 4.

Costo actual de cada pieza de ensamble del earhook

El costo/ manejo se refiere al costo por tenerlo en el inventario, manejo de planta a planta, y de almacén a la línea de producción (Tabla 3).

Piezas	No. de parte	Costo/ pieza	Costo/ manejo
Pieza giratoria	68265-01	0.0380 dólares	0.00028 dólares
Retenedor	68263-01	0.02721 dólares	0.00019 dólares
Perno de metal	68239-01	0.02000 dólares	0.00017 dólares
Earhook	69456-01	0.9170 dólares	0.00770 dólares
Costo de pieza y manejo		0.9170 dólares	0.00770 dólares
Costo total de pieza mas manejo			1.01055 dólares

Tabla 3. Costo actual de producción.

#### 4.5 Balance de costos.

Actualmente se esta gastando alrededor de 3,023.37 dólares mensuales con el ensamble del earhook, éste cuenta con cuatro piezas para ser utilizadas en cualquier manos libres con un costo de 1,01055 dólares más mano de obra y herramientas. Lo cual la convierten en una producción costosa para cualquier manos libres.

Hay cinco familias (Aruba, Monet, Explorer, Neo, Theo) en las cuales se utiliza el earhook, de estas cinco familias tres están siendo producidas en Plamex (Plantronics México) por lo cual se hará un balance en base a estas tres familias.

La demanda de la Familia Explorer es alrededor de 2, 000,000 unidades, la Familia Neo son 300, 000 unidades y la de Theo serán 602,071 unidades. En las últimas dos familias serán lanzadas en los siguientes meses por lo cual su demanda puede incrementar. Si sumamos las cantidades nos da una cantidad anual de 2, 902,071 unidades.

Para las cuatro hipótesis el perno de metal se esta eliminando. Si multiplicamos la demanda de las tres familias por el costo del perno de metal, vamos a obtener el ahorro anual.

$$\text{Ahorro/ perno} = (0.02017) (2, 902,071) = 58, 534.77 \text{ dólares/ anual}$$

Balance para la Hipótesis 1 & 2.

En el balance encontramos el ahorro por no utilizar perno (58, 534.77), Costo de moldes (12, 000), y el ahorro por desperdicios es difícil de pronosticar porque el ensamble del earhook es el primer paso para la construcción de la capsula y en este momento no se tiene un número de earhook dañado puesto no se ha corrido en masa estas hipótesis, por lo que se elimina de el balance.

Ahorro/ perno	58, 534.77	dólares/ anuales
Costo /Moldes	- <u>12, 000.00</u>	dólares/ anuales
Ahorro total	46, 534.77	dólares/ anuales

En este balance se estará ahorrando 46, 534 .77 dólares anuales

Balance para la Hipótesis 3 & 4.

En las hipótesis tres y cuatro se reduce el número de piezas uniendo el retenedor con la pieza giratoria por lo cual se refleja el ahorro por manejo de una pieza menos, ahorro por eliminar el perno y el ahorro de desperdicios. En estas dos hipótesis se menciona el ahorro por desperdicios porque el ensamble del earhook se hará el final de la línea evitando que este se dañe en el proceso o por manejo.

La suma por manejo de la pieza giratoria actual y el retenedor nos da un total de 0.00047 dólares menos el manejo de la nueva pieza giratoria obtendremos 0.00019 dólares.

Si multiplicamos el ahorro por manejo (.00019 dólares) por la demanda anual (2, 902,071) obtenemos 551.39 dólares

Si se hace la suma del ahorro menos el costo de los moldes veremos lo siguiente.

Ahorro/ manejo	551.39	dólares / anuales
Ahorro/ perno	58, 534.77	dólares/ anuales
Ahorro/ desperdicios	36,280.44	dólares/ anuales
Costo /Moldes	- <u>19, 000.00</u>	dólares
Ahorro total	76,366.60	dólares/ anuales

Por lo cual se obtendrá un ahorro de 76, 366.60 dólares.

## Conclusiones

## **Conclusiones.**

### **Estudio de competidores.**

Los principales competidores (sección 1.9) actualmente están utilizando un número muy bajo de piezas y sus materiales son a base de plásticos y elastómeros, por lo que son capaces de reducir sus precios debido a que el metal cuesta más para procesarse. También utilizan los snap-fit para el ensamble del earhook obteniendo una gran flexibilidad en las líneas de producción debido a que el earhook puede ser ensamblado al principio o final de la línea, así como, también se deja como accesorio para que el cliente final haga el ensamble el cual no representa ningún costo para operación, claro esta cada competidor utiliza diferentes métodos y materiales para lograrlo.

### **Portada y posición de la portada.**

En la sección 3.6 se investigó dos tipos de portadas y dos diferentes posiciones para la inyección del plástico y se concluyó que la portada submarina (sección 3.6.2) es la portada y posición adecuada debido a la posición de la línea de unión.

Las cuatro hipótesis fueron evaluadas por ingeniería y manufactura y se concluyó que la hipótesis 1 y 2 no tiene flexibilidad, puesto que el ensamble del earhook se tiene que hacer al principio de la línea de producción solamente y representa un riesgo potencial durante el proceso como el ensamble actual el cual representa 36,280.44 dólares anuales.

La hipótesis tres y cuatro tiene la flexibilidad, debido que estas se pueden ensamblar en cualquier paso de la línea de producción, solamente la hipótesis cuatro tiene la ventaja de tener mayor estabilidad al momento del ensamble que la hipótesis 3, por lo cual se concluye que la hipótesis cuatro es quien cumple con las expectativas planteadas inicialmente.

En el balance de costos se analizaron los puntos como ahorro por la eliminación del perno, ahorro por manejo de material, ahorro por desperdicios y el costo de los moldes donde se observó que la hipótesis tres y cuatro ahorran 1/3 parte mas que la hipótesis uno y dos, por lo que desde este punto de vista se concluye que la hipótesis tres y cuatro pueden ser las indicadas

### **Conclusión.**

Haciendo una recopilación de los datos obtenidos en la etapa de experimentación y evaluación se elige la hipótesis cuatro por tener las ventajas antes mencionadas así como cumplir con los objetivos y metas planteadas en este proyecto, por ejemplo la reducción de número de partes, reducción en los costos de producción debido a que se redujo el manejo de un número de parte, la flexibilidad en el ensamble así como la intercambiabilidad. Además se encontró un método que facilita el ensamble de las partes involucradas, el cual consiste en unir la pieza giratoria en un solo lado y posteriormente desplazar la pieza giratoria hacia arriba.

## Recomendaciones para trabajos futuros

### **Recomendaciones para trabajo futuros.**

La selección del material se relaciona con la función del earhook, el cual tiene como función principal sostener el headset (manos libres) en la oreja, así como, mantenerlo en la posición adecuada. Actualmente el earhook es producido con la resina GE 1200 HF, PC/ABS, por lo cual, se recomienda mantener la misma resina para el rediseño del earhook y obtener las siguientes ventajas.

Se evitaría el tiempo de introducción de la nueva resina, costos de validación de la nueva resina, costos de producción generados por la nueva resina, además, la resina actual cuenta con, alta resistencia al impacto, alta resistencia a temperaturas y excelente flujo.

Para validar el earhook con el snap se recomienda hacer las siguientes pruebas, puesto que el earhook actual fue validado con el ensamble actual el cual usa cuatro piezas en vez de dos como el propuesto en este proyecto.

- a) Prueba de jalón
- b) Prueba de Inserción
- c) Prueba de ciclado (fatiga)

La pieza giratoria tiene la función de sostener el earhook, así como girar, cuando se requiere cambiar el earhook de la oreja derecha a la oreja izquierda. Actualmente se están utilizando dos resinas para este proceso. El Delrin 100P y el Zytel 70G13 las cual se recomienda moldear cierto número de piezas de cada una y hacer pruebas de fatiga para determinar cual de las dos resinas es la más adecuada para este tipo de funcionamiento, debido que, la pieza giratoria y el retenedor actual están separados y el propuesto por este proyecto están unidos.

A departamento de manufactura se le recomienda el método de ensamble para este diseño, previamente descrito en el capítulo IV.

Para el desarrollo y implementación de este proyecto se recomiendan 79 días de labor con las actividades propuesta en el siguiente cronograma.

Task Name	Duration	Start	Finish
<input type="checkbox"/> <b>Proyecto "Rediseño del earhook"</b>	<b>79 days</b>	<b>Wed 6/18/08</b>	<b>Fri 9/12/08</b>
<b>Recursos de proyectos</b>	<b>1 day</b>	<b>Wed 6/18/08</b>	<b>Wed 6/18/08</b>
<input type="checkbox"/> <b>Documentación</b>	<b>4 days</b>	<b>Wed 6/18/08</b>	<b>Mon 6/23/08</b>
<b>Dibujos 2D</b>	<b>3 days</b>	<b>Wed 6/18/08</b>	<b>Sat 6/21/08</b>
<b>Creación de archivos (.pdf, .prt, .drw)</b>	<b>1 day</b>	<b>Sat 6/21/08</b>	<b>Mon 6/23/08</b>
<input type="checkbox"/> <b>Herramientas y Materiales</b>	<b>36 days</b>	<b>Mon 6/23/08</b>	<b>Fri 8/1/08</b>
<b>Cotización de moldes prototipo</b>	<b>5 days</b>	<b>Mon 6/23/08</b>	<b>Sat 6/28/08</b>
<b>Aprobación de cotizaciones</b>	<b>1 day</b>	<b>Sat 6/28/08</b>	<b>Mon 6/30/08</b>
<b>Construcción de moldes prototipos</b>	<b>15 days</b>	<b>Mon 6/30/08</b>	<b>Wed 7/16/08</b>
<b>Requerimiento de piezas</b>	<b>10 days</b>	<b>Wed 7/16/08</b>	<b>Sat 7/26/08</b>
<b>Envío de piezas</b>	<b>5 days</b>	<b>Mon 7/28/08</b>	<b>Fri 8/1/08</b>
<input type="checkbox"/> <b>Corrida de verificación (VB1)</b>	<b>6 days</b>	<b>Fri 8/1/08</b>	<b>Fri 8/8/08</b>
<b>Ensamble</b>	<b>1 day</b>	<b>Fri 8/1/08</b>	<b>Sat 8/2/08</b>
<b>Pruebas de verificación</b>	<b>5 days</b>	<b>Sat 8/2/08</b>	<b>Fri 8/8/08</b>
<input type="checkbox"/> <b>Ajustes de diseño</b>	<b>15 days</b>	<b>Fri 8/8/08</b>	<b>Mon 8/25/08</b>
<b>Actualización del diseño</b>	<b>5 days</b>	<b>Fri 8/8/08</b>	<b>Wed 8/13/08</b>
<b>Actualización de dibujos 2D</b>	<b>3 days</b>	<b>Wed 8/13/08</b>	<b>Sat 8/16/08</b>
<b>Generación de nuevos archivos (.pdf, .prt, .drw)</b>	<b>1 day</b>	<b>Sat 8/16/08</b>	<b>Mon 8/18/08</b>
<b>Requerimiento de piezas</b>	<b>1 day</b>	<b>Mon 8/18/08</b>	<b>Tue 8/19/08</b>
<b>Envío de piezas</b>	<b>5 days</b>	<b>Tue 8/19/08</b>	<b>Mon 8/25/08</b>
<input type="checkbox"/> <b>Corrida de verificación (AB1)</b>	<b>7 days</b>	<b>Mon 8/25/08</b>	<b>Mon 9/1/08</b>
<b>Procuramiento de piezas</b>	<b>1 day</b>	<b>Mon 8/25/08</b>	<b>Tue 8/26/08</b>
<b>Ensamble</b>	<b>1 day</b>	<b>Tue 8/26/08</b>	<b>Wed 8/27/08</b>
<b>Pruebas de verificación</b>	<b>5 days</b>	<b>Wed 8/27/08</b>	<b>Mon 9/1/08</b>
<b>Aprobación de rediseño del earhook</b>	<b>1 day</b>	<b>Tue 9/2/08</b>	<b>Tue 9/2/08</b>
<b>Generación de formato "Risk buy"</b>	<b>1 day</b>	<b>Tue 9/2/08</b>	<b>Wed 9/3/08</b>
<b>Aprobación de formato "Risk buy"</b>	<b>3 days</b>	<b>Wed 9/3/08</b>	<b>Sat 9/6/08</b>
<b>Documentación de implementación "ECO"</b>	<b>5 days</b>	<b>Sat 9/6/08</b>	<b>Fri 9/12/08</b>
<b>Terminación del proyecto</b>	<b>0 days</b>	<b>Fri 9/12/08</b>	<b>Fri 9/12/08</b>

## Simbología y definiciones

- A. Área
- Y Altura
- E. Modulo de elasticidad
- $\epsilon$ . Deformación
- D Diámetro
- $\delta$  Coeficiente de alargamiento.
- $\mu$  Coeficiente dinámico.
- T Espesor
- $\tau$ . Esfuerzo cortante.
- $\sigma$ . Esfuerzo normal
- F. Fuerza
- P Fuerza de deflexión.
- L. Longitud

DFA (Design for Assembly). Diseño para ensamble.

DFM (Design for manufacturing). Diseño para manufactura.

Earhook. Parte mecánica que sirve para sujetar el manos libre en la oreja.

Parting línea (P.L.). Línea de partición

Sanp-Fit. Dispositivo mecánico que ayuda a mantener dos o más piezas juntas.

Slide. Parte movable del molde que permite hacer agujeros y formas en la pieza a moldear.

### Referencias bibliográficas:

Las referencias bibliograficas de la 1 a la 18, muestras los diferentes competidores que hay en el mercado a la fecha y no un documento, articulo, libro en especifico. Estos están citados en la introducción de este trabajo.

- 1.- Nokia  
<http://www.nokia.com/>
- 2.- Sony Ericsson  
<http://www.sonyericsson.com/>
- 3.- LG  
<http://www.lge.com/html/gate.html>
4. - Shenzhen Well Electronics Co., Ltd.  
<http://www.made-in-china.com/showroom/szwell>
5. - Hwachuang Industry Ltd.  
<http://www.made-in-china.com/showroom/hwachuang>
6. - Onvision Technology Co., Ltd.  
<http://www.made-in-china.com/showroom/onvision>
7. - Hisung Technology Co., Ltd.  
<http://www.made-in-china.com/showroom/hisungtech>
8. - Honwally Digital Technology Limited  
<http://www.made-in-china.com/showroom/honwally>
9. - Rock International Co., Ltd.  
<http://www.made-in-china.com/showroom/rock-international>
10. - EEC International Limited  
<http://www.made-in-china.com/showroom/eecint>
11. - Clan Global Company Ltd.  
<http://www.made-in-china.com/showroom/gpsnavigation>
12. - Surpass Infinity International Co., Ltd  
<http://www.made-in-china.com/showroom/surpassinfinity>
13. - Reday Electronics Technology Limited  
<http://www.made-in-china.com/showroom/redaytech>

14. - Suny Electronics (HongKong) Co., Ltd.  
<http://www.made-in-china.com/showroom/besidetech>
15. - Asia International Limited  
<http://www.made-in-china.com/showroom/asianint>
16. - Bestland Technology LTD.  
<http://www.made-in-china.com/showroom/bestlandtech>
17. - Trade Access Ltd.  
<http://www.made-in-china.com/showroom/trade-access>
18. - Tonson Technology (Shenzhen) Co., Ltd.  
<http://www.made-in-china.com/showroom/tonson>
19. - Paul A. tres, Designing Plastic Parts for assembly, First edition, 2000, USA, Hanser Gardner Publicaions inc.
20. - Robert A. Malloy, Plastic part design for injection molding, (Edicion), 1994, USA,
21. - Jordan Rotheiser, Joining of plastics Handbook for designers and Engineers, First edition, USA, Hanser Gardner Publications inc.
22. - Basf corporation (2003), Design solution guide, New Jersey, USA
23. - Ticona (2003), Design with plastics the fundamentals. USA
24. - Paul R. Bonenebeger, "The first snap-fit handbook", first edition, Hanser
25. - Jordan Rotheiser, "Joining of plastics", first edition, Hanser
- 26.- Motorola  
<http://www.motorola.com/>
- 27.- Michael L. Berins, Plastic Engineering handbook of the society of the plastics industry, 1991, Springer
- 28.- Lloyd R. Whittington, Whittington dictionary of plastics, 1991, 3ra edicion,
- 29.- J.W. Nicholson (2006), the Chemistry of polymer, 3ra edicion, University of Greenwich
- 30.- Ferdinand Rodriguez, Principles of Polimer system, Second edition, 1983, Japan, Mcgraw-Hill book company Japan.

- 31.- Bryce, Douglas M, Plastic injection molding, manufacturing process fundamentals, Society of manufacturing Engineers, 1996
- 32.- Frenkler D, Zawistowski H, Hot runner in injection moulds, shawbury, Rapra Technology, 2001, 1<sup>st</sup> edition.
- 33.- Advanced elastomer system(2000). Guide for injection molding for thermoplastic rubbers. USA
- 34.- Diccionario Santillana, Diccionario Enciclopédico Larousee, 1987, Madrid.
- 35.- Enciclopedia encarta, 1998, Microsoft corporación
- 36.- Revista "Noticiero Plástico", No. 431, Junio de 1998, Buenos Aires, Argentina
- 37.- B.Z. Jang, Composición Avanzada de Polímeros, primera edición, 1994
- 38.- George Odian, Principios de Polimerización, primera edición, 1989
- 39.- PlasticEurope, Association of plastics manufacturers  
<http://www.plasticseurope.org/content/default.asp?PageID=39>
- 40.- Gnauk y frudt, Iniciacion a la quimica de los plasticos (1989), Hanser editorial, Barcelona
- 41.- R.J. Crawford, "Plastics Engineering" (1999), 3ra edición, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- 42.- Revista de plasticos modernos, "Ciencia y Tecnologia de los materiales plásticos" (1990), CSIC, Volumen I, Madrid.
- 43.- Vishu Shah, john Wiley & Sons, Handbook of plastics Testing Technology, (1983), New York
- 44.- Barnes H.A., Hulton, Walters K. "An introduction to rheology", Amsterdam, 1989.
- 45.- Morton-Jones, D.H. Chapman & Hall, "Polymer processing" (1991) Londres. Moldes
- 46.- Bralla J., Handbook of product design and manufacturing (1986), McGraw Hill, New York
- 47.- Sors L and balazs, Design of plastic molds and dies (1989), Elsevier Publisher, New York.

- 48.- Technical Bulletin, Mold-Tech Division of Roehlem Industries, Chicopee, MA 01013.
- 49.- Bodini Gianni, Cacchipessani Franco, "Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos" (1992), McGraw-Hill, México.
- 50.- Capella Fermin, "Máquinas de inyección con fuerza de cierre inferior a 400 toneladas, Revista Plástico universal, No.37.
- 51.- Gastrow Hans, "Moldes de inyección de plásticos en 100 casos prácticos, 4ta edición, Hanser S.L.
- 52.- Menges G., "Moldes para inyección de plástico, Editorial Calypso S.A., México.
- 53.- Georg Menges & Paul Mohren, How to make injection molds, revista IMM, January 2002.
- 54.- Glenn Beall, Designing with ABS, revista IMM, April 2004
- 55.- Robert Neilley, Ejector design in elastomer sprues, revista IMM, November 2004
- 56.- Gleen Beall, Part design 304, Depth of Holes, revista IMM, October 2006
- 57.- Glenn Beall, Part design 109, textured, revista IMM, June 2000
- 58.- Glenn Beall, Part design 107, Draft angles, revista IMM, February 2000
59. - Paulson course training inc.
- 60.-GE Plastics, Injection molding process guide, Pla-751-rev2-0806
61. -GE Plastics, Injection process guide, article Pbg-135
- 62.- GE Plastics, Design guide, article Pbg-130
- 63.- GE Plastics, Product Guide, article Pbg-1401
- 64.- Dym, Joseph B., Injection molds and moldings, second edition, Van Nostrand Reinhold company
- 65.- Bob Hatch, The troubleshooter part 85, Pin gate frustration, revista IMM, Abril 2007
- 66.- Robert Neilley, Keeping moulds running by design, revista IMM, August/September 1998

- 67.- Bob Hatch, The troubleshooter part 87, Basics of tab gates, revista IMM May 2007
- 68.- Bob Hatch, The troubleshooter part 88, smaller parts and runners have the same needs as large ones, revista IMM.
- 69.- Bob Hatch, The troubleshooter, Sizing of the gate, revista IMM, April 2007
- 70.- Bob Hatch, The troubleshooter, Sizing runners, revista IMM, February 2003
- 71.- Bob Hatch, The troubleshooter, what causes part to warp, IMM, February 2007
- 72.- Mike Miller, Avoiding and solving injection molding problems using shear rate calculations, Part 2
- 73.- Carl Kirkland, Part design guidelines, Injection molding metals and ceramics, June 1999
- 73.- Bob Hatch, The troubleshooter part 84, thin wall, December 2004
- 74.- Bob Hatch, The troubleshooter part 83, the many causes of the sink, November 2006.
- 75.- Jeff Sloan, Scientific Molding, Part 1, Filling, IMM, October 1997
- 76.- Michael Sepe, Using the melt flow rate test to optimize the molding process, IMM, November 2002
- 77.- Glenn Beall, Part design 301, Weldlines, IMM, April 2001
- 78.- Bob Hatch, The troubleshooter part 80, Get the gate right, revista IMM, August 2006
- 79.- Bob Hatch, The troubleshooter part 50, Vent before you mold article, IMM magazine, August 2001.
- 80.- Michelle Maniscalco, Design and material advice, Overmolding ABCs article, IMM magazine, July 2005
- 81.- Glenn Beall, Part design 106, Corner radiuses, IMM, December 1999
- 82.- Glenn Beal, Part design 303, Location of Holes, IMM, August 2001
- 83.- Glenn Beall, Part design 201, Projections, IMM, August 2000

- 84.- Efunda.com  
[http://www.efunda.com/designstandards/plastic\\_design/plastic\\_intro.cfm](http://www.efunda.com/designstandards/plastic_design/plastic_intro.cfm)
- 85.- Plastics TechCenter  
<http://plastics.bayer.com/plastics/emea/en/dpp/index.jsp>
- 86.- Joseph Edward Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, quinta edición, 1990, México, Mcgraw-Hill interamericana de México.
- 87.- Ferdinand L. Singer/ Andrew Pytel, Resistencia de materiales, tercera edición, 1982, Harla S.A. de C.V. México DF.
- 88.- Pytel Adrew, Introducción a la mecánica de sólidos, cuarta edición, 2004, editorial alfaomega.
- 89.- Parker Harry, Resistencia de materiales testo simplificado, tercera edición, 1887, editorial limusa.
- 90.- Ferrer Ballester, Miguel Coaut, Resistencia de los materiales, 2001, editorial Alfaomega.
- 91.- Jackson, John H, Estática y resistencia de materiales, 1985, editorial McGraw-Hill
- 92.- Claudia Marcela Sanchez/ Carlos Julio Cortes, Rapid casting y nuevas tecnologías en el proceso de microfundición, Ingeniería e investigación, Vol 26, número 001, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
93. - MSDS: 15.06.04, 3D System company.