



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO PARA MANUFACTURA DE UN PRODUCTO
MODULAR**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

INGENIERÍA MECÁNICA - DISEÑO MECÁNICO

P R E S E N T A

CLAUDIO CÉSAR ZENTENO SÁNCHEZ



TUTOR:

DR. VICENTE BORJA RAMÍREZ

2010

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Marcelo López Parra

Secretario: Dr. Alejandro Cuauhtémoc Ramírez Reivich

Vocal: Dr. Vicente Borja Ramírez

1er. Suplente: Dr. Leopoldo González González

2do. Suplente Dr. Álvaro Ayala Ruíz

Ciudad Universitaria, México D.F.

TUTOR DE TESIS

Dr. Vicente Borja Ramírez

FIRMA

A mi mamá

A mis hermanos

A mis mejores amigos y prometida

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis de maestría requirió de arduo esfuerzo y dedicación en el proceso de diseño de un producto, en la investigación del diseño modular y no hubiese sido posible sin el apoyo de un buen equipo el cual participó en la identificación de necesidades del cliente, además de la identificación de los posibles conceptos de diseño.

Quiero expresar a mi mamá agradecimiento por su apoyo intangible en cada una de mis decisiones, el cual me mantuvo constante al realizar cada uno de los proyectos que he planeado a lo largo de mi vida. Como persona ha sido el principal motor a tratar de superarme como persona y como profesional.

Mi agradecimiento a cada uno de mis amigos por ser parte de mi vida, a mí asesor por su confianza y sobre todo a mis compañeros del posgrado que fueron parte de mi proyecto de vida, cada uno de ellos son especiales y personas con mucha entrega y dedicación.

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de México que me abrió las puertas para continuar desarrollándome profesionalmente.

Finalmente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la financiación para la realización de mis estudios de posgrado.

"Por mi raza hablará el espíritu"

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Tabla de contenido	v
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
1. Introducción	1
2. Antecedentes.....	3
2.1 Situación inicial de proyecto	3
2.2 Descripción del proyecto.....	4
2.3 La problemática	4
2.4 Definición de objetivos	5
2.5 Definición de alcances	5
3. Metodología	6
4. Consideraciones de diseño para manufactura	6
4.1 Selección de proceso	7
4.2 Consideraciones de diseño para reciclaje	7
4.1.1 Compatibilidad entre plásticos.....	9
4.1.2 Métodos de unión de ensamblajes.....	10
4.3 Definición de material o resina	11
4.4 Diseño modular	12
5. Diseño del producto	14
5.1 Definición de especificaciones.....	14
5.1.1 Definición de requerimientos	14
5.1.2 Definición de especificaciones objetivo	15
5.2 Diseño conceptual	16
5.2.1 Definición de soluciones técnicas	20
5.2.2 Carta morfológica.....	20
5.2.3 Evaluación y selección.....	22
5.2.4 Diseño modular.....	29
5.2.5 Índice de variedad generacional (IVG)	29
5.2.6 Matriz normalizada MIM.....	31
5.2.7 Identificación de módulos	33
5.2.8 Diseño conceptual de módulos.....	34

TABLA DE CONTENIDO

	Página
5.3 Diseño de detalle	39
5.3.1 Ensamble lámpara	41
5.3.2 Proceso de ensamble de lámpara	41
5.3.3 Ensamble de alojamiento lámpara.....	42
5.4 Lista de partes	44
5.5 Selección de piezas comerciales y especiales	46
6. Análisis y simulación computacional.....	46
6.1 Definición de resina	48
6.2 Análisis a manija de lámpara	50
6.2.1 Definición de desmoldeo y línea de partición.....	50
6.2.2 Mejores zonas de colocación de Gates	52
6.2.3 Análisis de confianza de llenado	53
6.2.4 Análisis de tiempo de llenado.....	53
6.2.5 Análisis de variación de temperatura en pieza.....	54
6.2.6 Localización de zonas de burbujas	54
6.2.7 Localización de zonas de rechupes	55
6.2.8 Localización de zonas falla mecánica	56
6.3 Análisis similares en partes restantes.....	56
6.3.1 Definición de desmoldeo y línea de partición	56
6.3.2 Cáscara difusor	56
6.3.3 Tapa superior de alojamiento lámpara	57
6.3.4 Tapa inferior de alojamiento lámpara	58
7. Conclusiones	60
8. Referencias	66
9. Bibliografía	67

	Página
Tabla 1. Métodos de reciclaje más comunes	7
Tabla 2. Compatibilidad entre plásticos para su mezcla	9
Tabla 3. Métodos de ensamble para reciclaje	11
Tabla 4. Requerimientos de producto obtenido mediante la metodología de juegos de innovación	15
Tabla 5. Especificaciones objetivo mediante estudio de mercado y Benchmarking	16
Tabla 6. Carta morfológica del producto considerando soluciones técnicas	21
Tabla 7. Resultados de selección de mejores soluciones técnicas por cada subfunción de 1er nivel	23
Tabla 8. Matriz IVG final de lámpara	30
Tabla 9. Clasificación IVG	30
Tabla 10. Controladores de módulo	32
Tabla 11. Matriz de indicación de Módulos MIM	33
Tabla 12. Principales controladores seleccionados por estrategia de negocio	34
Tabla 13. Matriz DSM permutada con valores de los índices de variación IVG y la matriz MIM	35
Tabla 14. Desglose de pasos de ensamble de lámpara	45
Tabla 15. Desglose de pasos del ensamble alojamiento primario	48
Tabla 16. Desglose de pasos del ensamble alojamiento secundario	51
Tabla 17. Desglose de pasos del ensamble de alojamiento	51
Tabla 18. Tabla de lista de partes estándar y no estándar	55
Tabla 19. Selección de grupo de resina	58
Tabla 20. Controladores de Módulo	76
Tabla 21. Factores de diseño de tornillos para alojamientos	85
Tabla 22. Problemas de inyección con posibles causas y soluciones	86

	Página
Figura 1. Códigos de identificación SPI	7
Figura 2. Proceso de modelación de estructura de funciones	6
Figura 3. Descripción del proceso de un producto de iluminación para camping	18
Figura 4. Árbol de funciones principales de un producto de iluminación para camping	18
Figura 5. Subfunciones de primer nivel que asocian requerimientos de cliente	19
Figura 6. Diagrama de estructura de funciones	20
Figura 7. Matriz de decisión para la selección de soluciones	22
Figura 8. Matriz de decisión para la selección de la solución técnica: Almacenar energía	22
Figura 9. Los cinco pasos del Despliegue de la Función Modular	24
Figura 10. Subfunciones ordenadas de menor a mayor número de componentes	25
Figura 11. Matriz DSM con subfunciones ordenadas desplegando componentes	25
Figura 12. Matriz DSM con subfunciones y flujos de materia, energía e información	25
Figura 13. Diagrama de flujo de información	26
Figura 14. Subfunciones ordenadas asignando con letras a cada Parte	27
Figura 15. Matriz DSM en su forma binaria original considerando la identificación de intercambio o recepción de información	27
Figura 16. Matriz DSM con solución matricial que considera acoplamientos lógicos de componentes	28
Figura 17. Matriz DSM considerando selección lógica de agrupación de componentes	29
Figura 18. Matriz de indicación de Módulos	31
Figura 19. Resultados Normalizados	31
Figura 20. Resultado normalizados de controladores de módulo de lámpara	33
Figura 21. Matriz DSM original permutada con posible candidato a Módulo	34
Figura 22. Matriz DSM permutada con valores del índice IVG y matriz MIM	34
Figura 23. Retroalimentación de la matriz DSM con valores obtenidos de las matrices MIM e IVG	36
Figura 24. Retroalimentación de la matriz DSM con valores obtenidos de las matrices MIM e IVG	37

	Página
Figura 25. Retroalimentación de la matriz DSM con valores obtenidos de las matrices MIM e IVG.....	37
Figura 26. Retroalimentación de la matriz DSM con valores obtenidos de las matrices MIM e IVG.....	38
Figura 27. Vista americana del diseño de concepto de lámpara.....	39
Figura 28. Vista perspectiva de Módulo A.....	40
Figura 29. Vista perspectiva de Módulo B.....	40
Figura 30. Vista perspectiva de Módulo E.....	41
Figura 31. Vista perspectiva de Módulo F.....	41
Figura 32. Vistas de concepto de diseño de lámpara.....	42
Figura 33. Vista de explosión de componentes del ensamble lámpara.....	43
Figura 34. Procesos de ensamble de lámpara.....	44
Figura 35. Vista de explosión de componentes del ensamble alojamiento.....	45
Figura 36. Vista isométrica de primer subensamble alojamiento.....	46
Figura 37. Procesos de ensamble del primer subensamble lámpara.....	47
Figura 38. Vista isométrica de segundo subensamble alojamiento.....	47
Figura 39 A. Procesos de ensamble del segundo subensamble alojamiento.....	48
Figura 39 B. Procesos de ensamble del segundo subensamble alojamiento.....	49
Figura 39 C. Procesos de ensamble del segundo subensamble alojamiento.....	50
Figura 39 D. Procesos de ensamble del segundo subensamble alojamiento.....	51
Figura 40. Rango de desempeño vs costo.....	57
Figura 41. Manija de lámpara a analizar.....	58
Figura 42. Análisis preliminar de disposición de dirección de desmoldeo.....	59
Figura 43. Definición de Línea de partición.....	59
Figura 44. Ángulo de desmoldeo con base a la línea de desmoldeo.....	60
Figura 45. Ángulo de desmoldeo con base a la línea de desmoldeo.....	60
Figura 46. Análisis de desmoldeo de Manija de lámpara.....	61
Figura 47. Análisis de línea de partición a Manija de lámpara.....	62
Figura 48. Mejor zona de gate de la manija lámpara.....	62
Figura 49. Llenado apropiado de cavidad de la manija.....	63
Figura 50. Tiempo de llenado de manija apropiado.....	63
Figura 51. Variación de temperatura en cavidad.....	64
Figura 52. Zonas de localización de burbujas.....	64

	Página
Figura 53. Zonas de localización de contracción	65
Figura 54. Zonas de localización de zona de posible falla mecánica	65
Figura 55. Zonas de localización de zona de posible falla mecánica	65
Figura 51. Cáscara difusor	64
Figura 52. Cáscara difusor vista frontal y posterior	64
Figura 53. Análisis y definición de línea de partición	65
Figura 54. Análisis y definición de línea de partición	65
Figura 55. Sección transversal de molde.	66
Figura 56. Cáscara difusora	67
Figura 57. Cáscara difusor vista frontal y posterior	67
Figura 58. Análisis y definición de línea de partición	68
Figura 59. Análisis y definición de línea de partición	68
Figura 60. Análisis y visualización de línea de partición	69
Figura 61. Diseño de snap favorece identificación, separación de módulos y subensambles	71
Figura 62. Codificación SPI de PA6.....	69
Figura 63. Matriz de indicación de Módulos MIM.	75
Figura 64. Matriz de selección.	76
Figura 65. Matriz MIM con selección de controladores.	77
Figura 66. Datos de matriz MIM Normalizada.	78
Figura 67. Definición de interface entre módulos.	78
Figura 68. Función estructura para un cargador de batería.	79
Figura 69. Función estructura para una batería.....	79
Figura 70. Función estructura para un taladro inalámbrico	79
Figura 71. Formas sólidas deben ser rediseñadas como cáscaras	80
Figura 72. Buen y mal diseño de aristas	81
Figura 73. Factores de concentración de esfuerzos para cargas en cantiléver	81
Figura 74. Sección de espesor de corazón de costilla	82
Figura 75. Selección de espesor de corazón de costilla	82
Figura 76. Relación ideal entre el volumen inicial VA y el final VB	83
Figura 77. Calculadora de costillas a lo largo de B.....	84
Figura 72. Partes de un alojamiento o mamelón.	84
Figura 73. Métricas de tabla 12	85

Este trabajo de tesis presenta el desarrollo del proceso de diseño modular de un producto para camping. Los inicios del proceso de diseño surgen en trabajos de investigación previos, los cuales enfatizan al rubro energético un área de constante demanda citando principalmente al sector de iluminación como un nicho de oportunidad [4]. De igual forma, ideas innovadoras de nuevos productos para camping, estudios de mercado, *bench marking* e investigaciones al requerimiento iluminación portátil y energía autónoma dan oportunidad al inicio del diseño de un nuevo producto en relación a un sistema de iluminación portátil para camping [5].

La cuestión modular surge en el desarrollo metodológico del diseño del producto. La idea inicial requería de la definición de módulos para la comercialización de un producto por medio de bloques, además de una estrategia de negocio al diseño modular. Por tal motivo, se realizó el análisis de las metodologías existentes en relación con la estrategia comercial de una empresa y se concluyó como mejor opción a usar la metodología del Despliegue de la Función Modular (MFD), por sus siglas en inglés, desarrollada por Ericsson & Erixon (1999) [6].

A pesar de su potencial, la metodología MFD presenta deficiencias en la definición de grupos o candidatos a módulos, para lo cual se realizó la integración de conceptos de agrupación de funciones o tareas del método del Diseño de la Matriz Estructura DSM, por sus siglas en inglés, desarrollado por Eppinger, (1994) [2].

Con base en la extensión del diseño modular MFD, se integra en el desarrollo del producto los siguientes pasos:

1. Definición de soluciones técnicas.
2. Carta morfológica.
3. Evaluación y selección.
4. Diseño Modular.
5. Índice de Variedad Generacional (IVG).
6. Matriz normalizada (MIM).
7. Identificación de módulos.
8. Diseño conceptual de módulos.

El proceso del diseño modular establecido en esta tesis contempla estos pasos en el diseño conceptual, además de las consideraciones del diseño para manufactura, reciclaje y definición de materiales debido a las necesidades actuales del mercado.

Por último, se considera que el desarrollo del diseño modular, en esta tesis, debe ser una guía la cual muestre de forma general el proceso de diseño modular considerando un producto con un alto potencial en el diseño de partes plásticas, para lo cual se realizan consideraciones de diseño de partes plásticas seleccionadas como partes especiales a manufacturar, seguido de los principales análisis y simulaciones computacionales requeridos para la adecuada liberación de una parte bajo la definición de criterios para un molde de inyección.

Los resultados de esta tesis son la culminación del trabajo de un equipo interdisciplinario, la investigación de un mercado potencial e ideas innovadoras y de la expansión del diseño modular inmerso en el proceso de diseño para manufactura de un producto para camping.

This thesis presents the modular platform process development of a product for camping. The process design beginning starts considering previous researches, which of them emphasize the energetic item as a constant growing demanded area adding the illumination item such as opportunity area [4]. In the same way, innovative ideas of new products for camping, market researches, bench marking and others researches related to the requirement: portable lighting and autonomous energy gives the opportunity to the beginning of a new product designing related to a lighting portable system for camping [5].

The modular concept arises in the methodological development of a new product design. The beginning idea needed modules definition for product commercialization by means of blocks, besides a business strategy into the modular design. For such a motive, there was realized the analysis of news methodologies related to business plan strategy, concluding as better option to using the Modular Function Deployment methodology, MFD, developed by Ericsson and Erixon (1999) [6].

In spite of its potential, the methodology MFD presents group definition or modules' candidate deficiencies, for which realized the function group integration concepts or tasks related to the Design of the Structures Matrix DSM, developed by Eppinger, (1994) [2].

Considering the modular design MFD extension, some steps are integrated into the product development by:

1. Definition of technical solutions.
2. Morphologic Letter.
3. Evaluation and selection.
4. Modular Design.
5. Index of Generational Variety (IVG).
6. Normalized Index Matrix (MIM).
7. Modules Identification.
8. Modules conceptual Design.

The modular design process established in this thesis contemplates these steps in the conceptual design, besides the considerations of design for manufacturing, recycling and definition of materials due to the current needs of market.

Finally in this thesis, the modular design development, must be a guide which shows of general form of modular design process considering a product with a high potential related to plastic parts designing, for which there are realized considerations of plastic parts design considerations as special parts to manufacturing, followed by main analyses and computational simulations needed for suitable part mold realizing.

Latest results of this thesis are the whole work culmination of an interrelationship team, research about potential market, innovative ideas and newest expansion of modular design immersed into the process design for manufacturing of a product for camping.

1. INTRODUCCIÓN

La realidad del mercado de hoy en día está caracterizada por cambios rápidos, inciertos y continuos. Nuevos mercados y productos constantemente incrementan, cambian y desaparecen con rapidez en un periodo de tiempo muy corto. Un pequeño, cambio de diseño accionado por el cliente puede tener un impacto sobre las partes dentro del producto. Hoy en día, si una empresa quiere posicionarse mejor en el mercado, no sólo tiene que ofrecer productos con un alto valor agregado, sino también variedad. Además, el ciclo de vida de estos productos debe cambiar tan rápido como los deseos de los clientes (Martin, 1999); debido a eso, se han estado desarrollando nuevas teorías relacionadas con la arquitectura del producto que se enfocan mejor a la evolución de los nuevos mercados y a los cambios inesperados del producto, en especial los cambios por manufactura, sin perder de vista el proceso natural de diseño de un producto.

En la industria dedicada al diseño de nuevos productos, mucho del desarrollo del producto implica el rediseño de artículos existentes, en vez del diseño de artículos completamente nuevos. Se ha observado que en muchas de las más grandes firmas hay una enorme inversión en procesos de diseños existentes, a menudo fuertemente burocratizados. Mientras estos procesos parecieran trabajar bien, ellos pudieran haber madurado orgánicamente e históricamente, sin haber sido sometidos a un análisis cuidadoso en donde las eficiencias internas o irracionalidades permanecen ampliamente indetectables, [2].

La estructura del producto o la arquitectura, es la llave al manejo de la complejidad. Rompiendo una estructura compleja en más pequeñas, unidades manejables, las compañías pueden recuperar control de los productos y de las actividades de producto en relación. Una buena arquitectura de producto puede ser lograda con modularidad. Existen diferentes tipos de arquitecturas enfocadas en el diseño para manufactura o DFM, por sus siglas en inglés, una de ellas conocida como: Diseño Modular de Plataformas de Productos Mediante la Matriz de Diseño Estructural [1], la cual considera la importancia de la estrategia del negocio, el diseño para ensamble (DFA) y la identificación de módulos con base a indicadores que se ponderan, y cuya métrica está asociada al ciclo de vida del producto, los cambios inesperados del cliente y la identificación de la variedad posible que se pueden conseguir entre componentes para lograr diferentes modelos o variedad.

Una buena referencia para el proceso de diseño de un producto es el método de desarrollo de productos propuesto por Karl T. Ulrich & Steven D. Eppinger [3], el cual establece seis fases importantes las cuales son: planeación, desarrollo, diseño a nivel sistema, diseño de detalle, pruebas y refinamientos e inicio de producción. Inmerso en la fase de diseño a nivel sistema se establece el inicio de la etapa del Diseño para manufactura con su término en la fase inicio de producción. Ulrich & Eppinger establecen en esta etapa consideraciones de costos, diseño para ensamble y eficiencia en el diseño. El diseño para manufactura de productos, inmerso en la arquitectura del producto, es una fase integradora en el desarrollo conceptual del producto y una parte medular en el proceso de diseño, en donde las necesidades del cliente y especificaciones son llevadas a lo largo de innumerables alternativas de

1. INTRODUCCIÓN

diseño que posteriormente, se transforman en estrategias de diseño para la viabilidad de la manufactura del producto independiente a la metodología de Diseño para la Manufactura y Ensamble (DFMA) propuesta en la fase del diseño a nivel sistema, lo cual resulta idóneo, debido a que se puede incorporar la propuesta de Diseño Modular de Plataformas de Productos Mediante la Matriz de Diseño Estructural [1] como estrategia de diseño; únicamente considerando las principales fases en el proceso de diseño propuesto por Ulrich & Eppinger (1999).

Una idea asociada al desarrollo de un producto innovador que puede servir como producto a desarrollar mediante el Diseño Modular de Plataformas de Productos Mediante la Matriz de Diseño Estructural [1], es un sistema de iluminación para campismo. Esta idea surge con base a los autores del artículo DISEÑO CONCEPTUAL DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED – FOTOVOLTAICO [4], los cuales establecen que el uso de energía enfocada en la iluminación, es un área en crecimiento y que existen dos posibles mercados principales a explorar que son el campismo e instalaciones urbanas. Debido al interés primario de explorar conceptos de diseño con leds, los autores del artículo previamente mencionado [4], desarrollaron prototipos integrando el uso de tecnología led con un sistema flexible de iluminación, con la finalidad de una posible implementación en sector domestico, no obstante, parte del concepto e ideas asociados eran buenas propuestas con amplio uso en otros sectores, como es en el sector del campismo en E.U.A con ciertos nichos de oportunidad en México. La idea asociada a enfocarse al sector ecoturístico o turismo de aventura y un producto para campismo era muy factible; el concepto e ideas de la aplicación eran parte del inicio del desarrollo de un producto en relación el cual, da una iniciativa de un producto con perspectivas a su desarrollo y comercialización. Dicha idea será el motor de este trabajo para aplicar la propuesta de diseño modular en el desarrollo de un producto innovador enfocado al sector de la iluminación en el campismo.

De manera general, debido al interés del desarrollo de un producto modular y su enfoque en la manufactura, la idea asociada en esta tesis es realizar una síntesis de una guía de diseño de forma general considerando cada uno de los principales puntos que se deben de tomar en el diseño de productos de plataformas modulares. Además, debido a que parte del diseño del producto contemplará etapas del desarrollo para manufactura y su fuerte relación con el diseño modular [6], se plantea agregar un tema de interés en el diseño de partes plásticas, cuyas consideraciones son de importancia en el diseño de productos en la actualidad, es decir: presentar un panorama general de cómo realizar un producto y su implementación a un proceso de manufactura por inyección y el despliegue del desarrollo de los conceptos de modularidad.

2.1 SITUACIÓN INICIAL DE PROYECTO

El interés inicia de crear un producto de iluminación para camping surge, en parte, del trabajo de investigación contenido en el artículo DISEÑO CONCEPTUAL DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED – FOTOVOLTAICO [4], en donde se afirma que de acuerdo con las estadísticas anuales del 2008 del Sistema de Información Energética (SIE) de la Secretaría de Energía (SENER) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el sector doméstico consume el 27 % de la energía total que se genera en el país; de este porcentaje, el 43% se destina sólo a iluminación, siendo el sector residencial el segundo gran consumidor de energía eléctrica, seguido por el sector comercial, y precedido por el sector industrial en el primer lugar. Lo que significa que en un año se registraron 28,362,204 usuarios en el sector residencial, con un consumo total de 4,762,982.50 MWh, de los cuales 2,048,082.48 MWh fueron consumidos sólo en iluminación. En promedio, en un hogar situado en un clima templado, del consumo eléctrico total, el 35% es destinado a iluminación [4]. Como perspectiva global se estima que México consume un 5.8% en energía para iluminación en comparación con E.U.A.

El desarrollo de sistemas de iluminación para el hogar así como el requerimiento "iluminación" está creciendo y ciertos sectores no están siendo explotados en su totalidad en México y lo contrario en E.U.A. El enfoque de un producto que comprenda las cuestiones de generación de energía y la iluminación son un nicho de oportunidad. Estudios previos denotan un sector que podría ser explotado, siendo este de interés el camping, y como posible mercado primario, se encuentra E.U.A. De acuerdo con la Organización Mundial de Turismo en los Estados Unidos, el turismo es la tercera más grande industria de ventas, después de la de automóviles y las de tiendas de comida [5]. El reporte de Viaje Mundial y Consejo de Turismo indican que el "eco turismo", contribuyó con 154 billones de dólares alrededor del mundo en 2000 y está creciendo en 20% anualmente. También un estudio realizado por Nacional Geographic en 2002 señala que 55.1 millones de Americanos pueden ser clasificados como "turistas sustentables" o "Geoturistas". El Reporte de Servicios de Parques Nacionales de Estados Unidos reportó que hay 48.5 millones de entusiastas de campismo [5].

Tomando en cuenta que el turismo de entusiastas para campismo es de 48.5 millones y con base a los datos de consumo de energía en iluminación, se plantea el inicio de un proyecto enfocado en un producto para camping con suministro de energía para iluminación, enfocado a un mercado de turismo de aventura y/o entusiastas en campismo en Estados Unidos con mira en México como mercado secundario [5].

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El propósito de este proyecto es desarrollar un producto de iluminación enfocado al campismo que contemple el uso de un sistema de suministro de energía independiente a la par de ir desarrollando de forma general una guía de diseño del

proceso de diseño modular y consideraciones de diseño para manufactura de inyección de partes plásticas.

El diseño de un producto requiere de la colaboración interdisciplinaria de personas con conocimientos en diferentes ramas o especialidades en ingeniería y diseño industrial, entre otras, enfocadas a la solución de los requerimientos del cliente o mercado potencial y dependiendo de dichos requerimientos, cada profesionista realizará un aporte en alguna área específica durante el desarrollo del producto.

La finalidad de desarrollar un producto modular para camping es: lograr identificar los requerimientos en un nicho de oportunidad, satisfacerlos mediante el desarrollo de un producto a fin, la colaboración grupal, el desarrollo de partes plásticas y del diseño modular para manufactura del producto.

2.3 LA PROBLEMÁTICA

Mediante investigaciones previas se ha identificado que la generación de energía en la iluminación y el camping son ciertos sectores que no están siendo explotados en su totalidad [4], [5]. El camping es un sector que no contempla mucha presencia de productos innovadores enfocados a los sistemas de iluminación o a su integración en conceptos innovadores, lo cual es una excelente oportunidad para solucionar una posible problemática: escases de productos innovadores de iluminación con sistema de energía autónomo para camping.

Las problemáticas del desarrollo de un producto de iluminación para camping son:

- La integración de las necesidades de iluminación, camping y de mercados potenciales reflejadas en requerimiento de diseño, lo suficientemente específicas y claras que den como resultado concepto de diseño capaces de satisfacerlas, es la principal problemática.
- La definición de las necesidades resulta clara, no obstante la interpretación y el desarrollo de un producto que satisfaga a todos los requerimientos no lo es.
- La posible integración de una nueva tecnología en sistema de iluminación, podría ser una problemática requerida por el cliente, debido a que su implementación involucra mucho tiempo de desarrollo y experimentación, lo cual es indispensable para la definición de especificaciones de producto.
- Las contradicciones de los requerimientos podrían dar una amplia dificultad al desarrollo del producto, debido a que ciertas características que el cliente solicita y que denotan importancia en ocasiones se contraponen, como es el caso de la necesidad: muy grande pero ligero o el uso de nueva tecnología (caro) pero económico.

2.4 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

Considerando la problemática presentada en el apartado anterior, se planteó un proyecto interdisciplinario con los siguientes objetivos son:

- El desarrollo del diseño de producto mediante la metodología descrita en la sección 3.
- Modelación y análisis de partes plásticas a manufacturar.
- La integración de consideraciones de diseño para reciclaje.
- Uso e integración de la teoría del diseño modular para plataformas de productos.
- Interacción con un equipo interdisciplinario en todas las etapas del diseño de producto, con la finalidad de participar en la toma de decisiones relacionadas con la manufactura modular del mismo.
- Una guía general del desarrollo de un producto mediante la teoría modular y el diseño de parte plásticas.
- Considerar la teoría de diseño para ensamble DFA sin profundizar detalles del análisis.
- Considerar de manera generar cada uno de las ideas que puedan ser factibles para el desarrollo del producto sin plantear un análisis detallado de costos de operación, tiempos y movimientos, tiempos de producción, análisis de tiempos de ensamble manual o automáticos en línea o de procesos similares.
- Proporcionar información por parte de la industria o libros relacionada con la manufactura de partes plásticas del producto desarrollado.

2.5 DEFINICIÓN DE ALCANCES

Los alcances del proyecto fueron:

- Desarrollo general del proceso de diseño para modularidad del producto.
- Definición de módulos del producto.
- Definición de lista de parte del producto.
- Definición de partes plásticas a diseñar y consideraciones generales de diseño para manufactura.
- Simulación y análisis computacional de inyección de partes plásticas.

3. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el desarrollo de la primera etapa del proyecto incorpora las consideraciones del diseño para manufactura y reciclaje contemplando las necesidades actuales del mercado, la definición del material y resina, definición del diseño modular como parte fundamental de las consideraciones de diseño del producto final.

La segunda etapa de la metodología con base en la identificación y definición de requerimientos, se integrará al desarrollo del producto mediante:

1. La definición de especificaciones.
2. La definición de especificaciones objetivo.

La tercera etapa o medular, se encontrará inmersa en el diseño conceptual, considerando el diseño modular como estructura integral del desarrollo del producto mediante:

1. La definición de soluciones técnicas.
2. La realización de una carta morfológica.
3. La evaluación y selección de soluciones técnicas.
4. Definición de Diseño Modular.
5. El cálculo del índice de Variedad Generacional (IVG).
6. El uso de la Matriz Normalizada (MIM).
7. La identificación de módulos.
8. El diseño conceptual de módulos.

Por último con base en el diseño a detalle considerando el diseño modular, se generarán los siguientes resultados:

1. Modelado del diseño del producto.
2. Lista de partes.
3. Análisis y simulación computacional.

4. CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA MANUFACTURA

4.1 SELECCIÓN DE PROCESO.

Con base en la complejidad de las posibles geometrías, antecedentes de productos similares [5], la importancia del peso en sistemas de iluminación portátil y sobre todo la intención de realizar un producto manufacturado en masa, se denota como primera alternativa de proceso la inyección de plástico por moldeo.

4.2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA RECICLAJE.

Diseños similares a sistemas de iluminación con suministro de energía independiente [5], consideran la responsabilidad con el medio ambiente, para lo cual se deben identificar los conceptos de diseño principales en relación a los criterios de reciclaje.



Figura 1. Códigos de identificación SPI, [16].

Aproximadamente hace casi 20 años la *Society of the Plastics Industry* (SPI) introdujo los códigos de identificación de resina con números del 1 al 7 dentro de un triángulo de flechas, que en su principio fue enfocado para identificar los plásticos más comunes en botellas o contenedores. ISO Standard ha extendido la idea adaptada por la SPI incluyendo una letra o código de material dentro de la simbología, figura 1. La razón: poder identificar los materiales para evitar la incompatibilidad de materiales en su mezcla y usarlos nuevamente para disminuir los niveles de desperdicio.

Con base en la SPI y RoHS procedimiento S.I. 900000 Sec. 13, la codificación de la figura 1 deberá de estar impresa en el producto y ser visible en los planos del mismo. La adecuada selección del material dependerá de la identificación de la resina considerando la aplicación del producto, la intención del método de reciclaje, la compatibilidad entre plásticos, el método de unión de ensamble de interés y la compatibilidad entre plásticos¹

Existen 6 métodos de enfoque para reutilizar materia como energía o como materia pos procesado. La tabla 1 muestra una lista con los 6 métodos de reciclado más utilizados.

¹ Debido a que muchos productos están hechos con diferentes combinaciones de plásticos, existe una gran variedad de mezclas entre ellos, que en su mayoría no son deseadas debido a la forma de degradación a subcompuestos, lo cual a dado origen a tablas de compatibilidad entre plásticos.

4. CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA MANUFACTURA

Tabla 1. Métodos de reciclaje más comunes, [15].

MÉTODO DE RECICLAJE	DESCRIPCIÓN
1. Reuso de producto	El producto es diseñado para ser usado más de una sola vez. Botella de plástico son un ejemplo.
2. Disposición tradicional	Los productos son tirados en áreas de desechos o tiraderos en donde pueden permanecer indefinidamente. Esta solución es ambientalmente no amigable en todo excepto para plásticos biodegradables. Los tiraderos están siendo eliminados progresivamente por la opinión pública y sus altos costos.
3. Tratamiento y descarte	Los productos son pre tratados para reducir volumen y reducir contaminantes previo a sus disposición en tiraderos.
4. Reciclaje mecánico	Productos son seleccionados, limpiados y reprocesados en pellets listos para la producción de un nuevo producto. El proceso es muy aplicable para termoplásticos
5. Reciclaje de materia prima	Productos son degradados en componentes químicos básicos que pueden ser usados para sintetizar nuevos productos químicos, ya sean plásticos u otros.
6. Recuperación de Energía	Productos son incinerados bajo condiciones controladas para recuperar energía almacenada. Los Plásticos tienen un muy alto valor calorífico en comparación al carbón mineral. El proceso es adecuado para bajas cantidades de desperdicio mezclado y contaminado.

Con base en la tabla 1 e investigaciones previas [5], el enfoque de diseño se centrará en los métodos 1,4 y 5, los cuales están relacionados con la facilidad del reuso, separación y selección de materia prima reprocesada, lo cual debe ser una de las principales intenciones del diseño tras manufactura con enfoque sustentable.

Para el cumplimiento de los métodos 1, 4 y 5, el enfoque en el diseño para manufactura y el reciclaje del producto, conlleva que el producto final debe contemplar tres aspectos:

1. El diseño debe contemplar la integración de algunas partes que se puedan volver a usar.

4. CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA MANUFACTURA

2. El diseño debe facilitar la selección de materiales tales que al momento de mezclarse sean adecuados para reprocesarse en forma de pellet de la misma especie o similares (*Mechanical recycling*)
3. El diseño debe buscar que en cada parte del producto, la combinación de diferentes plásticos o resinas², al final de su vida útil se pueda reducir en componentes más pequeños o pueda ser sintetizados en nuevos componentes u otros productos (*Feedstock recycling*).

Cada una de estas consideraciones se denotará en el diseño final del producto y de las partes plástica cuyos detalles se enfatizarán en las conclusiones, debido que a lo largo del desarrollo de esta tesis se deben de considerar un innumerable números de criterios sólo para el cumplimiento de los requerimientos del cliente, se podría extender y desviar de los objetivos principales

4.2.1 COMPATIBILIDAD ENTRE PLÁSTICOS

La compatibilidad entre materiales es muy importante, por tal motivo, la selección del material se debe realizar mediante la identificación de las mejores combinaciones entre plásticos que favorezcan el reciclaje. Existen diferentes tablas que recomiendan la mejor compatibilidad, Bayer recomienda la mejor compatibilidad entre plásticos mediante la tabla 2 [16].

Tabla 2. Compatibilidad entre plásticos para su mezcla, [16].

COMPONENTE SECUNDARIO	COMPONENTE PRINCIPAL																			
	ABS	ASA	PA	PBT	(PBT+PC)	PC	(PC+ABS)	(PC+PBT)	PE	PET	PMMA	POM	PP	PPO	(PPO+PS)	PS	PVC	SAN	TPU	
ABS	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ASA	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
PA	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PBT	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
(PBT+PC)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
PC	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
(PC+ABS)	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
(PC+PBT)	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
PE	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PET	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
PMMA	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
POM	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PP	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PPO	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
(PPO+PS)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
PS	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
PVC	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
SAN	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
TPU	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● = Buena compatibilidad en un amplio rango de mezcla
 ◐ = Limitada compatibilidad con bajos volúmenes
 ○ = Incompatible

² Artículos publicados por la PRW (Plastics and Rubber Weekly) por recomendaciones de empresas mundiales como Bayer, GE Plastics, Dupont, Exxon, DOW Plastics entre otras hacen alusión a prácticas primarias e integrativas en el desarrollo de productos que favorecen su reciclaje, de las cuales la compatibilidad entre plásticos y los métodos de uniones entre partes plásticas son ampliamente sugeridas y utilizadas por compañías de clase mundial apegadas a diseño verde.

4. CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA MANUFACTURA

La idea asociada a la tabla 2 es seleccionar las posibles combinaciones de materiales que puedan llegar a utilizarse para sub-ensambles o ensambles del producto. Al referirnos a partes con materiales no compatibles, se buscara que la parte o partes se puedan volver a usar o dado el caso sean fáciles de separar o identificar.

No obstante la toma de decisión a realizar, con base en la tabla 2, el diseño del producto final estará enfocada a cumplir dos objetivos:

1. Realizar la mejor agrupación de partes en módulos y subensambles donde se puedan identificar posibles mezclas de materiales.
2. Identificar partes estructurales de gran tamaño, mayores en tamaño a subensambles y módulos, capaces de ser manufacturas del mismo material o materiales con alta compatibilidad de mezcla, tabla 2, que puedan ser separadas fácilmente por métodos de unión de ensamble que favorezcan el reciclaje.

Debido al habitual uso de diferentes materiales usados en productos, la incompatibilidad entre plásticos es muy común en la mayoría de ellos, por tal motivo existen métodos de unión que favorecen el reciclaje de los componentes que se deberán integrar al diseño final. El detalle general de su uso e implementación se enfatizará en las conclusiones al término del diseño de producto final.

4.2.2 MÉTODOS DE UNIÓN DE ENSAMBLES PARA RECICLAJE

Como diseñadores debemos considerar el ciclo de vida del producto. En el desarrollo de nuevos productos plásticos, podemos ayudar con la eliminación o al menos la disminución del uso de partes no plásticas, y dado el caso del uso de cualquier parte no plástica, prever que pueda ser removida antes del reciclado de partes plásticas [16]. Las partes no plásticas incluyen tornillos metálicos, adhesivos, pinturas, clips, etiquetas y entre otras.

Hoy en día, el mezclar partes plásticas con no plásticas es casi inevitable, por tal motivo se debe diseñar considerando el identificar separar, tratar y rehusar los componentes. Una manera de facilitar la separación de partes es mediante el diseño de unión del ensamble.

Existen muchas consideraciones así como métodos para la separación de componentes. La empresa Bayer® [16], recomienda considerar dos ideas importantes.

1. Preguntarse que tan fácil resulta el desmantelar un ensamble.
2. Preguntarse que tan fácil resulta el reciclar una vez unidas las partes.

4. CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA MANUFACTURA

Al mezclar plásticos se debe considerar que existen diferentes tipos de uniones entre partes como las uniones mecánica que son fáciles de desmontar, el mejor ejemplo son las uniones tipo *snap*, que son los elementos más prácticos y fáciles de desmontar, y las uniones tipo permanentes, ampliamente usadas en la industria, como son el caso de la unión por plato caliente, por ultrasonido, por inducción, por laser, por fricción o los intermedios que suelen involucrar el uso de solventes o adhesivos. Sea cual sea el método que resulte más económico o favorezca la producción del producto, se debe de considerar la tabla 3 del efecto del método de ensamble al reciclaje consideran tres importantes categorías relacionadas con la separación y reciclaje del producto.

- La facilidad al desmontaje.
- La facilidad de reciclar por compatibilidad de componentes plásticos.
- La facilidad de reciclar por incompatibilidad de componentes plásticos.

La facilidad al desmontaje, involucra que tan fácil son las partes a desmontarse posterior a su vida útil, la segunda categoría está relacionada al tipo de unión que se efectúa, pueda favorece al reciclado de partes que sean del mismo material y por último el tercero está relacionado a la facilidad del proceso a poder separa o aislar partes no plásticas para su desmontaje y reciclaje.

Con base a la tabla 3, la mejor opción de unión que existe y que favorece al reciclado para el producto a diseñar es la unión por snaps de materiales similares, y su integración al producto es importante. El detalle general de su integración se puntualizara en las conclusiones de este trabajo de tesis.

Tabla 3. Métodos de ensamble para reciclaje, [16].

EFFECTO DEL METODO DE ENSAMBLE EN EL RECICLAJE

● = Bueno
 ◐ = Intermedio
 ○ = Difícil
 N/A = No Aplica

MÉTODO DE ENSAMBLE	EFFECTO DEL METODO DE ENSAMBLE EN EL RECICLAJE		
	FÁCIL DE DESMONTELAR	FÁCIL DE RECICLAR (PLÁSTICOS COMPATIBLES)	FÁCIL DE RECICLAR (PLÁSTICOS INCOMPATIBLES)
Snap fits	●	●	●
Press fits	◐	●	●
Living hinge	N/A	●	N/A
Hot air staking	◐	●	◐
Ultrasonic welding	○	●	◐
Hot plate welding	○	●	N/A
Spin welding	○	●	N/A
Friction welding	○	●	N/A
Induction welding	○	○	○
Laser welding	○	◐	◐
Solvent bonding	○	●	N/A
Adhesive bonding	○	◐	◐
Metal screws, inserts, clips, pins	◐	○	○

4. CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA MANUFACTURA

4.3 DEFINICIÓN DEL MATERIAL (RESINA).

La aplicación del producto o el uso que tendrá es muy importante en la definición del material, debido a que la aplicación del producto ayudará a identificar los grupos de resinas que mejor se adecuen a las condiciones que nuestro producto estará sometido.

Existen diferentes referencias para la selección de resinas. La compañía Curberllplastic® en su página de internet³ de forma gratuita, recomienda una guía para la selección del material la cual, nos permita lograr una excelente identificación del grupo de material al considerar las posibles condiciones de uso o aplicación del producto. Se pueden resumir 8 consideraciones, con base a Curberllplastic®, para la selección del material más adecuado relacionando la aplicación de nuestro producto.

1. Identificar el grupo general de resina que sea más importante para la aplicación.
2. Seleccionar la mejor familia donde la temperatura es importante y que tan crítico es el costo en relación.
3. Comparar las propiedades mecánicas en donde la resistencia a la tracción es importante.
4. Comparar las propiedades mecánicas en donde la resistencia al pandeo es importante.
5. Comparar las propiedades mecánicas en donde la resistencia al impacto (IZOD) es importante.
6. Comparar las propiedades del material en donde la resistencia dieléctrica (aislamiento eléctrico) es importante.
7. Pensar más sobre la aplicación del producto bajo consideraciones de la FDA (U S Food and Drug Administration). ¿Estará en contacto con alimentos el producto?
8. Pensar más sobre la aplicación del producto si estará en contacto con corrosivos. ¿Es importante la resistencia química?

La definición del material en la industria del diseño de productos en México, está muy marcada por la influencia del costo de la resina, debido a que es la parte más tangible del costo por manufactura e influye en su selección. Dicha práctica es un error muy común. La adecuada definición de la resina mediante una guía de selección de materiales, debe de mediar el costo de la resina con la aplicación del producto, considerando el medio de trabajo, exposición al ambiente, posible exposición con otros componentes, entre otros, de tal forma que no sacrifiquemos desempeño y/o confiabilidad por requerimientos de costo.

Con fines ligados al desarrollo del producto, guía de diseño y práctica común en la industria del diseño, la identificación de la resina, con base en Curberllplastic®, se enfatizará en la sección 6.1, por su importancia y detallado en la etapa del análisis y simulación computacional de partes plásticas.

³ Curbellplastic es una empresa de plásticos de ingeniería con aplicaciones aeroespaciales y de defensa entre otros en E.U.A. Muy recomendadas guías de diseño y selección de material de forma gratuita pueden ser citadas desde su página de internet: [http://www.curbellplastics.com/technical-resources/pdf/plastic-material-selection.pdf#search="material selection guide"](http://www.curbellplastics.com/technical-resources/pdf/plastic-material-selection.pdf#search=material%20selection%20guide)

4. CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA MANUFACTURA

4.4 DISEÑO MODULAR.

La base del diseño del producto está en su arquitectura y por consiguiente la arquitectura del producto, es la llave al manejo de la complejidad. Rompiendo una estructura compleja en más pequeñas, unidades manejables, las compañías pueden recuperar control de los productos y las actividades del producto en relación. Una buena arquitectura de producto puede ser lograda con modularidad, [13].

Un producto con una arquitectura modular, permite que cada elemento funcional de un producto sea cambiado independientemente al cambiar sólo al componente correspondiente. [7].

Los autores del libro: *Controlling Design Variant*; Ericsson & Erixon (1999) definen el término modularidad como presentar dos características:

1. Similitud entre la arquitectura física y funcional del diseño.
2. Minimización de los grados de interacción entre componentes físicos.

Además, Ericsson & Erixon (1999) remarcan una diferencia entre un módulo y un subensamble en la modularidad de un producto. Los subensambles son creados debido a que el diseño del producto no permite un completo (de una pieza) ensamble en un flujo. Un módulo, sin embargo, es seleccionado por específico, por razones estratégicas corporativas, y las interfaces deberían tener la habilidad a ser ensambladas en relación. En consecuencia, un subensamble no es necesariamente un módulo, pero un módulo es a menudo un subensamble, [7].

Considerando la definición de modularidad y de módulo, Ericsson & Erixon (1999) definen el concepto de "Plataforma de Producto Modular" como: la descomposición de un producto en bloques de construcción (módulos) con interfaces especificadas, motivadas por estrategias específicas de la empresa. Dicha definición agrega un concepto interesante al diseño de módulos o modular de plataformas, en el cual incorpora las estrategias específicas de la empresa a una metodología. Como culminación del trabajo de Ericsson & Erixon (1999), cada uno de los conceptos previamente mencionados son integrados en el método Despliegue de la Función Modular (MFD), mediante el uso de un concepto nombrado Controladores de Módulos y una métrica de agrupación de funciones o componentes; ver Metodología de diseño del Despliegue de la Función Modular (MFD), ANEXO A.

Basándose en el MFD de Ericsson & Erixon (1999) y una herramienta metodológica de agrupación de componentes conocida como: "Matriz de Diseño de la Estructura (DSM)" desarrollada por Eppinger, (1994) [2], el autor del artículo *Modular Product Platforms Design through Structure Matrix Design Integration* [1], realiza una interesante propuesta de diseño modular en la cual expande la teoría modular de Ericsson & Erixon (1999) [6] con la integración de una herramienta de identificación y agrupación de interfaces entre componentes con alta repetibilidad; la finalidad es agrupar componentes e identificar módulos bajo una métrica repetible integrado al MFD como metodología de diseño y de consideraciones para reciclaje.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

5.1 DEFINICIÓN DE ESPECIFICACIONES

Existen una gran cantidad de entusiastas del campismo en E.U.A, además de un incremento en el sector energético en E.U.A y México, específicamente en la generación de energía de iluminación [4]. El enfoque de un producto que comprenda las cuestiones de generación de energía y de iluminación es un nicho de oportunidad. Estudios previos denotan un sector que podría ser explotado, siendo el campismo, y como posible mercado primario, se encuentra E.U.A y como secundario México [4]. Existen datos realizados al estudio de las necesidades de entusiastas y expertos en campismo con gran interés en la iluminación, ecología, portabilidad y accesorios, entre otros, como propuestas de desarrollo a nuevos productos innovadores para camping. Dicho estudio fue realizado por un grupo interdisciplinario de personas con interés en el desarrollo de nuevos productos bajo una metodología conocida como “Juegos de Innovación” [5].

Los juegos de innovación son una manera divertida de interactuar directamente con los clientes para detectar sus necesidades. Son juegos en los que participan usuarios expertos o potenciales, quienes ayudan a los diseñadores industriales, ingenieros y mercadólogos, mediante la participación del cliente, a diseñar productos nuevos e innovadores que satisfagan las necesidades detectadas durante los juegos [5].

Loaiza Joaquín (2010) [5], usando una metodología conocida como juegos de innovación, identificó las necesidades del cliente potencial del campismo profesional o entusiasta en México. Posteriormente parte de las necesidades identificadas y el interés personal del autor en juntar un grupo interdisciplinario de ingenieros, diseñadores y mercadólogos con la finalidad de desarrollar un producto para campismo con un sistema autónomo de energía. La idea asociada a un sistema autónomo de energía está relacionada con el creciente interés en los E.U.A, con reciente difusión en México, en el uso de sistemas ecológicos de generación de energía de iluminación [4]. Considerando la creciente influencia del mercado Americano en México, esto favorece en el estereotipo de un producto potencial para ambos mercados, considerando los criterios de un mercado secundario como proveedor de información para el desarrollo de un nuevo producto para camping con miras tanto para el mercado Americano, E.U.A. como para México [5].

5.1.1 DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS

Los requerimientos para el diseño del producto para camping con sistema de suministro independiente o autónomo de energía se pueden observar en la tabla 4.

La tabla 4 contiene las necesidades del cliente o requerimientos. Cada una de las ideas o requerimientos del cliente se agrupan en tres niveles. Las ideas primarias o intereses primarios del cliente se manifiestan en los grupos de primer nivel. Como tal los grupos de primer nivel contienen la idea general o requerimiento general del cliente siendo los grupos de tercer nivel el detalle a cada idea o requerimiento.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

Tabla 4. Requerimientos de producto obtenido mediante la metodología de juegos de innovación, [5].

NECESIDADES (REQUERIMIENTOS)		
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL
Que brinde Confiabilidad	Que brinde Resistencia al Impacto	Que tenga geometrías uniformes Que sea de materiales para alto impacto Que resista la lluvia
	Que brinde Resistencia al Medio Ambiente	Que sea sumergible Que sea hermético Que sea resistente a la temperatura ambiental Que las partes expuestas sean resistentes al agua
Que brinde iluminación	Que brinde Confort	Que ilumine dentro de la casa de campaña (buscar cosas, platicar) Que tenga iluminación de tipo difusa Que tenga elevada autonomía de iluminación Que tenga diferentes intensidades Que la iluminación sea regulable
	Que brinde Seguridad	Que ilumine fuera de la casa de campaña Que ilumine para explorar.
	Que brinde portabilidad de Iluminación	Que sea ergonómica para la mano Que sea tubular Que brinde versatilidad de sujeción con manos libres
Que brinde facilidad de instalación	Que brinde fácil instalación del sistema de energía	Que sea de fácil armado Que pueda enrutar o sujetar al cable Que el sistema de cableado sea delgado Que la colocación de los paneles sean arriba de la casa de campaña
	Apoyar sistema de iluminación	Que se pueda apoyar en cualquier superficie Que tenga un sistema de apoyo que se apoye de manera estable
	Sujetar sistema de iluminación	Que cuente con distintos accesorios de sujeción Que no se resbale Que sea de fácil sujeción
	Colgar el sistema de iluminación Adherible	Que se pueda colgar Que se pueda adherir a la casa
Que brinde Autonomía energética	Que brinde Almacenamiento	Que se pueda recargar Que tenga suficiente almacenamiento de energía Que se pueda almacenar energía Que pueda cargar de manera anticipada
	Que brinde captación de Energía	Que sea móvil el sistema de captación Que tenga una fuente alterna de energía Que permite orientar su posición de captación de energía
Que brinde Portabilidad	Que sea fácil de llevar	Que sea ligero Que sea de tamaño de un maletín Que no sea estorboso Que sea pequeño Que se pueda guardar para protegerlo
	Que sea modular	Que se pueda guardar de forma organizada Que se pueda llevar de forma organizada Que sea separable (sistema de: captación, suministro, iluminación, etc)
Que tenga interface de Usuario	Que sea fácil de Reparar	Que utilice partes estándar Que tenga repuestos
	Que brinde estatus de carga	Que indique los niveles de carga Que se pueda administrar la carga Que indique cuando este cargado
	Que sea intuitivo	Que tenga pocos pasos para uso Que tenga pocos botones Que tenga pocos elementos Que tenga conexiones estandar
Que brinde Funciones Adicionales	Recarga	Que tenga diferentes entradas de aparatos (que recarge psp) Que pueda recargar ipod Que cargue celulares
	Subsistencia	Que brinde calor Que caliente Alimentos Que ahuyente mosquitos Que facilite tu localización Que te permita saber tu orientación Que brinde ventilación
	Entretenimiento	Que tenga diferentes entradas de aparatos Que puedas escuchar música
	Que brinde sentido sustentable	Que sea ecológico Reciclable Use materiales tóxico Que sea fácil de desensamblar para reciclaje

5.1.2 DEFINICIÓN DE ESPECIFICACIONES OBJETIVO

Como lo ilustra la tabla 5, las especificaciones objetivo se establecen después que se han identificado las necesidades del cliente.

El proceso de establecer las especificaciones objetivo consiste en cuatro pasos:

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

1. Elaborar la lista de métricas.
2. Recabar información de comparaciones con la competencia.
3. Establecer valores objetivos ideales y marginalmente aceptables.
4. Reflexionar en los resultados y el proceso.

Tabla 5. Especificaciones objetivo mediante estudio de mercado y Benchmarking, [5].

No. MÉTRICA	MÉTRICA	UNIDADES		COMPETENCIA 1	COMPETENCIA 2	COMPETENCIA 3	VALOR IDEAL	IMPORTANCIA
1	Número de accesorios interface usuario	No.	No.	0	2	2	> 1	6.2
2	Número de entradas auxiliares	No.	No.	1	0	2	> 1	5.9
3	Costo del producto	Precio	\$ M.N.	550	780	1500	< 1000	8.8
4	Niveles de iluminación	No. de niveles	No.	2	1	2	> 1	8.5
5	Flujo luminoso	Lumen	Lumen	1000	1500	1300	> 1200	8.5
6	Densidad luminosa (Intensidad luminosa)	Lux	lx	0	100	0	> 100	8.8
7	Intensidad luminosa	candela	cd	500	1000	980	> 683	8.5
8	Espesor del producto	Dimensión	mm	170	150	120	< 150	7.9
9	Ancho del producto	Dimensión	mm	150	80	60	< 150	7.6
10	Altura del producto	Dimensión	mm	260	150	200	< 250	7.6
11	Número de botones	No.	No.	3	1	2	< 3	3.5
12	Amperaje de suministro externo	Amper hora	Ahr	4	5	6	> 4	9.1
13	Voltaje de suministro externo	Voltaje	V	6	8	6	> 6	9.1
14	Tiempo de recarga de Batería	Horas	hr	8	5	6	< 6	4.7
15	Espesor de sellos de unión	Dimensión	mm	2	2.8	3.5	< 3.5	7.3
16	Número de partes separables	No.	No.	0	1	2	> 1	6.5
17	Prueba de degradación de UV de plásticos UL2157	Horas	hr	960	960	960	> 960	4.1
18	Prueba de impacto de componentes plásticos UL2157	Newtons	N	50	50	50	50	7.3
19	Espesores de carcasa	Dimensión	mm	1.8	2.5	2.8	> 1.8	8.8
20	Ciclo de Activación/Apagado antes de la falla	No. de Ciclos	No. de Ciclos	500 k	500 k	500 k	> 500 K	3.8
21	Peso total	Masa	Kg	1	600	500	< 1	9.1
22	Tiempo de inmersión sin fuga. UL2157	tiempo	hr	24	24	24	24	7.3
23	Requerimiento de corriente para iluminación	Corriente	Am	100	20	190	> 170	8.8
24	Requerimiento de voltaje para iluminación	Voltaje	V	2	3	2	< 3	8.8
25	Número de focos	No.	No.	6	10	4	> 3	8.8
26	Tiempo de suministro de iluminación	Horas	hr	5	7	6	> 5 hrs	9.4
27	Número resinas diferentes en el producto	No.	No.	10	6	5	< 6	5.9
28	Número de acreditaciones de seguridad	No.	No.	2	2	2	> 1	4.4

5.2 DISEÑO CONCEPTUAL

5.2.1 DEFINICIÓN DE SOLUCIONES TÉCNICAS

El proceso de definición de soluciones técnicas a seguir será mediante “el proceso de estructuras de funciones” de Kevin Otto (2001), figura 2, el cual inicia con definición del sistema como un IDEF, o función global, luego se procede a definir subfunciones a sus diferentes niveles, es decir, subfunciones dentro de cada subfunciones y al final uno realiza una estructura de función genérica que contempla el dominio del flujo.

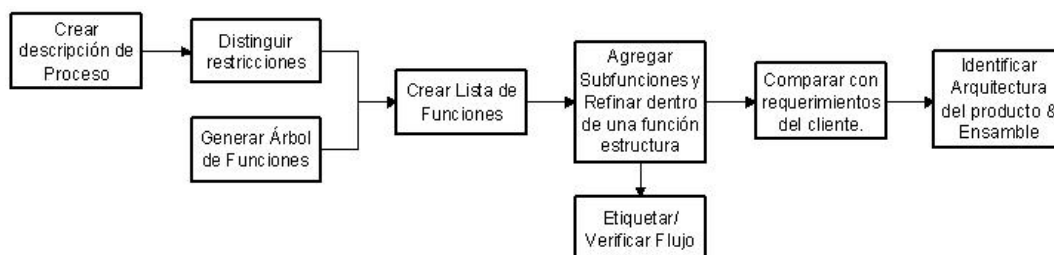


Figura 2. Proceso de modelación de estructura de funciones, [11].

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

Con base a las recomendaciones del autor Kevin Otto en su libro “Product Design”[11], una buena técnica para iniciar un diagrama estructural de funciones de un nuevo producto es: realizando semejanzas con otros diagramas de estructuras de funciones, ver cada detalle planteado y analizarlo, buscar analogías y seleccionar trozos de interés y luego implementar cualquier trozo que sea de interés en el diagrama propio.

Los siguientes conceptos son importantes de considerar y entender antes de iniciar el proceso de estructuras de funciones:

- Una estructura funcional es: *la representación abstracta de un producto y las necesidades del cliente.*
- Las subfunciones deben de ser expresadas en términos de efectos medibles y/o relaciones matemáticas. Típicamente, las subfunciones son expresadas en: Arreglo de pares de VERBO ACTIVO – SUSTANTIVO. Por ejemplo, “incrementar presión” o “trasferir torque” o “reducir velocidad”. Una subfunción se expresa en forma tal que no implique ningún concepto particular de solución física.
- Un diagrama de actividades o árbol de funciones, tiene la finalidad de mostrar la función global del producto o lo que espera el cliente que haga el producto y eventualmente formar una estructura función.
- Por metodología, uno define el sistema, o función global, luego se procede a definir cada subfunción a sus diferentes niveles, es decir, subfunciones dentro de cada subfunciones y al final uno realiza una estructura de función genérica que contempla el dominio del flujo.
- Una restricción en una estructura de función es, una declaración de un claro criterio que debe ser satisfecho por las consideraciones del completo producto para determinar el valor del criterio. Ejemplo: La modularidad es una restricción, debido a que depende del completo requerimiento y definición de la disposición de cada componente o subfunciones.
- Definiciones de flujo de señal, materia y energía. Un flujo es un fenómeno físico, es decir, materia, energía, o señal (información), esencial para la operación del producto o subfunción. Típicamente, un flujo de energía tiene unidades de poder, flujo de materiales pueden tener unidades de masa por unidad de tiempo, y el flujo de información puede ser asociado como teniendo unidades de trozos de información (bits) por unidades de tiempo. La energía es la habilidad para desarrollar que algo suceda. Nosotros hablamos de energía en términos de sus formas de manifestación, tales como electricidad, cinética, magnética, y calor, la energía debe de ser el flujo de entrada o salida del sistema para que algo suceda.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

- La información importante para comunicar en el flujo de una estructura de función es, el fenómeno cualitativo que pasa a través y está siendo cambiado por las subfunciones. Como la estructura funcional está refinada en un modelo matemático, los flujos proveerán consistencia matemática

Considerando los requerimientos del cliente, nuestro caso de estudio define la descripción de proceso del producto como: proveer luz, recarga y accesorio para camping, figura 3.



Figura 3. Descripción del proceso de un producto de iluminación para camping.

De manera simultánea se establece el árbol de funciones del producto, cuya finalidad es describir de manera general las principales funciones que el cliente espera que realice el producto en cuestión, Figura 4.

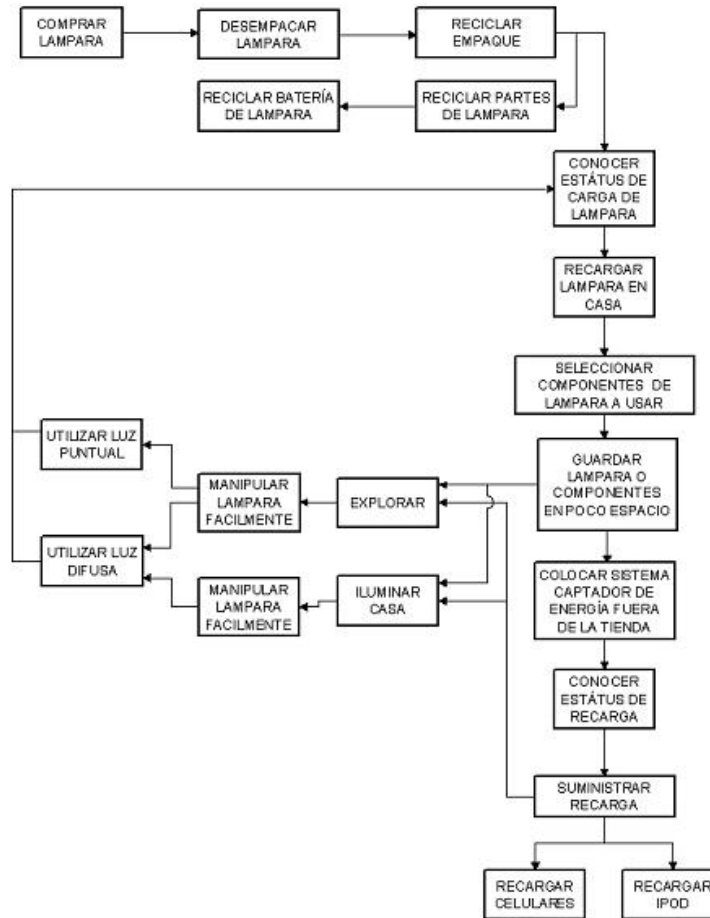


Figura 4. Árbol de funciones principales de un producto de iluminación para camping.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

El árbol de funciones y la descripción del proceso del producto servirán para la generación de estructuras de funciones que agruparán subfunciones de primer nivel expresadas en ideas asociadas de los requerimientos del cliente, Figura 5.

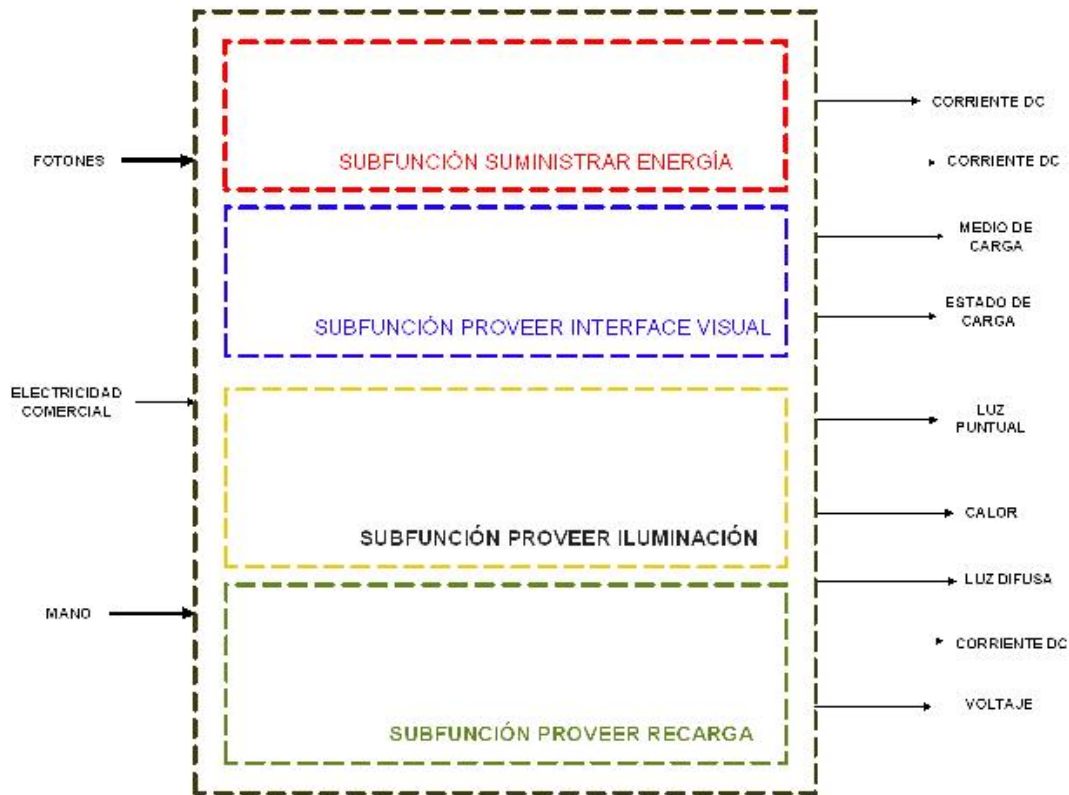


Figura 5. Subfunciones de primer nivel que asocian requerimientos de cliente.

Posteriormente para lograr culminar el diagrama de estructura de funciones general, cada subfunción de primer nivel es desarrollada nuevamente con nuevas subfunciones de 3er nivel que no impliquen ningún concepto particular de soluciones físicas y expresadas en términos de efectos medibles, Figura 6.

Recordar que típicamente las subfunciones son expresadas en términos de un VERBO ACTIVO – SUSTANTIVO. Kevin Otto (2001) recomienda el uso de estructuras de funciones existentes de otros productos similares o afines como referencia para un mejor desarrollo de concepto de estructuras de función del producto en interés, ANEXO B.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

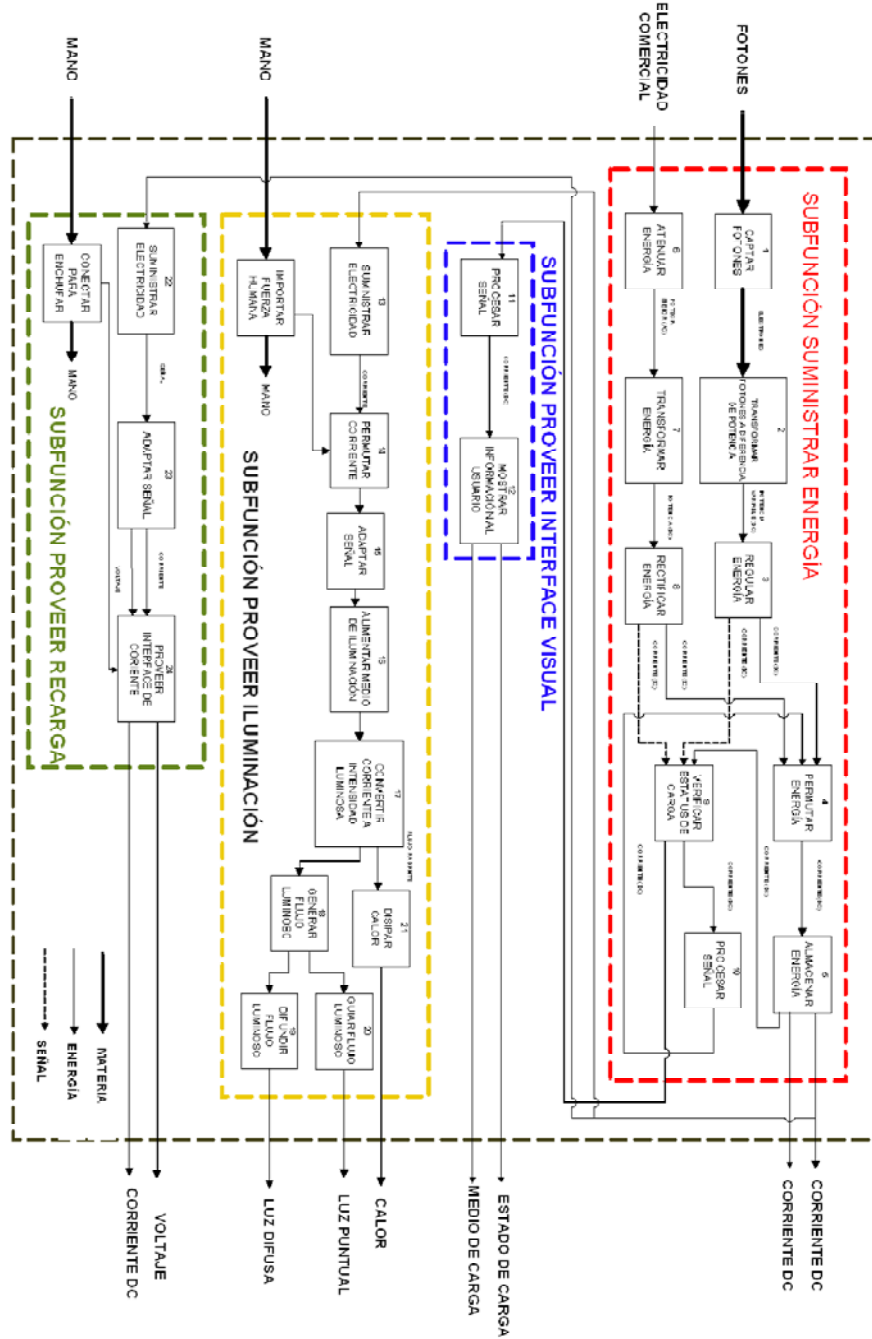


Figura 6. Diagrama de estructura de funciones.

5.2.2 CARTA MORFOLÓGICA

Cada subfunción es analizada e integrada en una carta morfológica, y mediante un equipo interdisciplinario todos los conceptos asociados a cada idea son expresados en términos de soluciones técnicas. Los resultados de cada una de las posibles

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

soluciones técnicas para el cumplimiento de los requerimientos se muestran a continuación.

La tabla 6 A denota cada una de las soluciones técnicas que cumplen cada subfunción de 3er nivel dentro de la subfunción suministrar energía. De igual forma la tabla 6 B, denota las soluciones técnicas de la subfunción proveer interface visual. La tabla 6 C las soluciones técnicas de proveer iluminación y la tabla 6 C de las soluciones técnicas de proveer recarga.

Tabla 6. Carta morfológica del producto considerando soluciones técnicas.

A. SUBFUNCIÓN SUMINISTRAR ENERGÍA

SOLUCIONES	CAPTAR FOTONES + TRANSFORMAR FOTONES A DIF. DE POTENCIA	REGULAR ENERGÍA	PERMUTAR	ALMACENAR ENERGÍA	ATENUAR ENERGÍA	TRANSFORMAR ENERGÍA	RECTIFICAR ENERGÍA	VERIFICAR ESTATUS DE CARGA	PROCESAR SEÑAL
	1+2	3	4	5	6	7	8	9	10
	CELDA FOTOVOLTAICA	SHUNT CONTROLLER (CONTROLADOR ANTISOBRECARGA)	PIC	AA Y AAA RECARGABLE	TRANSFORMADOR	CONVERSION AC-DC	PUNTE DE DIODOS	MICRO CONTROLADOR	PIC
	SINGLE STAGE SERIES CONTROLLER (USO DE RELEVADORES)	TRIAC, FOTOTRIAC	LI-ION				SENSOR DE VOLTAJE Y CORRIENTE	MICRO CONTROLADOR	
	DIVERTION CONTROLLER (CONTROLADORES)	RECORDATORIO PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE	LI-PO (POLIMERO DE LITIO)				SENSOR DE TEMPERATURA	PLD	
	PWM	MICRO CONTROLADOR	ACIDO PLOMO SELLADAS						
	MPPT								

B. SUBFUNCIÓN PROVEER INTERFACE VISUAL

SOLUCIONES	PROCESAR SEÑAL	MOSTRAR INFORMACIÓN AL USUARIO
	11	12
	PIC	SONIDO
MICRO CONTROLADOR	LUZ	
PLD	DISPLAY	
	LED'S	
	DISPLAY LCD	
	DISPLAY DE 7 SEGMENTOS	

C. SUBFUNCIÓN PROVEER ILUMINACIÓN

SOLUCIONES	SUMINISTRAR ELECTRICIDAD	PERMUTAR CORRIENTE	ADAPTAR SEÑAL	ALIMENTAR MEDIO DE ILUMINACIÓN	CONVERTIR CORRIENTE + GENERAR FLUJO LUMINOSO	DIFUNDIR FLUJO LUMINOSO	GUIAR FLUJO LUMINOSO	DISIPAR CALOR
	13	14	15	16	17+18	19	20	21
	CABLES	SWITCH	MICRO CONTROLADOR	CABLES	FOCO ALOJENO	DIFUSOR	FIBRA OPTICA	DISIPADOR DE ALUMINO
CONECTORES	PUSH BUTTOM	555	CONECTORES	LED ULTRABRILLANTE		REFLECTOR	VENTILADOR	
PLACAS GUIA	SWITCH MARPOSA	PLD	PLACAS GUIA	LED DE POTENCIA		LENTE	CONVECCIÓN Y CONDUCCIÓN NATURAL	
	OTROS SWITCHS		SOCKET					
			TARJETA DE CIRCUITO IMPRESO					
			PLACA METALICA					

D. SUBFUNCIÓN PROVEER RECARGA

SOLUCIONES	SUMINISTRAR ELECTRICIDAD	ADAPTAR SEÑAL	PROVEER INTERFACE DE CORRIENTE
	22	23	24
	CABLES	TRANSFORMADOR	USB
CONECTORES	REGULADOR DE VOLTAJE	RCA	
PLACAS GUIA	MICRO CONTROLADOR	CONECTORES DE PIN	
		PSB	
		LINK	

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

5.2.3 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN

Mediante una matriz de selección, Figura 7, se seleccionan las soluciones técnicas que mejor ponderen para el cumplimiento de los requerimientos del cliente y consideraciones, en términos de componentes.

Soluciones y conceptos Técnicos	Criterio de Evaluación							Sum -	Sum +
	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3						
Alternativa A	+	-	+	-	+				
Alternativa B	+	+	-	-	-				
	Referencia								

Figura 7. Matriz de decisión para la selección de soluciones, [6].

El análisis realizado a la selección de la mejor alternativa o solución técnica mediante una matriz de decisión, se puede observa en la figura 8. Dicho análisis comprende la selección de la mejor opción a la solución técnica de la idea asociada con “Almacenar Energía” de la subfunción Suministrar Energía.

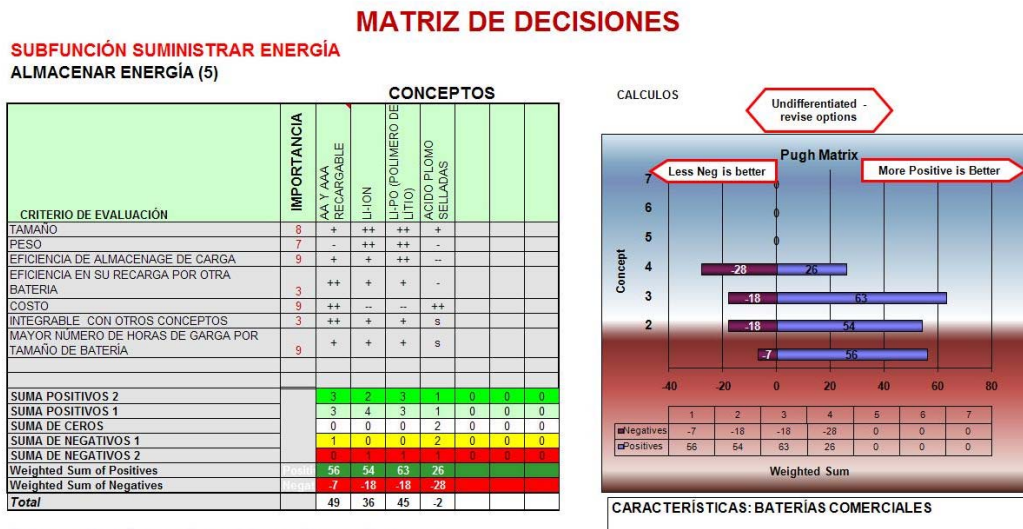


Figura 8. Matriz de decisión para la selección de la solución técnica: Almacenar energía.

Los resultados de la figura 8 se basan en el criterio de mayor ponderación, y los resultados de la figura 8 indican que las baterías LI-ION son la opción más adecuada, no obstante presentan valores negativos medianamente altos. Como segunda alternativa se muestra las baterías AA recargables, las cuales presentan los valores negativos más bajos con el menor rango o dispersión en la ponderación; por estrategia

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

de negocio se propone considerar la adecuación de las dos opciones, contemplando en el diseño inicial el uso de pilas AA recargables.

Este mismo procedimiento es realizado con cada una de las soluciones técnicas que comprenden las subfunciones de 1er nivel del diagrama de estructura de funciones de la figura 6. Los resultados a dichos análisis se resumen la tabla 7.

La tabla 7 A denota cada una de las mejores soluciones técnicas que cumplen cada subfunción de 3er nivel dentro de la subfunción suministrar energía. De igual forma la tabla 7 B, denota las mejores soluciones técnicas de la subfunción proveer interface visual. La tabla 7 C las mejores soluciones técnicas de proveer iluminación y la tabla 7 C las mejores soluciones técnicas de proveer recarga.

Tabla 7. Resultados de selección de mejores soluciones técnicas por cada subfunción de 1er nivel.

A. SUBFUNCIÓN SUMINISTRAR ENERGÍA

SOLUCIONES	CAPTAR FOTONES + TRANSFORMAR FOTONES A DIF. DE POTENCIA	REGULAR ENERGÍA	PERMUTAR	ALMACENAR ENERGÍA	ATENUAR ENERGÍA	TRANSFORMAR ENERGÍA
	1+2	3	4	5	6	7
	CELDA FOTOVOLTAICA	BOOST	MPPT	AA RECARGABLE	TRANSFORMADOR	CONVERSOR AC-DC
			LI-ION			

B. SUBFUNCIÓN PROVEER INTERFACE VISUAL

SOLUCIONES	PROCESAR SEÑAL	MOSTRAR INFORMACIÓN AL USUARIO
	11	12
	MICRO CONTROLADOR	DISPLAY

C. SUBFUNCIÓN PROVEER ILUMINACIÓN

SOLUCIONES	SUMINISTRAR ELECTRICIDAD	PERMUTAR CORRIENTE	ADAPTAR SEÑAL	ALIMENTAR MEDIO DE ILUMINACIÓN	CONVERTIR CORRIENTE + GENERAR FLUJO LUMINOSO	DIFUNDIR FLUJO LUMINOSO
	13	14	15	16	17+18	19
	CABLES	SWITCH	MICRO 1	CONECTORES & PLACA METÁLICA	LED DE POTENCIA	DIFUSOR

D. SUBFUNCIÓN PROVEER RECARGA

SOLUCIONES	SUMINISTRAR ELECTRICIDAD	ADAPTAR SEÑAL	PROVEER INTERFACE DE CORRIENTE
	22	23	24
	CONECTORES	REGULADOR DE VOLTAJE	USB
		I-LINK	

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

5.2.4 DISEÑO MODULAR

La intensión del diseño de módulos, como ya se ha mencionado, comprende el uso de una propuesta de diseño conocida como: Diseño Modular de Plataformas de Productos Mediante la Matriz de Diseño Estructural [1], de forma general comprende la expansión del Despliegue de la función Modular (MFD) de Ericsson & Erixson [6], incorporando la Matriz de Diseño Estructural de Eppinger [2], en las fases del despliegue de la función y como tal, incluye el uso de cinco pasos para realizar el despliegue modular de un producto, figura 9.

1. Definición de requerimientos del cliente.
2. Selección de soluciones técnicas.
3. Generación de conceptos de módulos.
4. Evaluar conceptos de módulo.
5. Mejora del concepto de módulo.

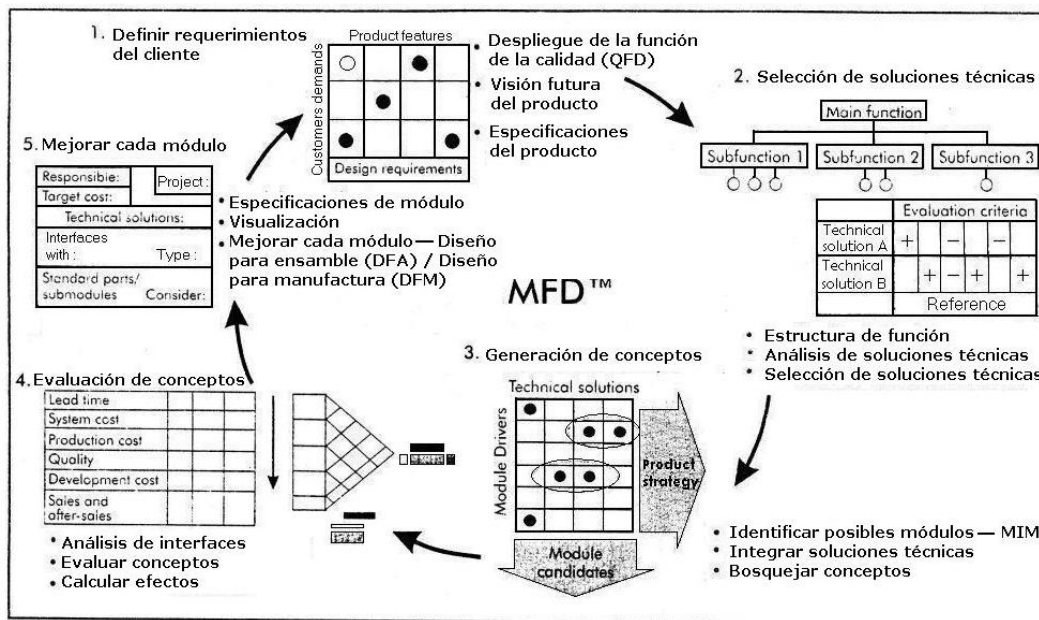


Figura 9. Los cinco pasos del Despliegue de la Función Modular, [1].

Desde este punto, la integración de la Matriz de Diseño Estructural (DSM) se presenta al inicio de la generación del concepto de módulos, considerando como base principal los Diagramas de Estructura de Funciones desarrollados en la definición de las soluciones técnicas. La información de los diagramas se debe seleccionar y agrupar, de tal forma que las subfunciones de primer nivel sean ordenadas con base al número de componentes que presenten, estas de menor a mayor en forma descendente, prevaleciendo el flujo natural entre componentes por cada subfunción, Figura 9.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

SUBFUNCIÓN 1	SUBFUNCIÓN PROVEER INTERFACE VISUAL	11 12	MICRO CONTROLADOR DISPLAY
SUBFUNCIÓN 2	SUBFUNCIÓN PROVEER RECARGA	22 23 24	CONECTORES REGULADOR DE VOLTAJE USB
SUBFUNCIÓN 3	SUBFUNCIÓN PROVEER ILUMINACIÓN	13 14 15 16 17+18 19 20	CABLES SWITCH MICRO 1 CONECTORES & PLACA METÁLICA LED DE POTENCIA DIFUSOR LENTE
SUBFUNCIÓN 4	SUBFUNCIÓN SUMINISTRAR ENERGÍA	1+2 4 5 6 7 3 9	CELDA FOTOVOLTAICA MPPT AA RECARGABLE TRANSFORMADOR CONVERSOR AC-DC BOOST SENSOR DE TEMPERATURA

Figura 10. Subfunciones ordenadas de menor a mayor número de componentes.

Posteriormente a cada componente se le asigna una letra y se incorpora a una matriz DSM binaria original [2], figura 11, en donde se identificarán los componentes que reciben o intercambian información.

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
SUBFUNCIÓN 1	COMPONENTE 1	■										
	COMPONENTE 2		■									
	COMPONENTE 3			■								
	COMPONENTE 4				■							
SUBFUNCIÓN 2	COMPONENTE 6					■						
	COMPONENTE 7						■					
	COMPONENTE 8							■				
	COMPONENTE 9								■			
	COMPONENTE 10									■		
	COMPONENTE 11										■	
	COMPONENTE 12											■

Figura 11. Matriz DSM con subfunciones ordenadas desplegando componentes.

La identificación de componentes que reciben o intercambian información es simple, consiste en identificar y marcar los componentes que intercambian información dentro de cada cuadro renglón-columna en la matriz DSM, figura 12.

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
SUBFUNCIÓN 1	COMPONENTE 1	■		•			•					
	COMPONENTE 2	•	■					•	•	•		
	COMPONENTE 3	•		■	•			•			•	
	COMPONENTE 4				■					•	•	•
SUBFUNCIÓN 2	COMPONENTE 6	•				■			•			
	COMPONENTE 7						■			•	•	
	COMPONENTE 8		•	•				■		•		•
	COMPONENTE 9				•		•	•	■			
	COMPONENTE 10	•	•	•						■		•
	COMPONENTE 11	•	•	•			•	•			■	
	COMPONENTE 12					•	•					■

Figura 12. Matriz DSM con subfunciones y flujo de materia, energía o información.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

11	MICRO CONTROLADOR	A
12	DISPLAY	B
22	CONECTORES	C
23	REGULADOR DE VOLTAJE	D
24	USB	E
13	CABLES	F
14	SWITCH	G
15	MICRO 1	H
16	CONECTORES & PLACA METÁLICA	I
17+18	LED DE POTENCIA	J
19	DIFUSOR	K
20	LENTE	L
1+2	CELDA FOTOVOLTAICA	M
4	MPPT	O
5	AA RECARGABLE	P
6	TRANSFORMADOR	Q
7	CONVERSOR AC-DC	R
3	BOOST	S
9	SENSOR DE TEMPERATURA	T

Figura 14. Subfunciones ordenadas asignando con letras a cada Parte.

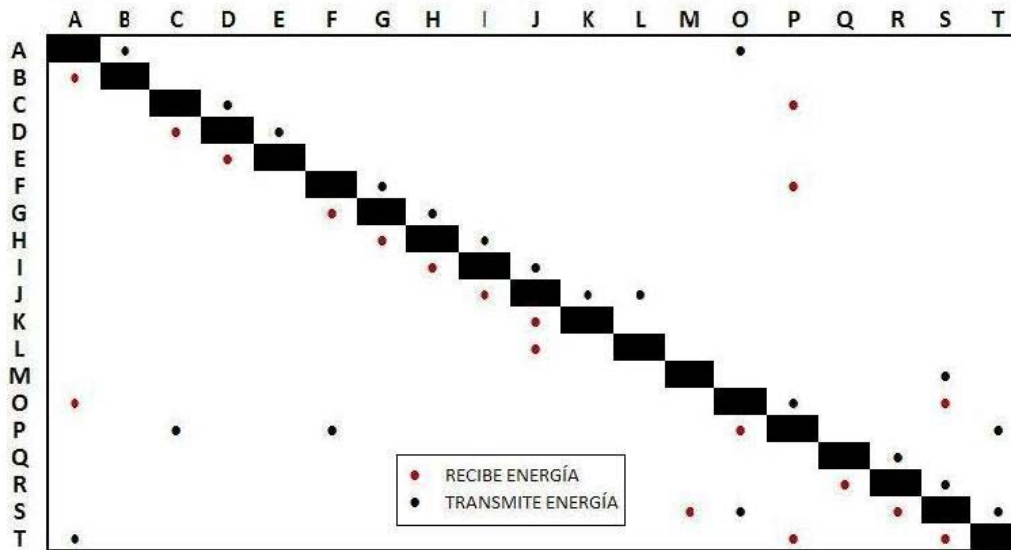


Figura 15. Matriz DSM en su forma binaria original considerando la identificación de intercambio o recepción de información entre componentes.

La matriz DSM con los componentes asociados debe ser reorganizada mediante la permutación de columnas o alternado de filas, la finalidad es poder encontrar un arreglo matricial final del tipo triangular inferior, el desarrollo se describe en el proceso de acoplamiento de Funciones realizado por Eppinger (1994) [2]. El análisis y permutación de la matriz DSM original considerando el flujo de información y componentes, se presenta en la figura 16.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

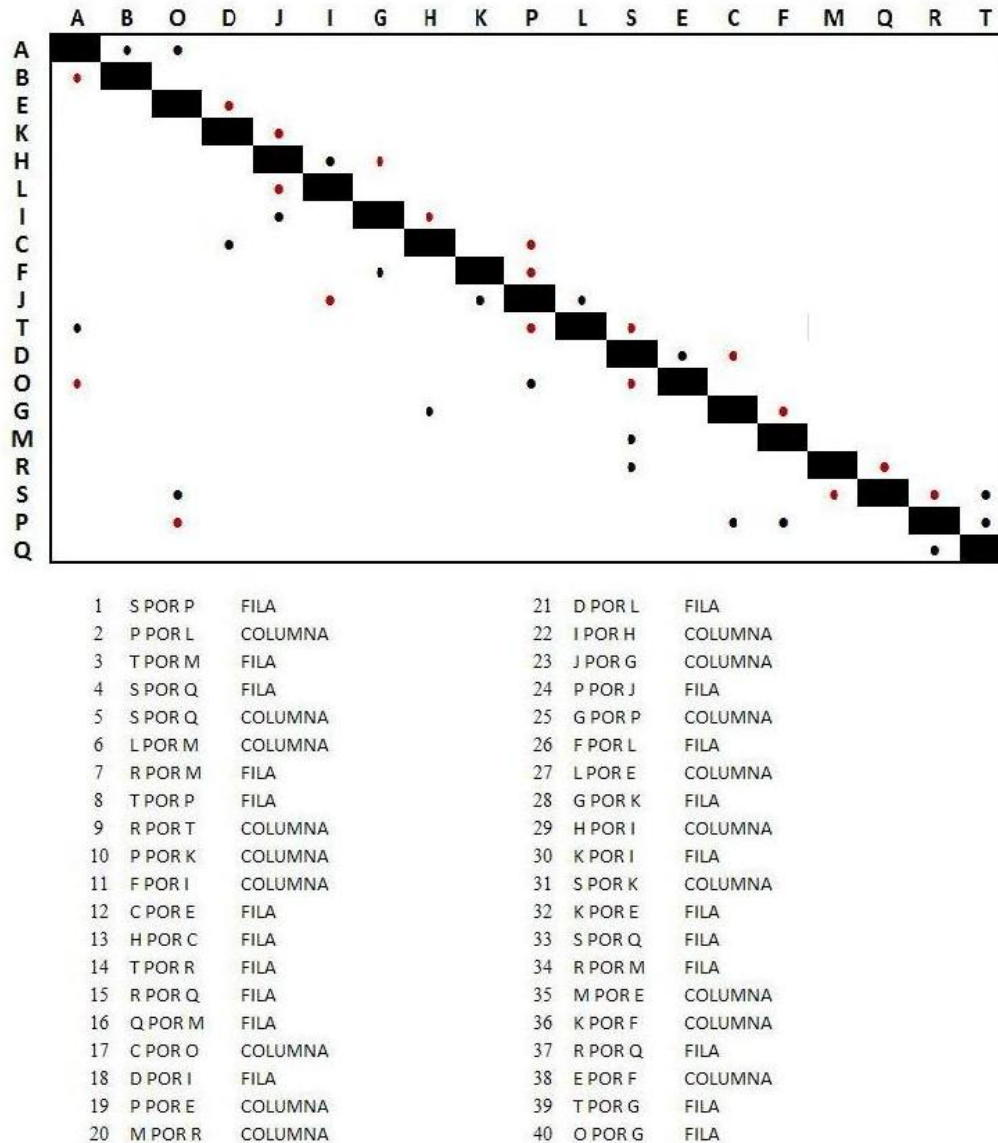


Figura 16. Matriz DSM con soluciones matriciales que consideran acoplamientos lógicos entre componentes.

La matriz inferior en la figura 16 es única en términos de agrupación de componentes acoplados en posibles módulos; únicamente el orden de los componentes paralelos y secuencias dentro de los posibles módulos depende del algoritmo usado para reordenar los componentes. (Eppinger et al., 1999) [2]. Como tal la matriz DSM original con su solución matricial de permutaciones, es usada para seleccionar agrupaciones de componentes lógicos que podrían ser candidatos a módulos. El criterio de selección de las primeras agrupaciones comprende la consideración general de:

1. La teoría del Diseño para Manufactura DFM idónea [12],
2. la teoría del diseño para ensamblabilidad DFA idónea [12],
3. la disposición espacial de los componentes en el producto y,
4. posteriormente el uso de criterios de negocio como los indicadores de variación al producto.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

La figura 17 comprende la primera selección lógica de la agrupación de los posibles componentes que pueden ser candidatos a módulos. Su selección implicó la consideración general expresada en los puntos 1, 2 y 3.

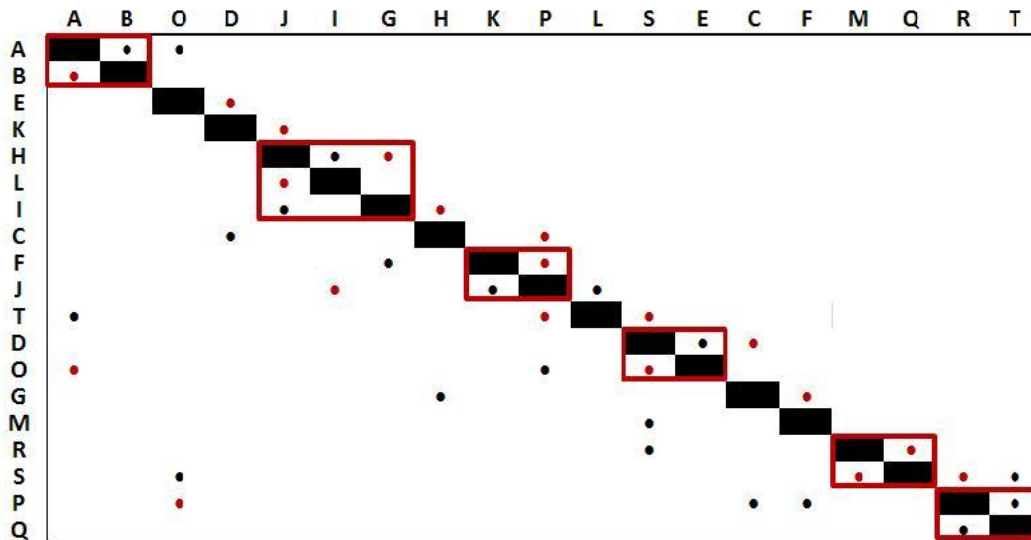


Figura 17. Matriz DSM considerando selección lógica de agrupación de componentes..

Los bloques o candidatos a módulos sobre la diagonal representan el acoplamiento debido a la retroalimentación a consideraciones generales del DFM&DFA así como la posible disposición espacial de los componentes. Las marcas restantes inferiores de la diagonal representa la retroalimentación de la información a los últimos componentes, (Eppinger et al., 1999). Al referirnos a los componentes acoplados de la estructura de funciones, implicaría que cada incorporación de cada componente puede ser realizada de manera independiente, cuya información puede ser transmitida de forma simultánea debido a que las interfaces son independientes unas de otras.

La definición de los criterios de negocio e indicadores de variación al producto, consideración general 4, implican el desarrollo de la matriz de variación IVG [13], la matriz normalizada MIM [6] como la definición de la estrategia del negocio implícita en la selección de controladores de módulos [6]. Su desarrollo se muestra a continuación.

5.2.5 ÍNDICE DE VARIEDAD GENERACIONAL (IVG)

La matriz IVG es la contribución del trabajo del Dr. Mark Martin (1999), al diseño de plataformas modulares. El índice de variedad generacional (IVG) es un indicador de la cantidad de rediseño requerido por un componente para satisfacer las métricas futuras. Este índice se estima con base a los cambios que requerirá un componente debido a factores externos [13]. la idea asociada de incorporar la matriz IVG al diseño modular a través de integración de la matriz DSM [1], está relacionada en la definición de la métrica a los posibles cambios que podría tener cada componente, además del uso de la matriz de acoplamiento [13], matriz similar a la matriz DSM binaria original,

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

cuya única función es indicar la sensibilidad al cambio de cada componente debido a su interacción con otros componentes.

Los resultados obtenidos de la matriz IVG considerando los componentes de la fase de selección de soluciones técnicas, se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Matriz IVG final de lámpara.

		11	12	24	19	15	20	16	22	13	17+18	9	23	4	14	1+2	7	3	5	6		
MÉTRICAS ESPECIFICACIÓN 1 DIMENSIONES ESPECIFICACIÓN 2 MASA ESPECIFICACIÓN 3 NO. DE COMPONENTES ESPECIFICACIÓN 4 VIDA ÚTIL ESPECIFICACIÓN 5 VOLTAJE ESPECIFICACIÓN 6 AMPERAJE ESPECIFICACIÓN 7 INTENSIDAD LUMINOSA ESPECIFICACIÓN 8 DENSIDAD LUMINOSA ESPECIFICACIÓN 9 NÚMERO DE CICLOS ESPECIFICACIÓN 10 KW/hr. ESPECIFICACIÓN 11 DELTA DE TEMPERATURA ESPECIFICACIÓN 12 CANDELAS ESPECIFICACIÓN 13 RELACIÓN VOLTAJE VS AMPERAJE ESPECIFICACIÓN 17 FUNCIONES ADICIONALES O ACCESORIOS ESPECIFICACIÓN 18 ADMINISTRACIÓN DE CARGA	MICRO CONTROLADOR	1	6			1		6	6	6	6											
	DISPLAY																					
	USB																					
	DIFUSOR																					
	MICRO 1																					
	LENTE																					
	CONECTORES & PLACA METÁLICA																					
	CONECTORES																					
	CABLES																					
	LED DE POTENCIA																					
	SENSOR DE TEMPERATURA																					
	REGULADOR DE VOLTAJE																					
	MPPT																					
	SWITCH																					
	CELDA FOTOVOLTAICA																					
	CONVERSOR AC-DC																					
	BOOST																					
	PILA AA RECARGABLE																					
TRANSFORMADOR																						
IVG		17	13	12	7	17	6	10	10	13	16	4	15	23	18	21	16	25	48	9		

La métrica usada en la matriz IVG, considera los requerimientos del cliente, la estrategia del negocio, así como el amplio conocimiento de cada uno de los componentes. Los valores resultantes de interés son la sumatoria total de la contribución de cada especificación a cada componente, tabla 8.

En la sensibilidad al cambio de cada componente. Para cada especificación de métrica, se plantea la pregunta ¿qué tan sensible es el componente a un pequeño cambio en esta especificación? Si un pequeño cambio en la especificación implica una modificación en el componente, entonces se dice que el componente tiene una alta sensibilidad. Por el contrario, si la especificación requiere un gran cambio para crear una modificación en el componente que la recibe, entonces se dice que éste tiene una baja sensibilidad. Para hacer esto se usa la clasificación que se muestra en la tabla 9, donde el 9 indica especificaciones con una sensibilidad alta y el cero las especificaciones que no afectan a los componentes.

Tabla 9. Clasificación IVG.

Clasificación	% de rediseño	Descripción
9	>50	El componente requiere un rediseño mayor
6	<50	El componente requiere un rediseño parcial
3	<30	El componente requiere cambios simples y numerosos
1	<15	El componente requiere cambios menores
0	0	El componente no requiere cambios

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

Los resultados obtenidos en la tabla 8, denotan que el componente “pilas recargables” presenta valores en su mayoría de un rediseño mayor y como resultado el componente con el más alto valor de IVG. Parte de la causa que el componente “pilas recargables” presente un valor alto de IVG es debido a la variación que el componente presentará por métricas futuras, las cuales están relacionadas con la estrategia de negocio que requiere de otro tipo de batería o sistema de almacenamiento de energía.

5.2.6 MATRIZ NORMALIZADA MIM

El proceso de diseño de plataformas modulares de Ericsson & Erixon [6] incorpora en el Proceso del Despliegue de la Función Modular (MFD), el corazón del diseño modular, la identificación de la estrategia del negocio en los Controladores de Módulos, tabla 10

Tabla 10. Controladores de Módulo.

DESARROLLO DE PRODUCTO Y DISEÑO	<ul style="list-style-type: none"> • TRANSFERIBLE • EVOLUCIÓN DE TECNOLOGÍA • CAMBIOS DE PRODUCTO PLANEADO
VARIACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • DIFERENTE ESPECIFICACIÓN • ESTILIZACIÓN
PRODUCCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • UNIDAD COMÚN • PROCESO Y/O ORGANIZACIÓN
CALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • SEPARAR PRUEBAS
COMPRAS	<ul style="list-style-type: none"> • DISPONIBLE DE PROVEEDORES
POST VENTAS	<ul style="list-style-type: none"> • SERVICIO Y MANTENIMIENTO • ACTUALIZACIÓN • RECICLAJE

La identificación de la estrategia del negocio en cada componente, tabla 10, es el primer paso de importancia para posteriormente ponderar su influencia en el producto. Por tal motivo, se debe de realiza la selección de módulos como estrategia corporativa mediante una Matriz de Indicación de Módulos MIM, figura 18, y posteriormente presentar los resultados normalizados de todos los controladores con las soluciones técnicas asociadas, Figura 19.

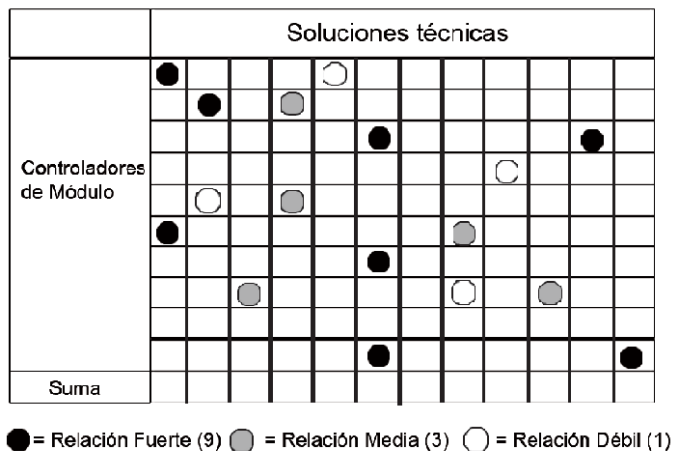


Figura 18. Matriz de indicación de Módulos MIM.

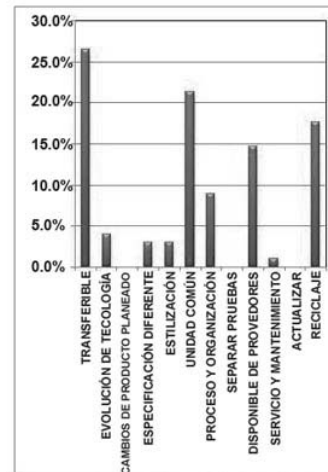


Figura 19. Matriz Normalizada MIM.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

Con base al número de partes del producto y la ecuación 1, se establece el número ideal de módulos a desarrollar. Las consideraciones al número de operaciones de ensamble bajo recientes investigaciones de Ericsson & Erixson [6], establecen que un promedio, “en la mejor práctica inicial”, de tiempos de operación de ensamble para partes es aproximadamente 10 s, y un promedio final de operación de ensamble entre módulos entre 10 y 50 s [6]. Una amplia estimación es por consiguiente que el tiempo mínimo de entrega es logrado cuando el número de módulos es igual a la raíz cuadrada del número de partes ensambladas en el producto promedio.

$$(1) \quad N_M = \sqrt{N_P}$$

donde:

N_M = Número de Módulos.

N_P = Número de Partes en un producto completo.

El número de partes que nuestro producto contempla es de 19. No obstante, la estrategia del negocio no contempla que la celda solar sea parte de algún módulo, al contrario la celda solar por si sólo se considera como un módulo el cual tiene interfaces estándares definidas para otros componentes, además de ser una parte altamente modular. Por tal motivo, el número de partes a considerar de nuestro producto es de 18, y con base a la ecuación número 1 el número ideal de módulos a desarrollar es de: $\sqrt{18}$ ó 4.

El resumen de la estrategia del negocio expresada en Matriz de Indicación de Módulos MIM, atreves de la identificación de cada controlador de módulo en relación a cada componente, se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Matriz de indicación de Módulos MIM.

SOLUCIÓN TÉCNICA CONTROLADORES DE MÓDULO		11	12	24	19	15	20	16	22	13	17+18	9	23	4	14	1+2	7	3	5	6	
		MICRO CONTROLADOR	DISPLAY	USB	DIFUSOR	MICRO 1	LENTE	CONECTORES & PLACA METÁLICA	CONECTORES	CABLES	LED DE POTENCIA	SENSOR DE TEMPERATURA	REGULADOR DE VOLTAJE	MPPT	SWITCH	CELDA FOTOVOLTAICA	CONVERSOR AC-DC	BOOST	AA RECARGABLE	TRANSFORMADOR	TOTAL
DESARROLLO DE PRODUCTO Y DISEÑO	TRANSFERIBLE	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	84
	EVOLUCIÓN DE TECNOLOGÍA	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
VARIACIÓN	CAMBIOS DE PRODUCTO PLANEADO	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	18
	DIFERENTE ESPECIFICACIÓN	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
PRODUCCIÓN	ESTILIZACIÓN	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	18
	UNIDAD COMÚN	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
CALIDAD	PROCESO Y/O ORGANIZACIÓN	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	18
	SEPARAR PRUEBAS	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
COMPRAS	DISPONIBILIDAD DE PROVEEDORES	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	42
	SERVICIO Y MANTENIMIENTO	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
POST VENTAS	ACTUALIZACIÓN	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	27
	RECICLAJE	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TOTAL		51	16	21	45	48	37	12	12	9	33	22	4	9	15	24	27	24	45	9	

● Relación Fuerte (9) ● Relación Media (3) ○ Relación Débil (1)

Los resultados normalizados de la matriz MIM se presentan en la figura 20.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

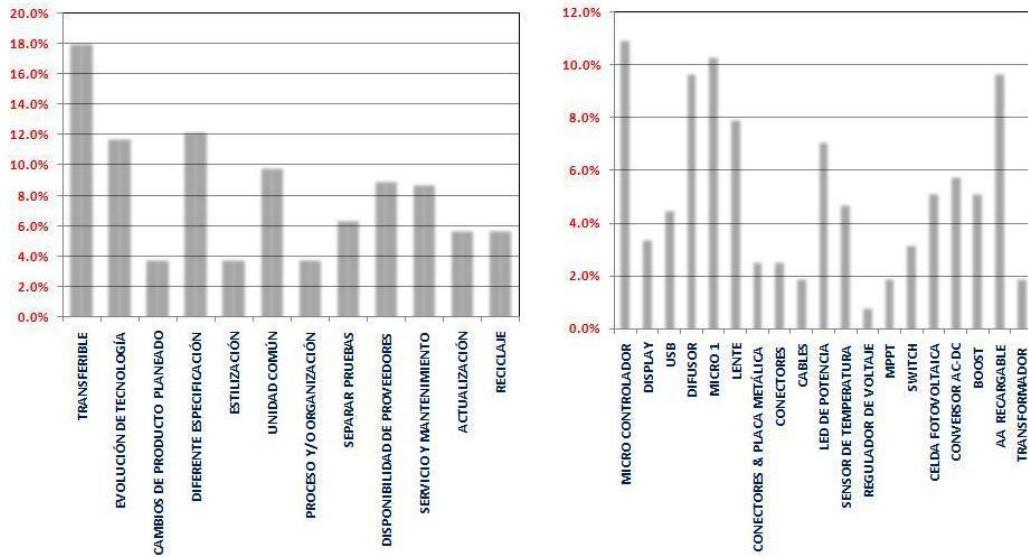


Figura 20. Resultados Normalizados de controladores de módulo de la lámpara.

El resumen de la estrategia del negocio, figura 20 y tabla 11, nos indica que la intensidad del negocio se debe centrar en desarrollar 4 módulos: transferible, evolución tecnológica, diferentes especificaciones y unidades en común, es decir en orden respectivo, en tener componentes que emigren de una generación del producto a otra, que existan componentes de nuevo desarrollo o de tecnología nueva que se puedan ocupar como variaciones o que sean parte de futuras generaciones, que las especificaciones de los componentes cambien debido a adecuaciones de ciertos componentes que sufrirán por modificaciones esperadas y que ciertas partes se ocupen en todos los modelos como volumen de componentes.

5.2.7 IDENTIFICACIÓN DE MÓDULOS

La identificación o acoplamiento de modelos es el resultado de los valores IVG y de la matriz MIM que retroalimentan la matriz DSM binaria original permutada.

La agrupación final de componentes en módulos en la matriz DSM, en resumen, considera los siguientes criterios:

1. La matriz DSM permutada con primera selección de candidatos a módulos.
2. La relación lógica de los componentes con el módulo.
3. La ponderación de los valores de la matriz MIM.
4. La ponderación de los índices de variación generacional (IVG)
5. El número de módulos considerados por la ecuación 1 y su relación con la matriz MIM.
6. La ponderación de la sensibilidad de las especificaciones a los cambios en la matriz DSM.

La selección de cada módulo inicia al retroalimentar con información a cada componente presente dentro de cada una de las agrupaciones de la matriz DSM permutada, las cuales ya previamente fueron identificadas como candidatos a módulo, figura 21.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

		C	A	D
COMPONENTE 3	C			•
COMPONENTE 1	A	•		
COMPONENTE 4	D	•	•	
COMPONENTE 7	E			

Figura 21. Matriz DSM original permutada con posibles candidatos a Módulos.

Los valores a ingresar en la matriz DSM permutada son el resultado de la sumatoria total del componente A...Z a la variación generacional IVG y la sumatoria total de los componente A+B+...Z como estrategia del negocio expresada en términos de N controladores, de la matriz MIM, figura 22. Parte de la estrategia de identificar la tendencia de cada controlador como candidato a módulo, es vital para el negocio, ya que a mayor valor de tendencia a un cierto controlador N dentro de una agrupación, el candidato a módulo va mostrando una tendencia a cierta estrategia corporativa.

		C	A
COMPONENTE 3	C		
COMPONENTE 1	A	IVG CONTROLADOR N N, comp A: 1,3,9 ⋮ Σ IVG comp A Σ MIM Comp A	
COMPONENTE 4	D	IVG CONTROLADOR N N, comp D: 1,3,9 ⋮ Σ IVG comp D Σ MIM Comp D	IVG CONTROLADOR N N, comp D: 1,3,9 ⋮ Σ IVG comp D Σ MIM Comp D

Figura 22. Matriz DSM permutada con valores del índice IVG y la matriz MIM.

Los resultados obtenidos de la ecuación 1, indican que el número N de controladores a ponderar por componente, es igual a 4. La tabla 12 muestra los 4 controladores resultantes de la valoración de la matriz MIM, estos ordenados de un mayor a un menor valor de importancia. La matriz DSM permutada final se aprecia en la Tabla 13, en ella se incluyen cada uno de los valores que la retroalimentan por parte de los índices de variación generacional IVG y la matriz MIM. La figura 14 muestra el nombre de cada uno de los componentes rescritos en letra que la integran.

Num. Controlador	NOMBRE CONTROLADOR.
1	TRANSFERIBLE
2	DIFERENTE ESPECIFICACIÓN
3	EVOLUCIÓN DE TECNOLOGÍA
4	UNIDAD COMÚN

Tabla 12. Principales controladores seleccionados por estrategia de negocio.

La tabla 13 muestra 6 candidatos para módulos. Las agrupaciones con las letras de la A a la F, como módulos candidatos, son de interés; por tal motivo serán analizados de tal forma que se identifiquen 4 módulos con estrategia corporativa, tabla 11, además como resultado de tener varias opciones, el identificar otros 2 subensambles para manufactura.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

El módulo o agrupación B, figura 23, detalla la retroalimentación de los valores de IVG e MIM, en los componentes: Microcontrolador 1, Conectores & Placas y el Lente, los cuales presentan una agrupación lógica como una adecuada disposición espacial.

Se observa que el Controlador de Módulo dominante en el módulo B es del tipo “TRANSFERIBLE”, es decir la transferencia de componentes del producto de una generación a otra. No obstante, además se observa en el módulo B que el Microcontrolador 1 o “MICRO 1” está relacionada con la idea asociada al controlador de módulo: DIFERENTES ESPECIFICACIONES. Como se sabe, los valores del índice IVG deben de ser nulos por lógica en los módulos “TRANSFERIBLE”, debido a que el módulo por estrategia de negocio no debe presentar cambios u otras Especificaciones en su comercialización, no obstante esto no presenta problema alguno en el módulo B debido a que el flujo de información, Figura 13, denota que el cambio de flujo de información entre los componentes del módulo B son del tipo señal, los cuales no están relacionados con cambios físicos en los componente, cuya presencia sería contraproducente.

		17+18 J		16 I		16 G		15 H	
19	DIFUSOR	K	4. UNIDAD C:1 IVG:7 MIM:45						
15	MICRO 1	H	1. TRANSFE:9 IVG:17 MIM:48		2. DIF ESPE: 9 IVG:17 MIM:48				
20	LENTE	L			1. TRANSFE:9 4. UNIDAD C:1 IVG:6 MIM:37				
16	CONECTORES & PLACA METALICA	I	1. TRANSFE:9 IVG:10 MIM:12				2. DIF ESPE: 9 MIM:17 MIM:14		
22	CONECTORES	C							

B

Σ CONTROLADORES DE MÓDULO TRANSFERIBLE = 27
 Σ Valores de MIM = 97
 Σ Valores de IVG= 33

Figura 23. Retroalimentación de la matriz DSM con valores obtenidos de las matrices MIM e IVG.

Los primeros resultados muestran que nuestro primer controlador será el módulo B, lo cual nos deja por definir 3 controladores más.

El segundo controlador, con base a los valores de de IVG e MIM, se encuentra en el módulo F, Figura 24. El módulo F denota que los componentes, Pilas AA Recargables y el Transformador se ponderan como factibles a un Controlador de Módulos del tipo “DIFERENTES ESPECIFICACIONES”.

El flujo de información entre los componentes del módulo F, Figura 13, nos indica que existen posibles cambios físicos asociados a número de componentes, entre otros, además de que sus valores de IVG son los segundos más altos de todos

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

los candidatos a módulos, lo cual es una buena evidencia de la selección al tipo de controlador: "DIFERENTES ESPECIFICACIONES".

		6 Q	7 R	9 T
3	BOOST	S	2. DIF ESPE: 9 4. UNIDAD C: 1 IVG: 27 MIM: 4	2. DIF ESPE: 9 IVG: 27 MIM: 3
5	AA RECARGABLE	P	F	2. DIF ESPE: 9 3. EVOL TEC: 3 4. UNIDAD C: 1 IVG: 9 MIM: 45
6	TRANSFORMADOR	Q		2. DIF ESPE: 9 3. EVOL TEC: 3 IVG: 25 MIM: 15

Σ CONTROLADORES DE MÓDULO DIFERENTES ESPECIFICACIONES = 18
 Σ Valores de MIM = 60
 Σ Valores de IVG = 34

Figura 24. Retroalimentación de la matriz DSM con valores obtenidos de las matrices MIM e IVG.

El tercer módulo será del tipo DIFERENTES ESPECIFICACIONES y es la agrupación E, Figura 25, la cual es similar en valores IVG y MIM al segundo módulo facilitando el criterio de selección utilizado el cual fue el mismo, a diferencia, éste presenta los valores más altos de posibles cambios a futuro, relacionados con cambios entre componentes físicos de las partes del módulo E, lo cual refuerza el criterio de selección del controlador DIFERENTES ESPECIFICACIONES debido a la alta sensibilidad de cambios a futuro.

		1+2 M	6 Q	7 R
7	CONVERSION AC-DC	R	1. TRANSFE: 9 2. DIF ESPE: 9 4. UNIDAD C: 1 IVG: 23 MIM: 27	
3	BOOST	S	1. TRANSFE: 3 2. DIF ESPE: 9 4. UNIDAD C: 3 IVG: 25 MIM: 24	
5	AA RECARGABLE	P	E	
6	TRANSFORMADOR	Q		AMPERAJE: 1 2. DIF ESPE: 9 VOLTAJE: 3 3. EVOL TEC: 3 NUM. COMP: 1 IVG: 25 MIM: 15

Σ CONTROLADORES DE MÓDULO DIFERENTES ESPECIFICACIONES = 18
 Σ Valores de MIM = 54
 Σ Valores de IVG = 48

Figura 25. Retroalimentación de la matriz DSM con valores obtenidos de las matrices MIM e IVG.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

El cuarto módulo con base a los valores obtenidos de la MIM e IVG, indica que el acoplamiento lógico del Microcontrolador y el Display son la mejor opción para módulo del tipo EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA, Figura 26. La migración tecnológica involucra una alta estrategia corporativa y cambios entre componentes previamente identificados. Como tal, la intensidad asociada a migrar tecnología está relacionada con utilizar a futuro un nuevo Display del tipo Led.

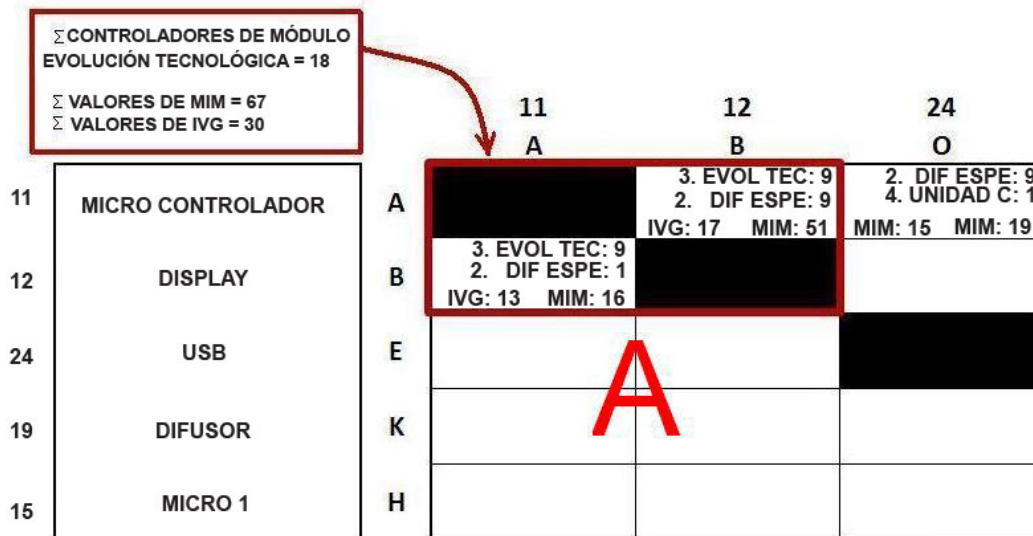


Figura 26. Retroalimentación de la matriz DSM con valores obtenidos de las matrices MIM e IVG.

Se puede resumir que la estrategia de diseño de nuestro producto estará enfocada en tener cuatro módulos ya seleccionados y dos ensamblajes definidos con baja ponderación a ser módulos. Los componentes o algunos de los componentes asociados a la estructura del producto, serán el resultado del resto de los requerimientos implícitos en el diseño del producto mediante un concepto nombrado por Kevin Otto (2001), [11] como restricciones; como tal las restricciones son una declaración de un claro criterio que debe ser satisfecho por un producto en su totalidad, y las consideraciones requeridas del completo producto para determinar el valor del criterio. La modularidad, por ejemplo, es una restricción, debido a que depende del completo requerimiento y definición de la disposición de cada componente o subfunciones, como tal su definición depende de la previa definición de los componentes y módulos. Cabe mencionar que el diseño para manufactura y ensamble logra la integración de los componentes restantes en forma tal que favorezcan la eficiencia al ensamble y el diseño del completo producto.

5.2.8 DISEÑO CONCEPTUAL DE MÓDULOS

Mediante el desarrollo del diseño a detalle se concluyen 4 módulos de los cuales se deben de realizar conceptos de diseño de su arquitectura.

Existen muchas ideas asociadas a la arquitectura modular del producto. No obstante no se detallará paso a paso la definición del concepto del producto, debido a

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

que su desarrollo se puede encontrar en el proyecto de tesis de Joaquín Loaiza [5], además su trabajo enfatiza ideas de la agrupación y distribución espacial de componentes similares mediante estudios comparativos de productos en el mercado, benchmarking y nuevas ideas de conceptos de productos de iluminación para camping. No obstante, la integración de los requerimientos del producto, las principales consideraciones de diseño para manufactura de partes plásticas enlistadas en el ANEXO C y las principales consideraciones de problemas de inyección y sus posibles soluciones, ANEXO D, dan como resultado el diseño conceptual del producto ilustrado en la figura 27.

La figura 27 es el resultado del trabajo interdisciplinario del trabajo en equipo enfocado a desarrollar un producto de iluminación con suministro de energía independiente.



Figura 27. Vista americana del diseño de concepto de lámpara, [11].

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

El diseño a detalle de cada módulo contempla la disposición espacial de cada componente, las consideraciones del diseño para manufactura y ensamble [6] y la contribución del equipo interdisciplinario [5]. La definición del módulo A, es la integración de partes a un ensamble con una estrategia de negocio. El módulo A contempla el *display* de información de carga de la lámpara o de recarga y un microcontrolador que proporcione el estatus de carga o recarga como ensamble con interfaces definidas. La figura 28.



Figura 28. Vista perspectiva de Módulo A.

El módulo B es un ensamble que considera la base de la tecnología del producto, que es un sistema de iluminación vía *leds*, además la estrategia del producto asocia a este sistema con su integración a un micro controlador, como electrónica asociada para administración al igual que la integración de conexiones y cables en relación. Figura 29.

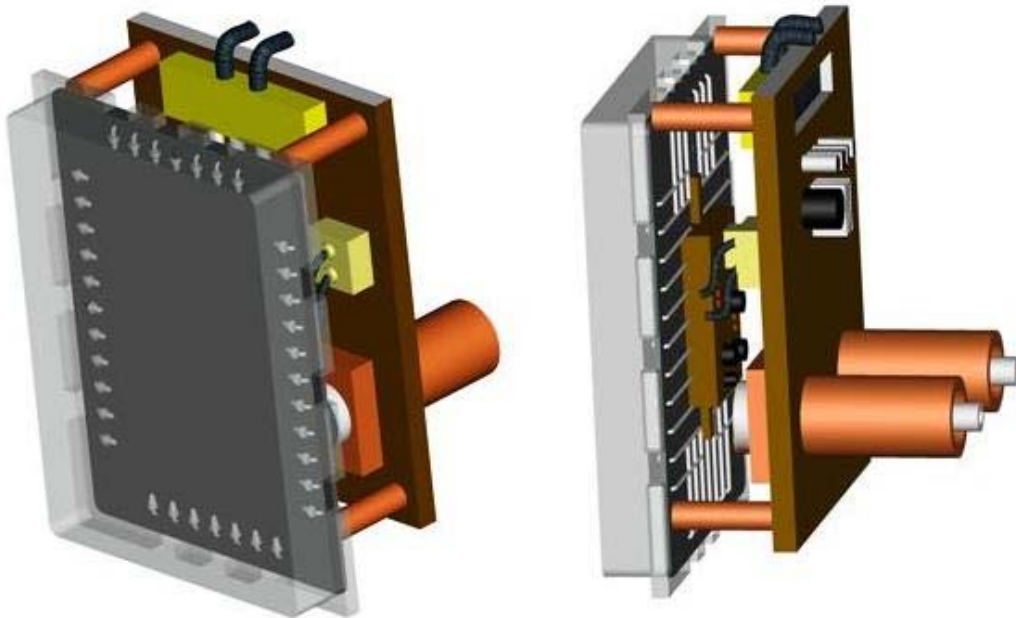


Figura 29. Vista perspectiva de Módulo B.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

El módulo E es un ensamble con una idea enfocada a la administración de corriente vía celda solar o batería de almacenamiento, la definición de componentes por medio de la electrónica del producto asocian al conversor AC-DC con un sistema inteligente para administrar la energía conocido como circuito *Boost*. Figura 30.

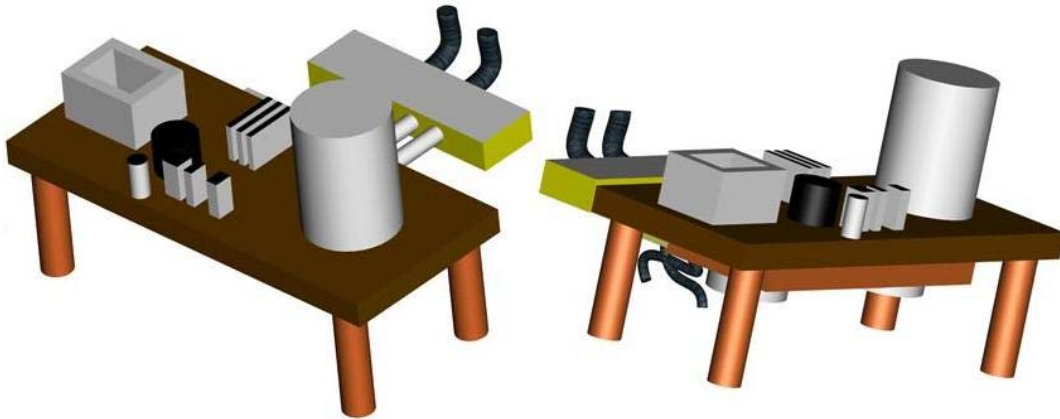


Figura 30. Vista perspectiva de Módulo E.

Como último módulo, se encuentre el módulo F, cuya intención es agrupar los componentes que integran directamente a la batería con la recargar de productos comerciales de baja corriente (12V) tales como: GPS, *I pod*. La intención asociada es un ensamble que pueda migrar de un modelo a otro como opción al cliente de un producto a bajo o alto costo dependiendo sus necesidades. Figura 31.

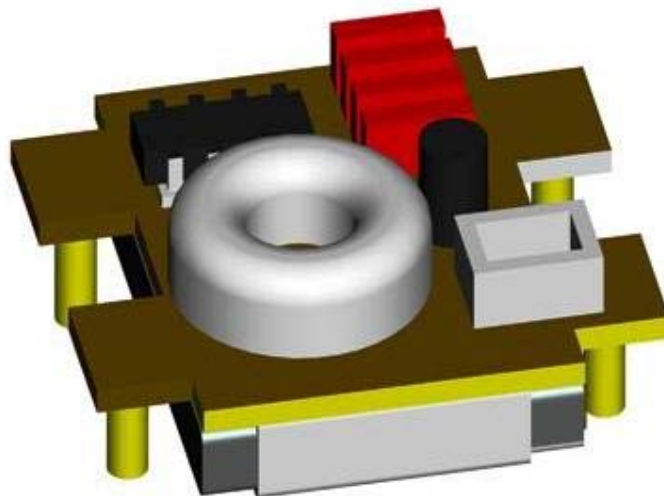


Figura 31. Vista perspectiva de Módulo F.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

El concepto final que cumple con cada uno de los requerimientos del cliente se resumen en un intento de diseño que integra el uso dos de lámpara con tecnología *Led*, el uso de baterías recargables, el uso de una celda solar (opcional) que alimenta y recarga a las lámparas y da suministro de energía, la integración de una estructura que aloja a varios componentes y un sistema de alimentación para recarga de artículos como: celulares, GPS u otros de poca demanda de corriente (12V), figura 32.

Al implementar cada una de las etapas del diseño para manufactura, desde la selección del material hasta la evaluación del diseño e integrándolas en el desarrollo de un concepto de diseño: PRODUCTO DE ILUMINACIÓN PARA CAMPING CON SUMINISTRO DE ENERGÍA INDEPENDIENTE, desde su definición hasta la etapa de diseño a nivel sistema, se concluye con el siguiente producto que cumple con los requerimientos del cliente y sobre todo que es ampliamente manufacturable.



Figura 32. Vistas de concepto de diseño de lámpara.

5.3 DISEÑO DE DETALLE

5.3.1 ENSAMBLE DE LAMPARA

El diseño contempla cada aspecto importante del desarrollo de manufactura, así como las consideraciones de diseño para manufactura y ensamble de BoothRoyd [9] y Lucas [10] hasta el uso de *snaps* para facilitar su reciclaje como la factibilidad de separar fácilmente.

La figura 33 denota la explosión de las partes del diseño de la lámpara, cada una de las partes fue definida con base a los requerimientos del cliente. La definición de cada componente eléctrico fue elaborada por un ingeniero electrónico, el cual identifico la función de cada parte y su disposición en el ensamble en tablas impresas.

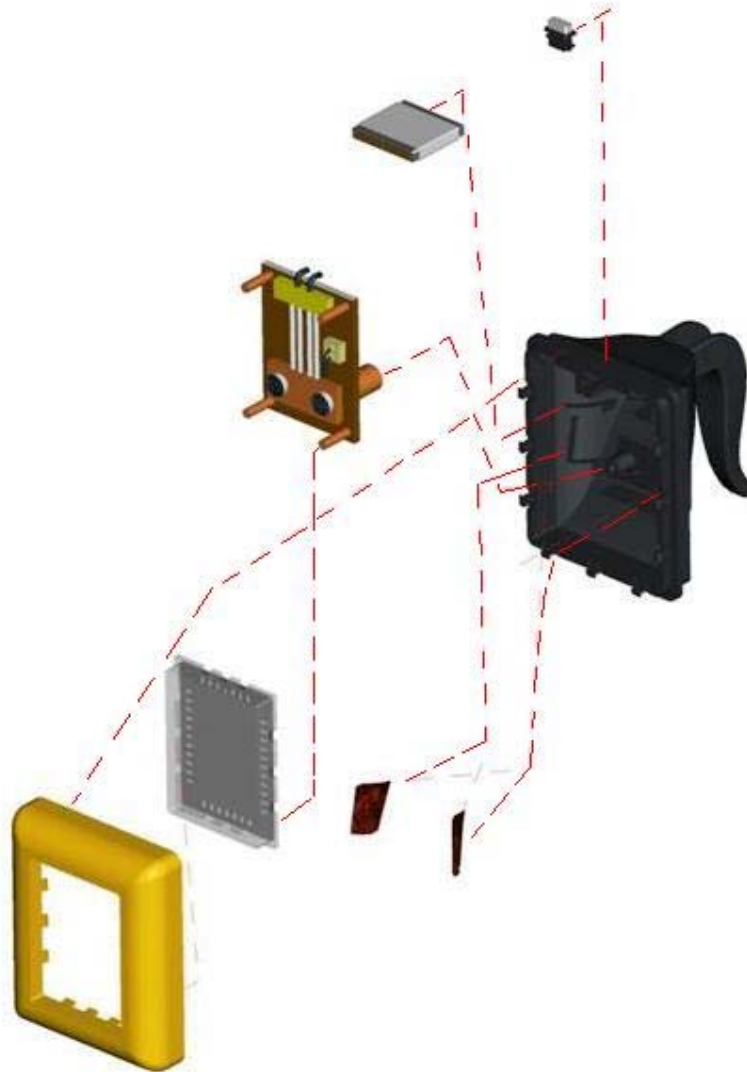


Figura 33. Vista de explosión de componentes del ensamble lámpara

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

5.3.2 PROCESO DE ENSAMBLE DE LAMPARA

Parte de las consideraciones de BoothRoyd [9] y Lucas [10] se ven reflejadas en un adecuado diseño para ensamble DFA de la lámpara, lo cual para el ensamble del producto se pueden contemplar 5 movimientos. Considerando el estudio de tiempos de ensamble ideal para los 7 componentes que contiene la lámpara, con base a la teoría del número de movimientos para el ensamble de un módulo, 3 sería número de movimientos ideal, no obstante 5 es adecuado [6]. El detalle de tiempos y movimientos no es parte de los alcances de esta tesis.

La figura 34 muestra el proceso de ensamble iniciando desde el paso 1 hasta el paso 5.



Figura 34. Procesos de ensamble de lámpara.

PASOS	PROCESO DE ENSAMBLE
1	Montaje de Imán.
2	Montaje de selector.
3	Montaje de Pila.
4	Montaje de Módulo B y conexiones.
5	Montaje de cáscara difusor.

Tabla 14. Desglose de pasos de ensamble de lámpara.

5.3.3 ENSAMBLE DE ALOJAMIENTO LAMPARA

En la figura 35 se puede apreciar la explosión de las partes que integran al sistema de alojamiento y recarga de las lámparas.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

Cada parte cumple con una función y están diseñadas con la finalidad de ser manufacturadas bajo un proceso de inyección.

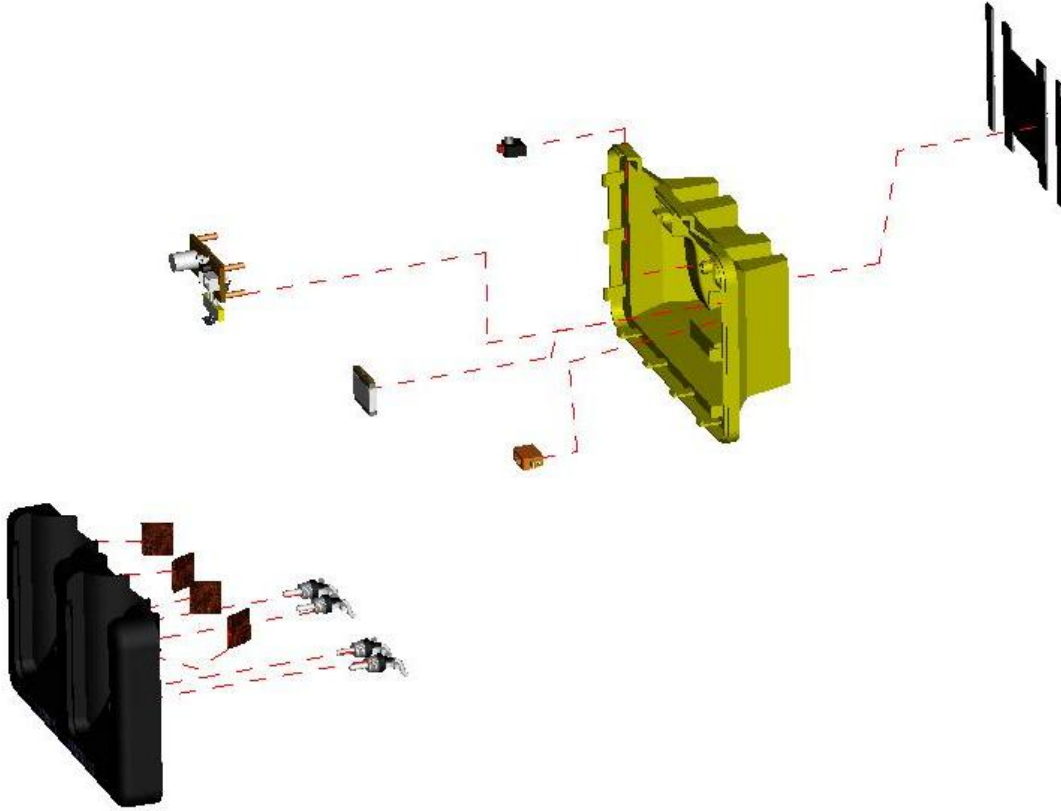


Figura 35. Vista de explosión de componentes del ensamble alojamiento.

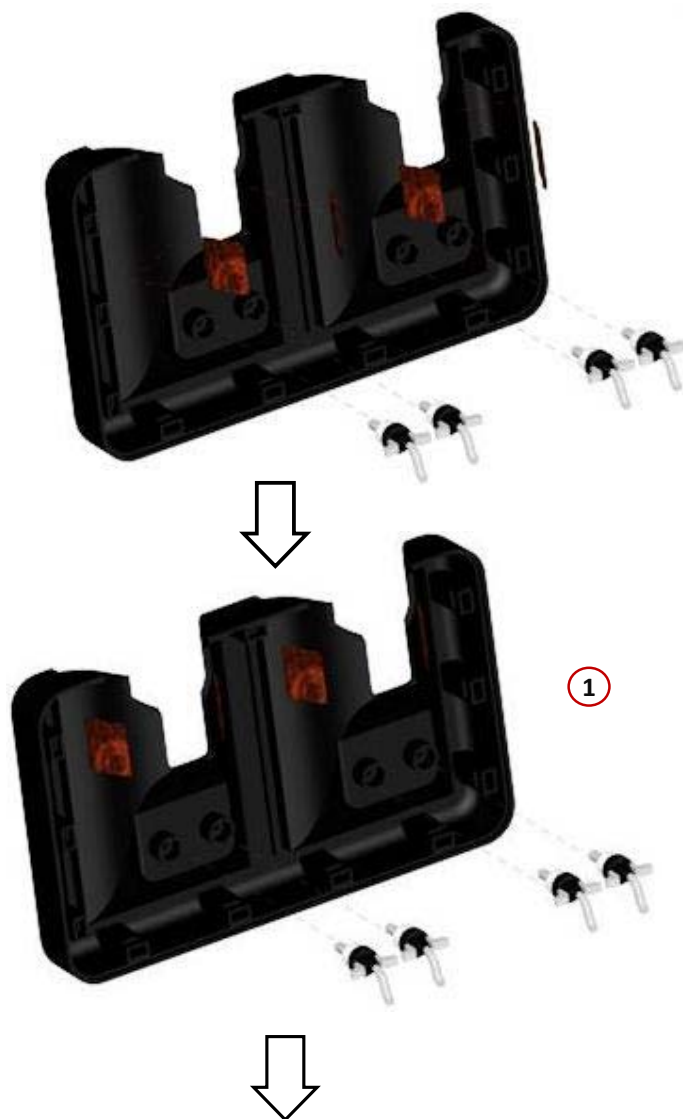
Al igual que al proceso de ensamble de la lámpara, consideraciones de BoothRoyd [9] y Lucas [10] se ven reflejadas en el diseño de las partes al igual que un adecuado diseño para su ensamble DFA. El ensamble del alojamiento comprendo dos subensambles, los cuales conforman el sándwich del alojamiento. En total el sándwich contempla 8 movimientos. Considerando el estudio de tiempos de ensamble ideal para los 15 componentes que contiene el ensamble alojamiento, con base a la teoría del número de movimientos para el ensamble de tres módulos, 6 sería el número de movimientos ideal, no obstante 8 es adecuado [6]. El detalle de tiempos y movimientos no es parte de los alcances de esta tesis.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO



Figura 36. Vista isométrica de primer subensamble alojamiento.

La figura 37 muestra el proceso de ensamble del primer ensamble del sándwich desde el paso 1 hasta el paso 2.



5. DISEÑO DEL PRODUCTO



Figura 37. Procesos de ensamble del primer subensamble lámpara.

PASOS	PROCESO DE ENSAMBLE
1	Montaje de Imanes.
2	Montaje de conectores tipo mariposa.

Tabla 15. Desglose de pasos del ensamble alojamiento primario.

La figura 38, denota la contraparte del primer ensamble del sándwich del alojamiento. Como tal este subensamble se considera receptor de subensamble por el número de componentes asociados.

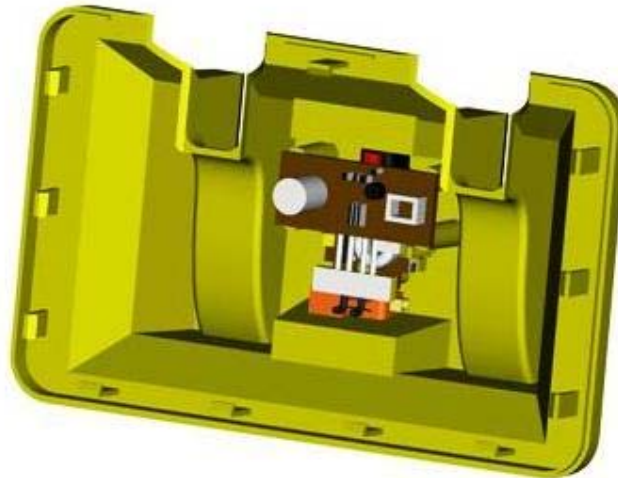


Figura 38. Vista isométrica de segundo subensamble alojamiento

La figura 39 A, B, C y D muestra el proceso de ensamble iniciando desde el paso 1 hasta el paso 6.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

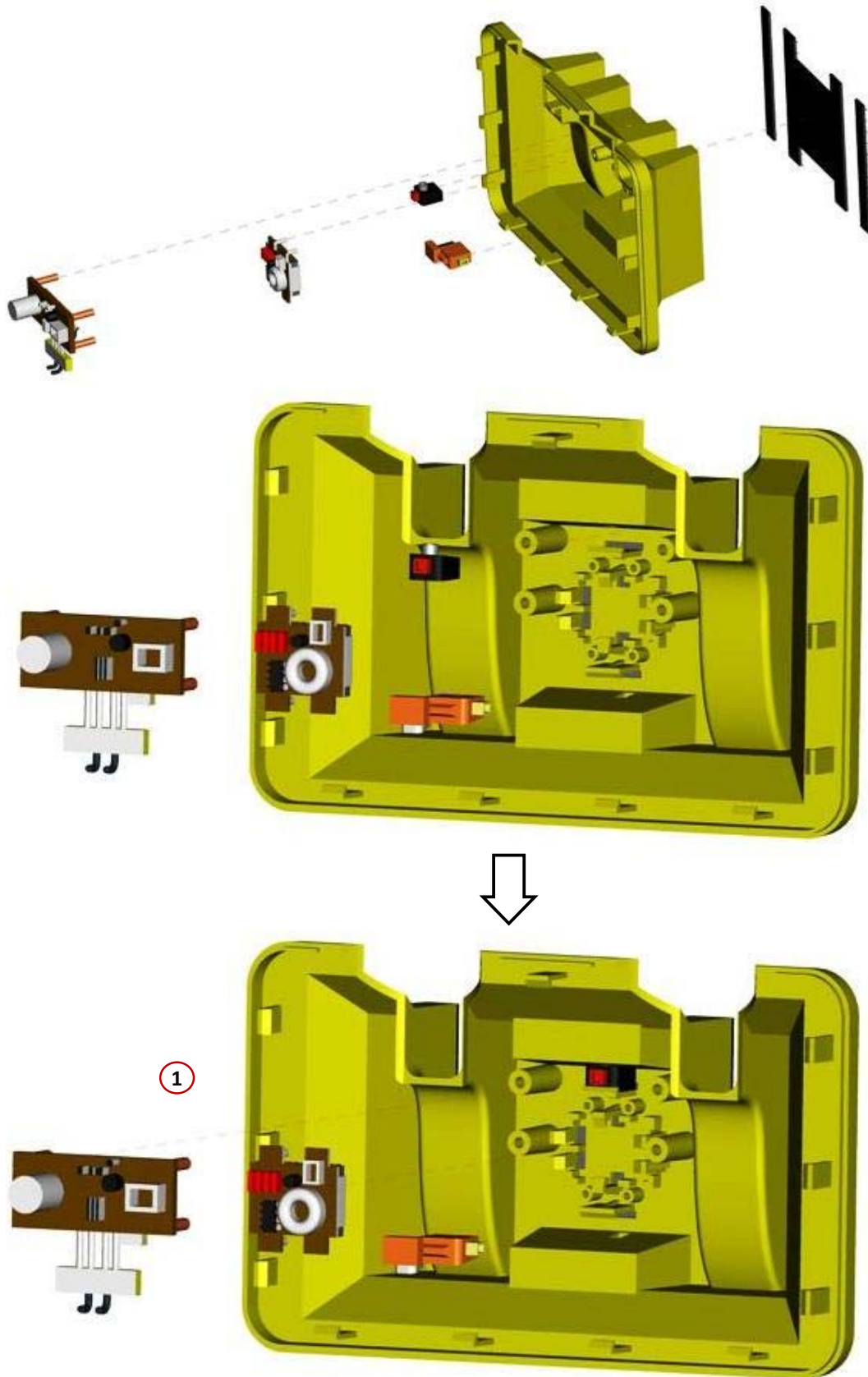


Figura 39 A. Procesos de ensamble del segundo subensamble alojamiento.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

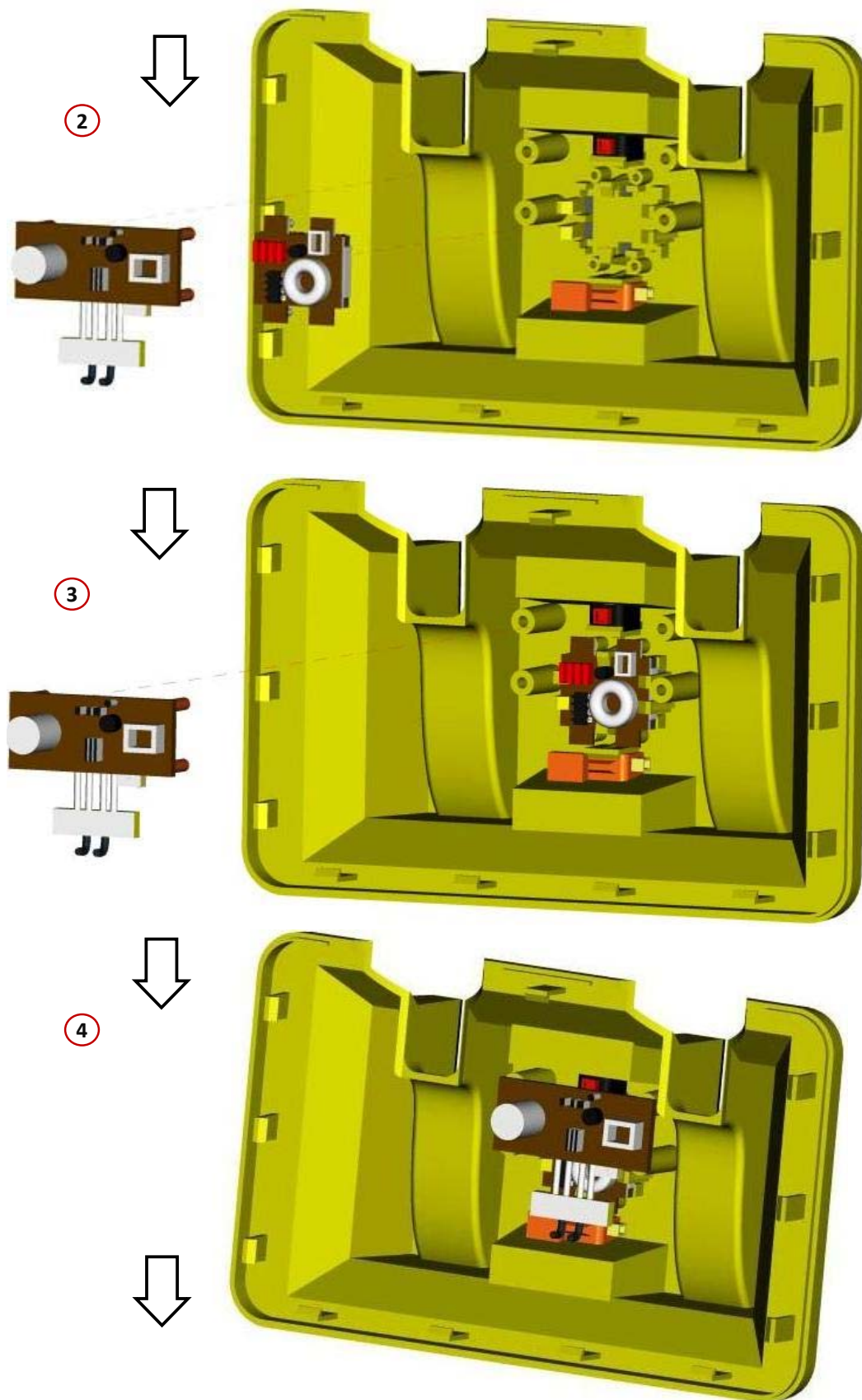


Figura 39 B. Procesos de ensamble del segundo subensamble alojamiento.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

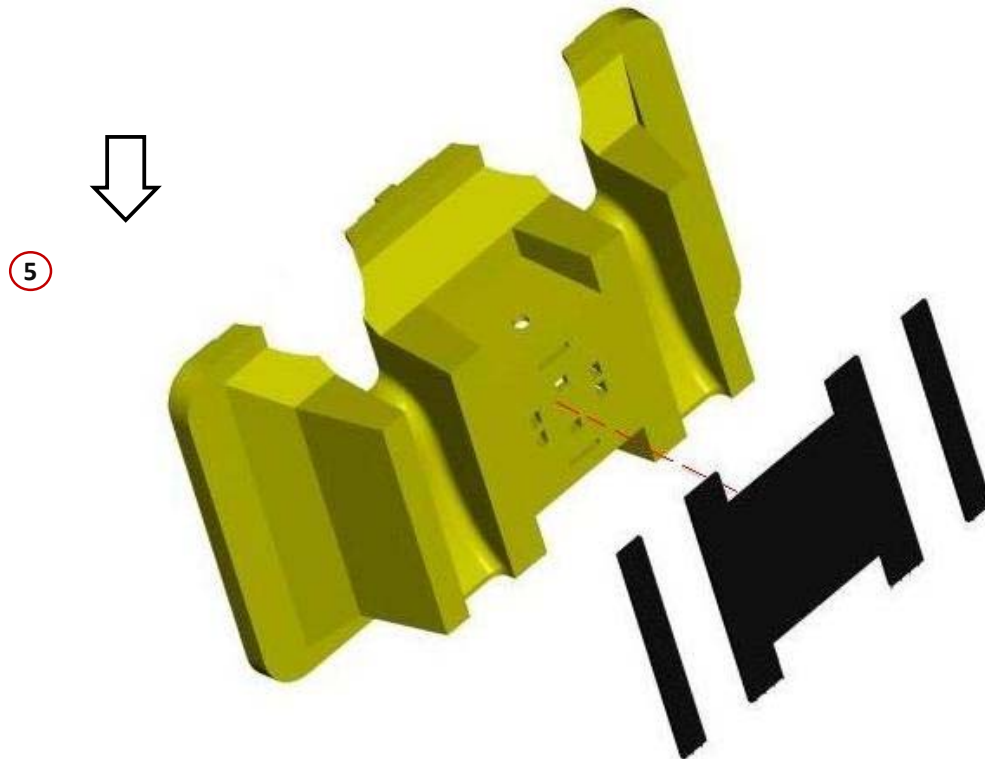
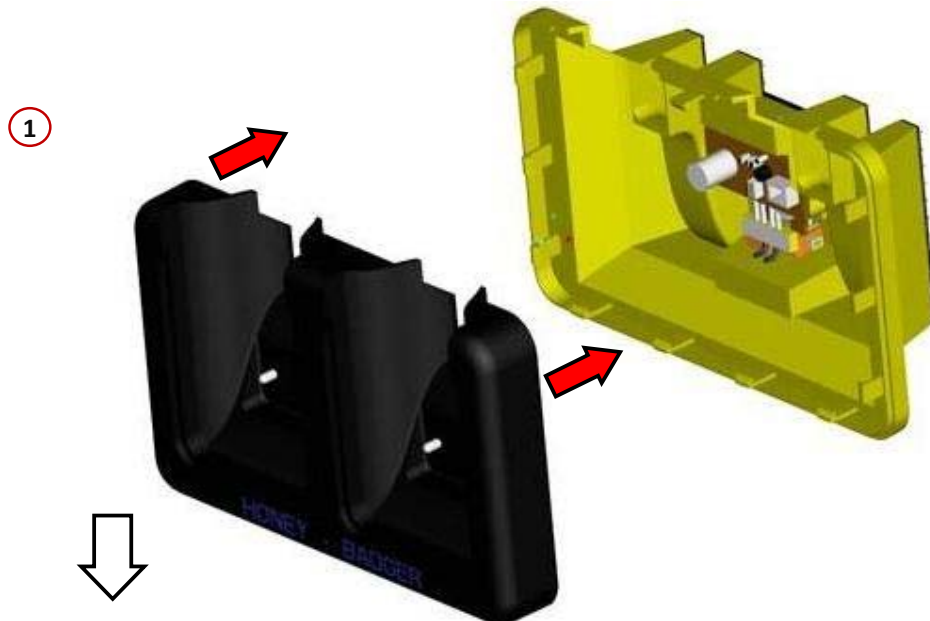


Figura 39 C. Procesos de ensamble del segundo subensamble alojamiento.

PASOS	PROCESO DE ENSAMBLE
1	Montaje de alimentación.
2	Montaje de Módulo A.
3	Montaje de Módulo F.
4	Montaje de Módulo E.
5	Montaje de imán de base alojamiento.

Tabla 16. Desglose de pasos del ensamble alojamiento secundario.



5. DISEÑO DEL PRODUCTO

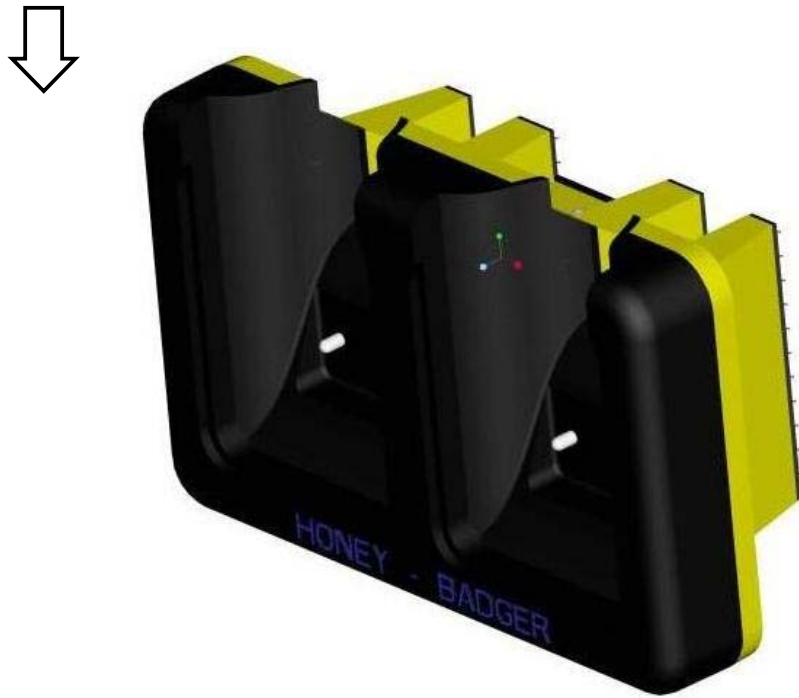


Figura 39 D. Procesos de ensamble alojamiento.

PASOS	PROCESO DE ENSAMBLE
1	Montaje de subensamble primario y subensamble secundario del alojamiento.

Tabla 17. Desglose de pasos del ensamble de alojamiento.


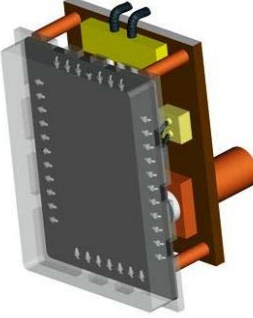
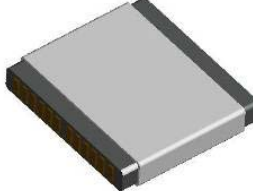
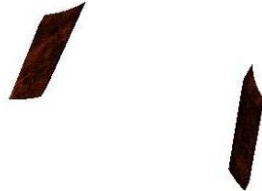

El proceso de ensamble del alojamiento y de la lámpara es contemplado como parte del diseño del empaque. El diseño de empaque es una parte crucial del producto, no obstante las consideraciones de este análisis no son parte de los objetivos.

Hasta este punto el diseño a detalle del producto ha sido definido, y como objetivo se considera la definición de partes estándar y no estándar de interés en una lista de partes. Con base a la definición de partes no estándar se contempla efectuar el análisis y simulación de partes especiales como factibilidad a su proceso de moldeo por inyección de plástico.




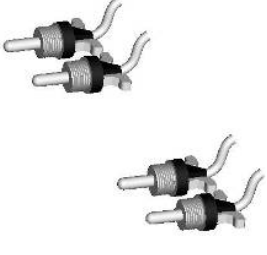
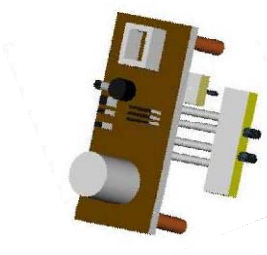
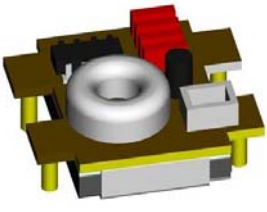
5.4 LISTA DE PARTES.

En la tabla 18, se encuentra el desglose de todas las partes del producto, su función, material así como donde y como se realizará el proceso asociado a cada parte, además de puntualizar si por definición cada parte será una pieza estándar o no.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

#	NOMBRE	FUNCIÓN	IMAGEN	MATERIAL	PROCESO
1	CARCASA DIFUSOR NO ESTANDAR	Alojar lente difusor, dar rigidez. Acoplar con agarradera		PA6 (0.97gr/cc). Peso: 25g	En casa: Inyección en molde.
2	MÓDULO B ESTANDAR	Contener circuito eléctrico, lente difusor y micro controlador. Actuar como medio de transmisión de energía entre la batería y el circuito impreso.		Acrílico, Polietileno, Cobre Cu 67, resina epóxica. Peso: 95 g	Proveedor: Ensamble independiente e de módulo.
3	BATERÍA ESTANDAR	Suministrar energía eléctrica directa para iluminación del lente difusor led		Litio-Ion Peso: 25 g	Proveedor
4	IMANES DE LAMPARA ESTANDAR	Garantizar fijación de agarradera con la tapa superior de alojamiento.		PS/Cobre Cu 67 Peso: 10g	Proveedor
5	CARCASA LÁMPARA NO ESTANDAR	Dar confort e interacción con el usuario. Alojar batería, base de la batería, imanes, lente difusor, switch y circuito impreso. Dar rigidez		PA6 (0.97gr/cc). Peso: 87g	En casa: Inyección en molde.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

6	<p>SWITCH LÁMPARA</p> <p>ESTANDAR</p>	<p>Dar niveles de intensidad de iluminación.</p> <p>Apagar o encender lámpara</p>		<p>PP/cobre Cu 67</p> <p>Peso: 14 g</p>	<p>Proveedor</p>
7	<p>TAPA SUPERIOR DE ALOJAMIENTO LÁMPARA</p> <p>NO ESTANDAR</p>	<p>Acoplar tapa inferior de la carcasa del cargador.</p> <p>Aloja a imanes y bornes tipo mariposa.</p> <p>Dar rigidez.</p>		<p>PA6 (0.97gr/cc).</p> <p>Peso:160g</p>	<p>En casa: Inyección en molde.</p>
8	<p>IMANES DE ALOJAMIENTO</p> <p>ESTANDAR</p>	<p>Asegurar la fijación de la tapa superior con la lámpara.</p>		<p>PS/Cobre Cu 67</p> <p>Peso: 10g</p>	<p>Proveedor</p>
9	<p>BORNE TIPO MARIPOSA</p> <p>ESTANDAR</p>	<p>Conducir corriente la lámpara.</p> <p>Dar sujeción a lámpara.</p>		<p>Cobre Cu 67 Oro Au 97</p> <p>Peso: 10g</p>	<p>Proveedor</p>
10	<p>MÓDULO E</p> <p>ESTANDAR</p>	<p>Contener circuito eléctrico.</p> <p>Administrar energía proveniente de celda solar o batería</p>		<p>PP, Cobre Cu 67, resina epóxica.</p> <p>Peso: 17g</p>	<p>Proveedor: Ensamble independiente e de módulo.</p>
11	<p>MÓDULO F</p> <p>ESTANDAR</p>	<p>Proporcionar energía eléctrica directa para la iluminación de productos de baja corriente.</p>		<p>PP, Cobre Cu 67, resina epóxica Litio-Ion</p> <p>Peso: 50gr</p>	<p>Proveedor: Ensamble independiente e de módulo.</p>

5. DISEÑO DEL PRODUCTO



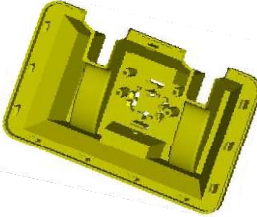
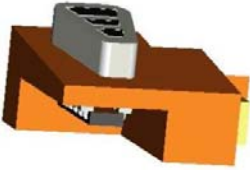
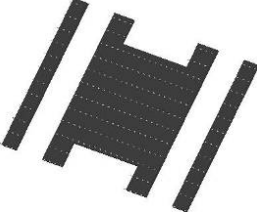
12	CONTACTO CELDA SOLAR / CARGADOR 12V ESTANDAR	Proveer entrada a energía de panel solar o cargador 12V.		PP/ cobre Cu 65/ oro Au 79 Peso: 10gr	Proveedor
13	CONECTOR USB ESTANDAR	Integrar al sistema medio de suministro de energía a aparatos de baja corriente 12V.		PP/ cobre Cu 65/ oro Au 79 Peso: 20gr	Proveedor
14	TAPA INFERIOR DE ALOJAMIENTO LÁMPARA NO ESTANDAR	Alojar batería, contacto, enchufes, bornes, módulos. Dar rigidez		PA6 Peso: 180g	En casa: Inyección en molde.
15	MÓDULO A ESTANDAR	Proporcionar interface a usuario por medio de indicación de visual de estatus de estado o función.		PP/ cobre Cu 65/ oro Au 79 Peso: 17gr	Proveedor: Ensamble independiente e de módulo.
16	IMANES ESTANDAR	Sujetar ensamble lámpara y ensamble alojamiento.		PS/Cobre Cu 67 Peso: 15g	Proveedor

Tabla 18. Tabla de lista de partes estándar y no estándar.

La definición de lista de partes considera a cada uno de los módulos como una parte, debido a que la idea asociada a un módulo es en lograr bloques únicos como partes que sus interfaces sean únicas como una parte única.

5.5 SELECCIÓN DE PIEZAS COMERCIALES Y ESPECIALES

La tabla 18 muestra los componentes de los ensambles de la lámpara y del alojamiento lámpara. Como se observa existen partes estándar y no estándar, la finalidad de utilizar partes estándar es la integración de componentes ya existentes en el mercado o comerciales, identificar y adecuar sus características con base a los requerimientos del cliente y lograr un producto fácil de reparar, fácil de controlar su

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

calidad, debido a que la calidad de cada pieza es la calidad del producto y así poder lograr precios competitivos de su producción, entre otros.

Las partes no estándar son por definición piezas especiales o complejas que involucran un desarrollo y tienen como función cubrir necesidades muy específicas, en nuestro caso, no existe diseño alguno que contemple el diseño de un producto similar y por tal motivo se debe de desarrollar.

Debido a la complejidad geométrica que presentan cada parte, en un principio se estableció que el proceso asociado al diseño de partes y adecuado al tipo de producto sería el de inyección por moldeo. Con base a la tabla 18, se identifican las partes no estándar que serían consideradas para su diseño de manufactura como piezas especiales. Por consiguiente las partes especiales son:

- Carcasa difusor.
- Manija lámpara.
- Tapa superior de alojamiento lámpara.
- Tapa inferior de alojamiento lámpara.

6. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN

La finalidad de realizar un análisis computacional de una parte plástica es el poder tener una referencia de aceptación bajo las consideraciones de diseño descritas en el anexo A, de tal forma que se puedan evitar posibles problemas por inyección como se describen en el anexo D. Como tal en la industria, la experiencia y continua observación del diseño de moldes e inyección dan bases para la liberación de un molde de inyección, no obstante la intención de esta sección no es el desarrollo de las consideraciones de diseño para un molde de inyección ni mucho menos el detallado de cada consideración en el diseño del producto ilustrado en la figura 32. La intención es mostrar las principales consideraciones de diseño y utilizar un software computacional para tener un panorama general de la factibilidad de la inyección y manufactura de producto.

Existen muchas consideraciones para liberar una pieza de inyección de plástico a un herramental o molde, nuestro diseño a detalle (figura 32) sólo considera las más importantes.

Para la liberación de una parte plástica a herramental, como diseñador y como apoyo aun moldero o *tool maker*, se deben de garantizar al término del diseño los siguientes análisis computacionales.

1. Definición de desmoldeo y línea de partición.
2. Selección de mejores zonas de colocación de gates.
3. Confianza de llenado de molde.
4. Tiempo de llenado de molde.
5. Variación de temperatura en pieza.
6. Localización de zonas de burbujas.
7. Localización de zonas de rechupes.
8. Localización de zonas frágiles.

Muchos de los análisis son realizados mediante la simulación computacional; claro esta que en el análisis se asume un grado de incertidumbre dependiendo del software a ocupar y de los parámetros de frontera, debido a que el proceso de inyección presenta muchas variables como: temperatura, presión, degradación, fricción entre otras, las cuales se vuelven más complejas con el tiempo denotando problemas aún más complejos.

Como herramienta para el análisis computacional de las partes que conciernen a los alcances de este proyecto, se empleará *Pro Engineer* como modelador de sólidos y herramienta de análisis de superficies, y para la parte de análisis de inyección y simulación de moldeo, se empleará el programa *Moldflow Adviser*.

6.1 DEFINICIÓN DE RESINA.

El inicio de cualquier análisis en partes plástica debe considerar primeramente la definición del material o resina cuya definición se estableció en sección 4.3, la lógica de la mezcla en la sección 4.2.1, y los requerimientos del cliente de la tabla 19, se concluye en la tabla 19 que el grupo de los semicristalinos son nuestra primera opción,

6. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN

no obstante el policarbonado es una segunda mejor opción por los valores tan altos de impacto que puede soportar y en general las propiedades del material.

Tabla 19. Selección de grupo de resina.

	AMORFOS	SEMICRISTALINOS		
	Policarbonato	PBT	Nylon	Acetal
1 Grupo más cercano a la aplicación		X	X	X
2 Factor de temperatura vs costo	X	X	X	X
3 Propiedades mecánicas de tensión	X	X	X	X
4 Propiedades mecánicas de flexión	X	X	X	X
5 Resistencia la impacto	X	X	X	X
6 Propiedades dieléctricas	X	X	X	X
7 Uso relacionado con alimentos	X	X	X	X
8 Resistencia de ataque químico		X	X	X

MEJOR OPCIÓN

Mediante un análisis de selección, utilizando una matriz de selección, tabla 19, se concluye que el material más adecuado para nuestra aplicación es un Nylon 6 > PA6 <. La última consideración considera el costo del material. La relación costo desempeño sitúa al PA6 dentro de un rango intermedio y dentro de los plásticos de aplicación estructural en ingeniería, figura 40. Es importante tener una adecuada selección de material a bajo costo.

El rango de desempeño de ambos polímeros amorfos y semi cristalinos, varían en relación a sus costos.

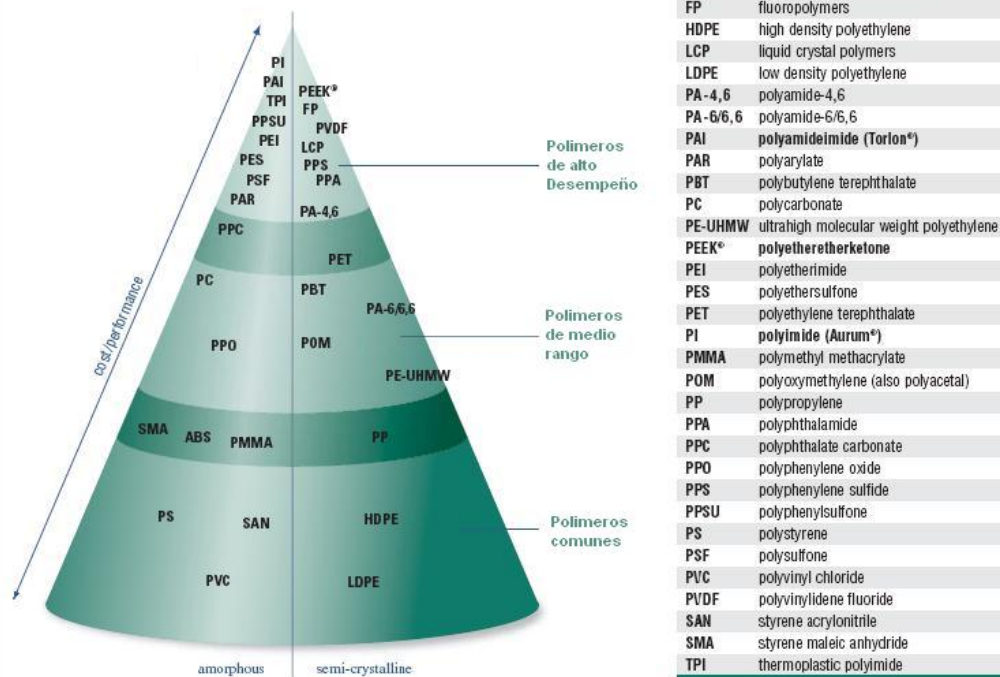


Figura 40. Rango de desempeño vs costo.

6.2 ANALISIS A MANIJA DE LAMPARA

La figura 41 muestra a la manija lámpara, la cual considera los criterios establecidos por Boothroyd [9] para su definición detallada de ensamble, además de consideraciones de diseño para apartes plásticas.



Figura 41. Manija de lámpara a analizar.

6.2.1 DEFINICIÓN DE DESMOLDEO Y LÍNEA DE PARTICIÓN

La línea de partición es de vital importancia en el diseño del molde y del producto, para lo cual se recomienda considerar un análisis visual de las geometrías del diseño y aplicar experiencia previa con partes similares. La línea de partición previo a un análisis personal requiere por lo menos de la identificación de posibles zonas calientes con requerimiento de estabilidad geométrica para situar líneas de enfriamiento, partes del producto con requerimientos de apariencia, zonas estructuralmente rígidas que no comprometan la integridad estructural del producto en su aplicación, zona de posible localización de *gate* y verificación de secciones negativas que obliguen el uso de carros transversales [14]. El uso de carros es muy usual en el diseño de moldes, a pesar de que no se detallarán conceptos de diseño moldes, se mencionarán puntos de interés en la definición del diseño de nuestro producto.

La línea de partición se situará siempre como regla general de forma perpendicular al flujo de inyección proveniente de la boquilla de inyección, Anexo E.

La figura 42 denota el detalle de la inspección visual de sección transversal de la parte considerando la posible dirección de desmoldeo del producto así como la identificación de negativos.

6. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN

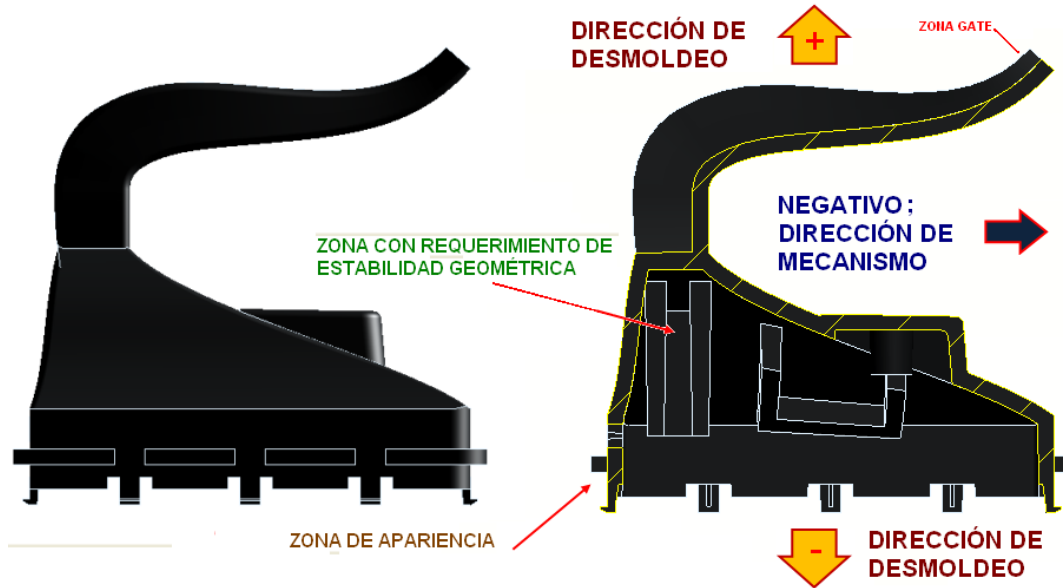


Figura 42. Análisis preliminar de disposición de dirección de desmoldeo, negativos y otros.

La inspección visual de las geometrías de la figura 42, nos dan idea de la línea de partición de la parte así como de la posible zona de localización del *gate* esto con base a partes similares. La figura 43, detallan la línea de partición del molde así como la línea de partición del carro.

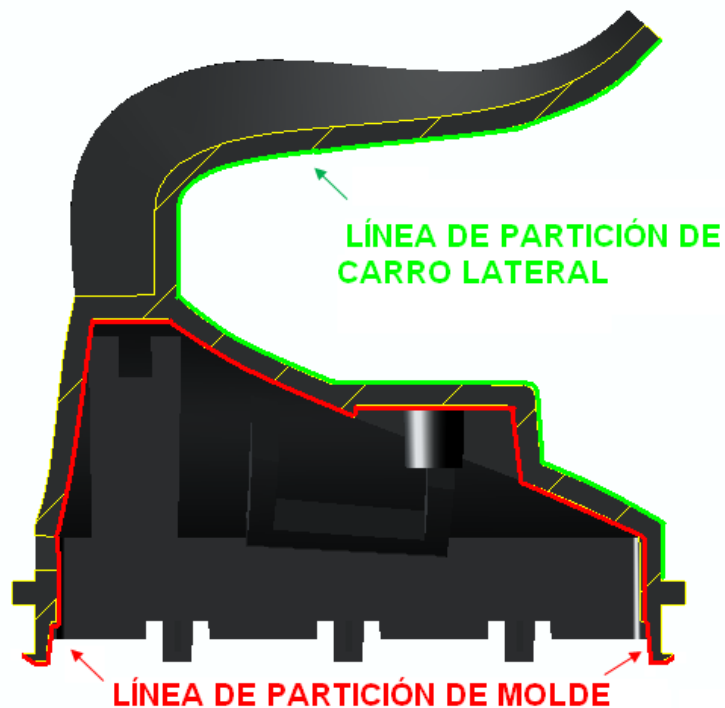


Figura 43. Definición de Línea de partición.

6. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN

La localización de la línea de partición requiere de la perfecta definición de ángulos de desmoldeo para evitar atascamientos. Figura 44.

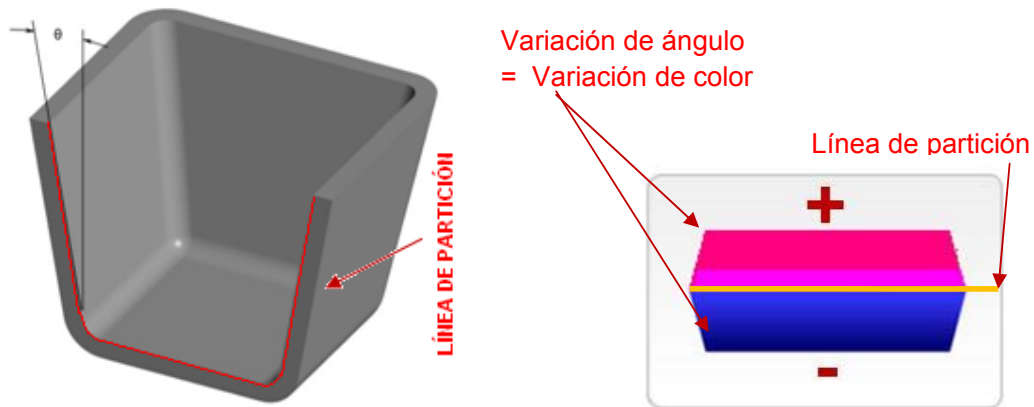


Figura 44. Ángulo de desmoldeo (*Draft*) con base a la línea de desmoldeo.

La variación de los ángulos que presenta el producto con base en la dirección de desmoldeo se pueden verificar mediante un análisis de *drafts*, el cual identifica errores de asignación de ángulos considerando el cambio de la dirección de apertura del molde mediante la visualización del colores de un ángulo + a uno ángulo -. Un ejemplo de visualización de cambios de colores al cambiar de un ángulo + a uno ángulo - se ilustra en la figura 44.

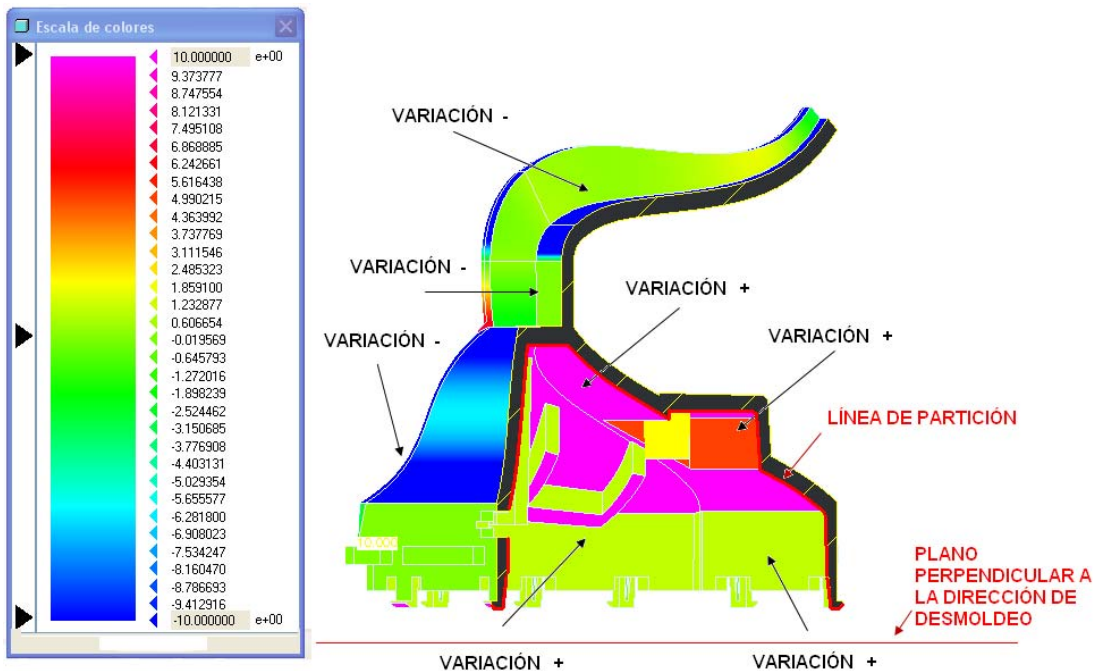


Figura 45. Ángulo de desmoldeo (*Draft*) con base a la línea de desmoldeo.

La figura 45 visualiza la presencia de ángulos positivos y negativos en dos posibles direcciones de desmoldeo, horizontal (dirección de movimiento de carro) o vertical. Cada cara no debe de presentar ángulos contradictorios, es decir superficies

6. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN

con ángulos + en una cara con ángulos - o viceversa. La variación de colores en la imagen central de la figura 46 visualiza la variación de ángulos con referencia a la línea de partición considerando la parte desde sus vistas superior, inferior, lateral derecha y lateral izquierda. -

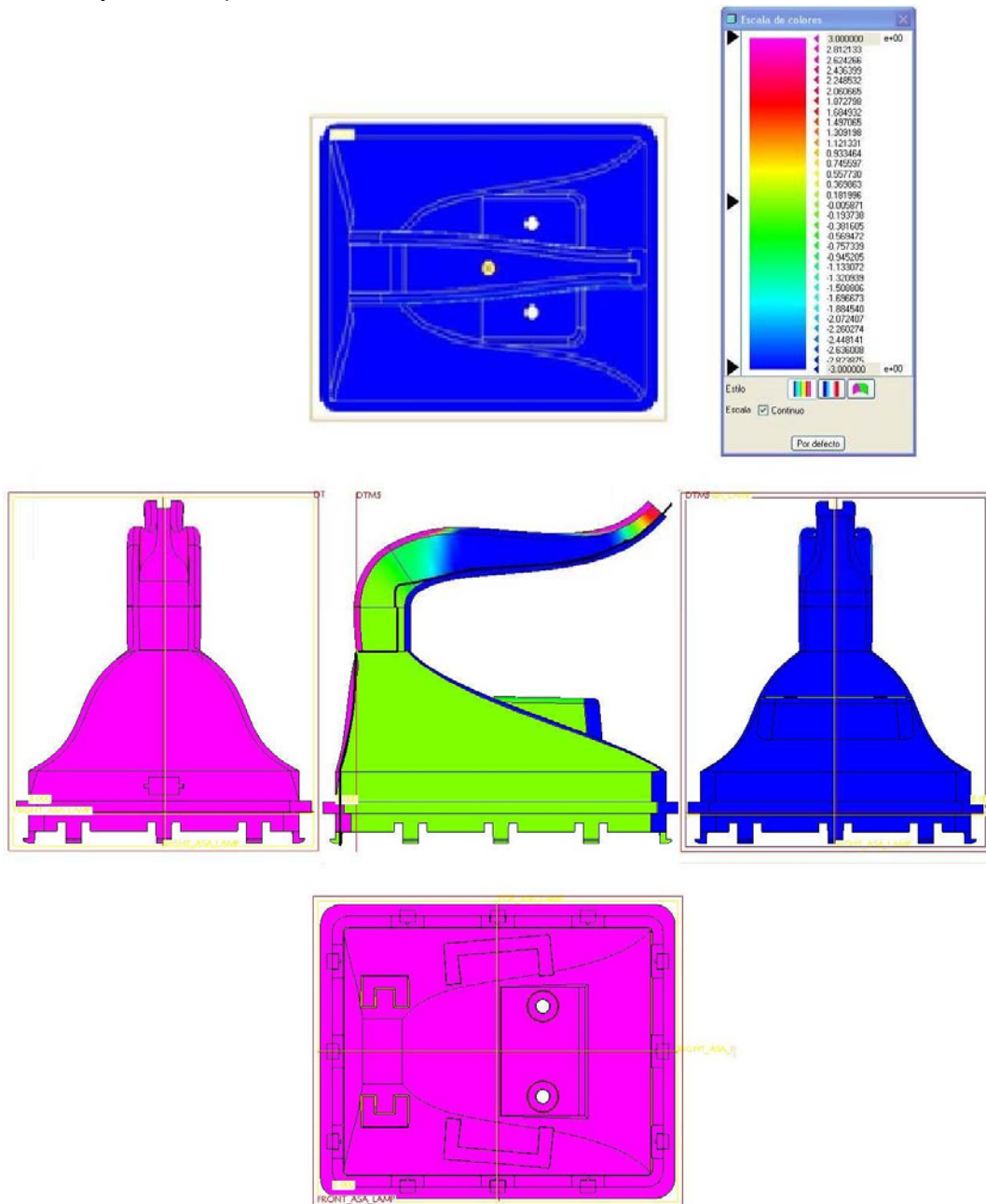


Figura 46. Análisis de desmoldeo de Manija de lámpara.

Debido a que en la figura 46 se observa una sección negativa, es requerido verificar el ángulo que presenta el desmoldeo del carro lateral. Su detallado puede lograrse considerando la dirección de desmoldeo lateral de la parte (dirección horizontal), y verificada mediante proyecciones de sombras generadas por el método de Gauss de proyección de vectores las superficies que podrían desmoldear

6. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN

lateralmente. Los resultados del análisis de la manija en la figura 47, detallan la parte que podrían desmoldear al movimiento del carro.

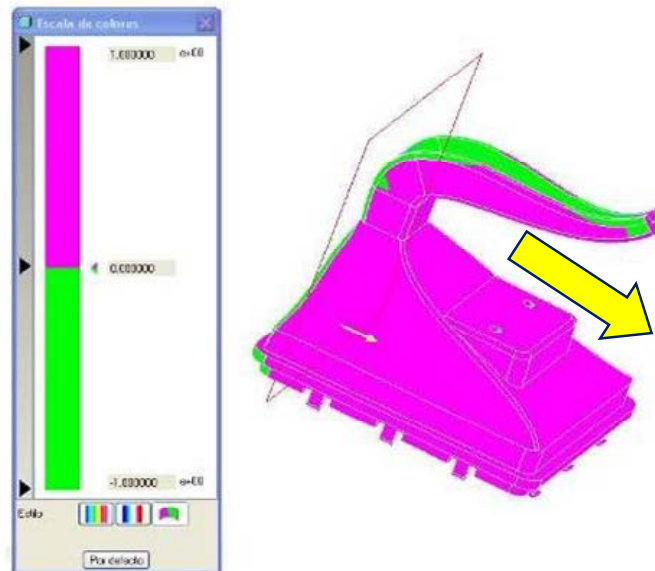


Figura 47. Análisis de línea de partición a Manija de lámpara

6.2.2 MEJORES ZONAS DE COLOCACIÓN DE GATES.

Éste análisis ratifica la zonas de resistencia al flujo mínima. Por lo general las zonas cercanas a la línea de partición deben de considerar la menor resistencia al flujo, lo cual es ideal para localizar *gates* de inyección. Figura 48.

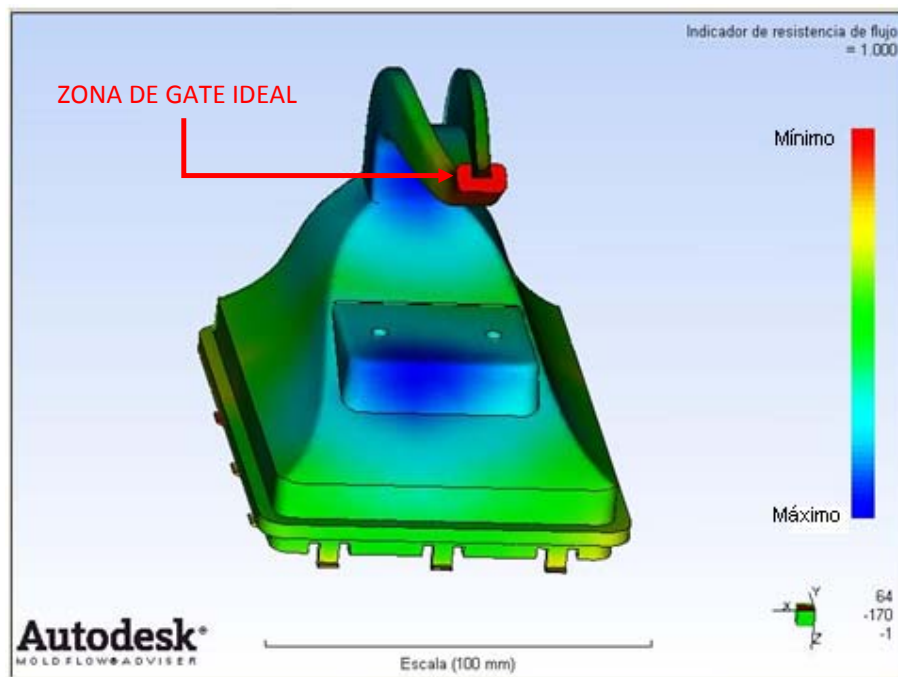


Figura 48. Mejor zona de gate de la manija lámpara

6. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN

6.2.3 ANÁLISIS DE CONFIANZA DE LLENADO.

Este análisis es importante para denotar que la selección mínima de requerimientos de material, consideraciones de diseño se cumplen para poder llenar la cavidad de nuestra parte a inyectar. Figura 49.

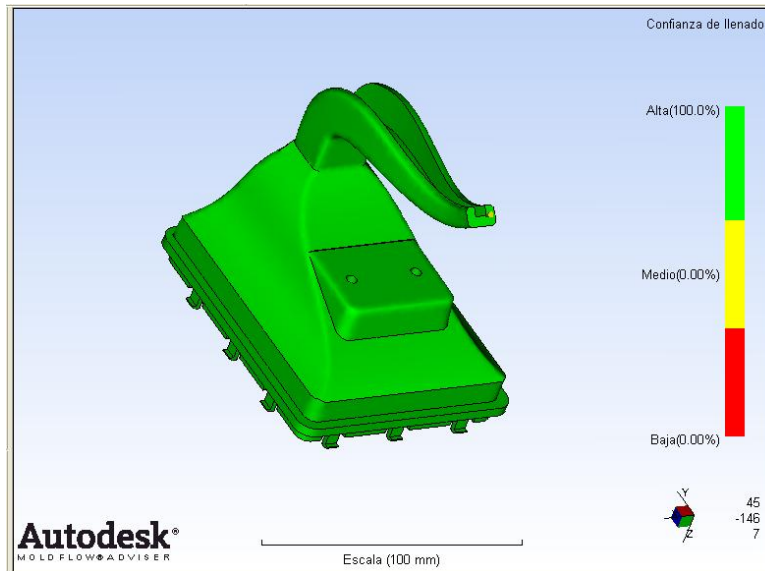


Figura 49. Llenado apropiado de cavidad de la manija.

6.2.4 ANÁLISIS DE TIEMPO DE LLENADO

Es indispensable considerar que la pieza se debe de llenar en el menor tiempo posible manteniendo la calidad de la misma, es un buen indicador el tiempo de llenado al migrar de un material similar a otro, porque indica las posibles variaciones al proceso. Además las zonas de mayor tiempo son zonas de posibles imperfecciones. La figura 50, detalla en tiempo aproximado con zonas finales de llenado y enfriamiento.

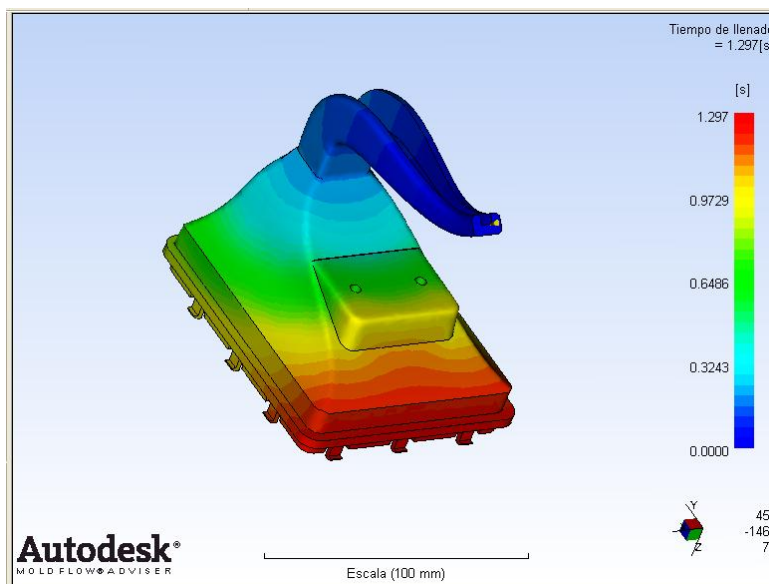


Figura 50. Tiempo de llenado de manija apropiado.

6. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN

6.2.5 ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE TEMPERATURA EN PIEZA

Es un buen indicador el localizar zonas de variación de temperatura en la pieza, debido a que el diseño del molde considera líneas de enfriamiento, las cuales podría pasar por estas zonas o por secciones críticas de para la calidad del producto. Figura 51.

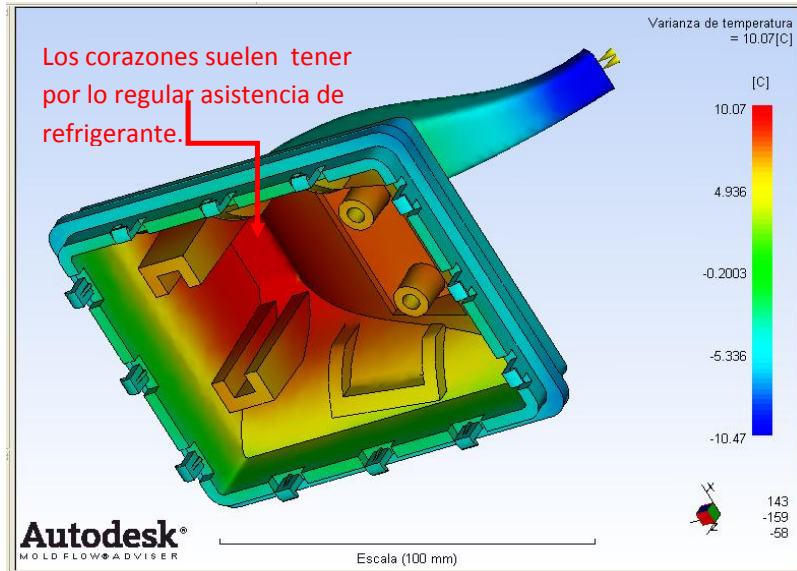


Figura 51. Variación de temperatura en cavidad.

6.2.6 LOCALIZACIÓN DE ZONAS DE BURBUJAS

Existen zonas en las cuales arrastran aire y suelen ser por lo regular los extremos finales del flujo de inyección, éstas zonas por lo regular deben considerar respiraderos o rebosaderos para liberar burbujas y evitar posibles imperfecciones, sobre todo en los *snaps*. Figura 52.

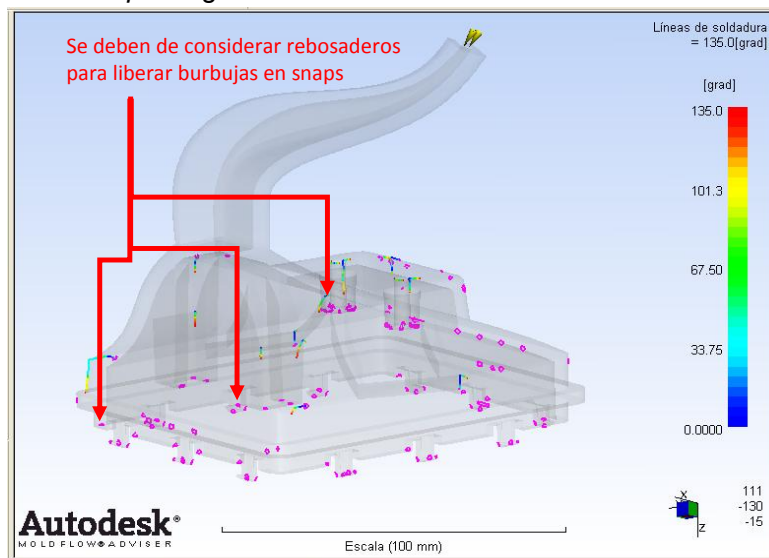


Figura 52. Zonas de localización de burbujas.

6. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN

6.2.7 LOCALIZACIÓN DE ZONAS DE RECHUPES

Los rechupes suelen ser muy importantes cuando afectan a las dimensiones críticas para el ensamble o funcionamiento del producto, si no afecta la apariencia y los críticos solicitados por el cliente, las zonas de rechupe pueden ser aceptados. Figura 53.

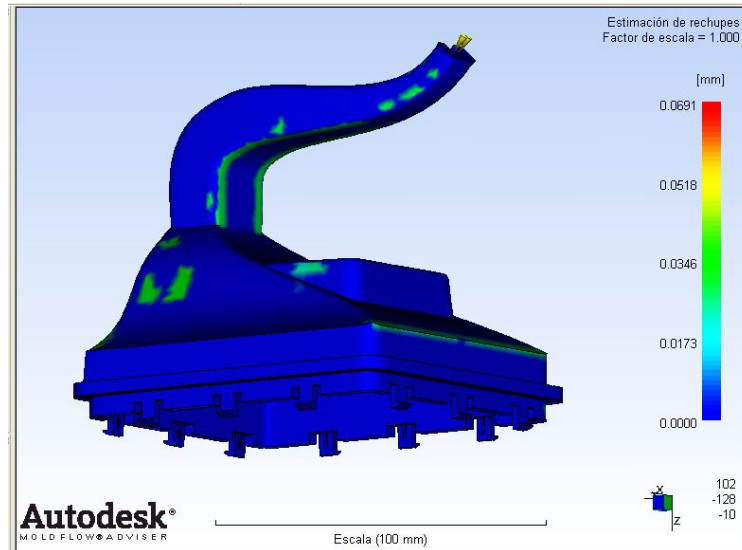


Figura 53. Zonas de localización de contracción.

6.2.8 LOCALIZACIÓN DE ZONAS FALLA MECÁNICA

Existen más análisis a considerar, pero una muy importante es la zona de localización de líneas de soldadura con burbujas, debido a que son zonas de concentraciones de esfuerzos que podrían ocasionar fallas a pesar de un análisis estructural confiable. Figura 54.



Figura 54. Zonas de localización de zona de posible falla mecánica.

6. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN

La figura 55 ilustra la disposición de la parte a inyectar en el molde, la ubicación por requerimiento de la zona de enfriamiento, la disposición del *gate & runner* así como el sistema mecánico de dos movimientos por placa de desmoldeo, ver Anexos E y Anexo F. No se detalla cada aspecto porque no es el objetivo de esta tesis.

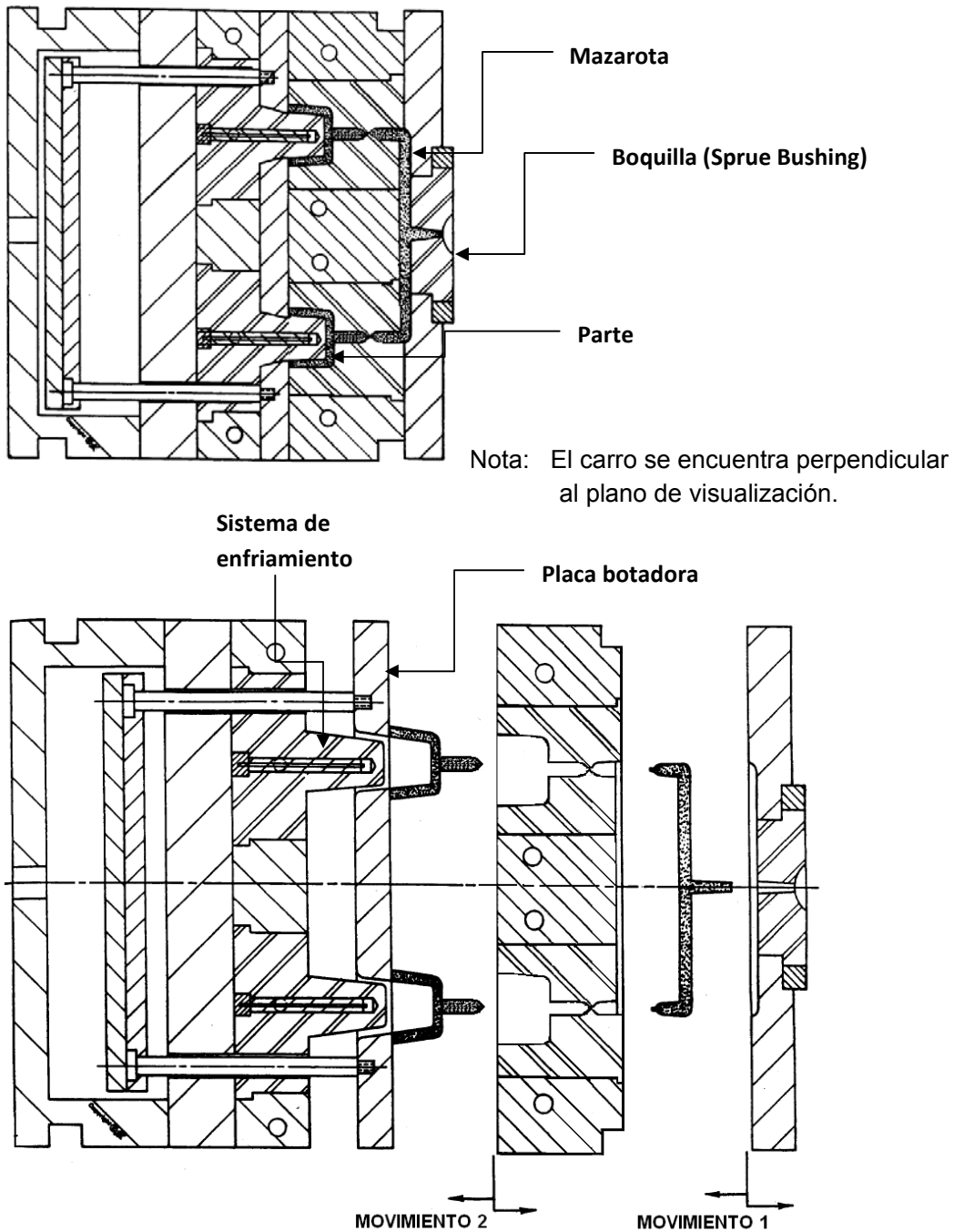


Figura 55. Sección transversal de molde.

6.3 ANALISIS SIMILARES EN PARTES RESTANTES

Los restantes en las otras tres partes son similares. No existen problemas de desmoldeo y se identifica de forma detallada la línea de partición.

Cada uno de los análisis realizados en la sección previa, fueron realizados en cada una de las cuatro piezas y la intención es no mostrar análisis repetidos.

6.3.1 DEFINICIÓN DE DESMOLDEO Y LÍNEA DE PARTICIÓN.

6.3.1.1 CÁSCARA DIFUSOR

La figura 56 muestra la parte en relación al análisis.



Figura 56. Cáscara difusor.

El resultado al desmoldeo y línea de partición de la cáscara difusor se muestra en la figura 57 y la figura 58.

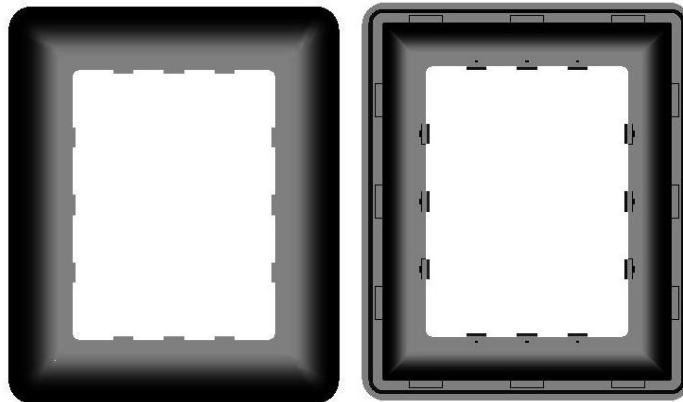


Figura 57. Cáscara difusor vista frontal y posterior.

6. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN

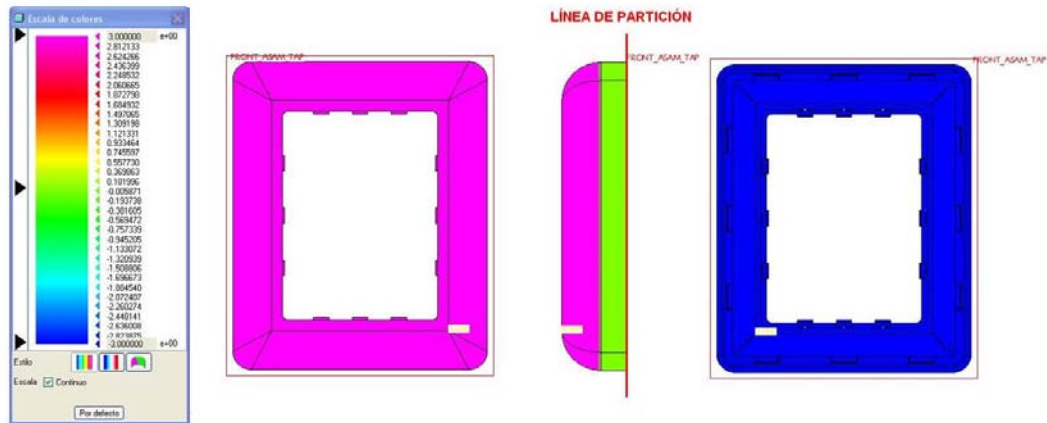


Figura 58. Análisis y definición de línea de partición.

6.3.1.2 TAPA SUPERIOR DE ALOJAMIENTO LÁMPARA

El resultado al desmoldeo y línea de partición de la tapa superior se muestra en la figura 59.



Figura 59. Análisis y definición de línea de partición.

6. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN

6.3.1.3 TAPA INFERIOR DE ALOJAMIENTO LÁMPARA

El resultado al desmoldeo y línea de partición de la tapa inferior se muestra en la figura 60.

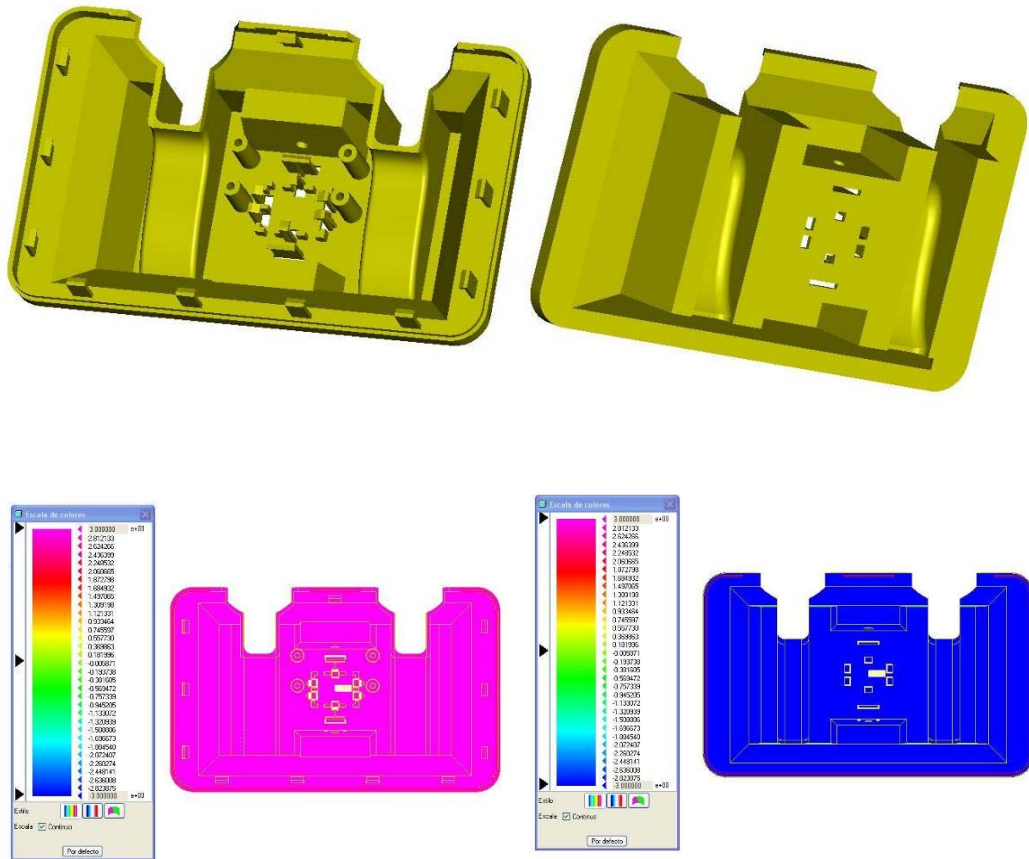


Figura 60. Análisis y visualización de línea de partición.

7. CONCLUSIONES

- Mediante la metodología descrita en la sección 3, se concluye plena factibilidad del proceso de diseño del producto a fin del tema de tesis, cuyo desarrollo está relacionado con la metodología de plataformas de productos modulares.
- Como tal, la finalidad de esta tesis no era el expandir una metodología de diseño para manufactura modular, no obstante debido a la intensión del diseño y la expectativa de negocio, dio pie al desarrollo de una nueva teoría modular, cuyo resultado se denota en la publicación en la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica (SOMIM), del artículo DISEÑO MODULAR DE PRODUCTOS MEDIANTE LA MATRIZ DE DISEÑO ESTRUCTURAL, A_210.
- Mediante las consideraciones de diseño del ANEXO C y consideraciones de principales problemas en el proceso de inyección, ANEXO D, los resultados plasmados en el modelado del producto y planos de partes no estándar para su inyección, se tiene plena factibilidad del desarrollo de un concepto de lámpara innovadora con sistema de suministro independiente de energía.
- Sin duda la selección del proceso de inyección para partes no estándar fue la mejor opción para la manufactura del producto para camping.
- Las pruebas relacionadas a los requerimientos no se han definido debido a que aun no se ha implementado normatividad que relacione requerimientos de desempeño y seguridad del producto con base a su aplicación, no obstante se ha considerado el uso de materiales con aplicaciones similares de productos portátiles.
- El arreglo de la matriz DSM a una forma triangular inferior agrupa la mayor cantidad de componentes con relaciones definidas por los motivos del negocio, interfaces funcionales, DFM & DFA, relaciones lógicas de los componentes, la sensibilidad de las especificaciones al cambio entre otros.
- Se observa una repetida relación entre los valores de sensibilidad de las especificaciones al cambio con el módulo del tipo transferible, de tal forma que cuando los valores de sensibilidad son nulos indican que futuros cambios NO son considerados y es algo ideal para este controlador.
- Se observa que la selección de un controlador también podría ser cambiada al momento de ver los componentes relacionados en la matriz DSM retroalimentada, la idea es identificar los componentes con diferentes tipos de controladores de módulos y definir que controlador deslumbra mejor aportación al negocio, lo único que hay que considerar son los posibles cambios en los controladores que el negocio como tal definió en un principio y sobre todo ver la lógica tras su cambio.
- La mayor cantidad de plástico se encuentra en las estructuras donde se alojan módulos o subensambles
- Al menos tres cuartas partes de los componentes que integran módulos o subensambles presentan mezclas de otros materiales, lo cual denota deficiencia en el diseño para reciclaje en dichos componentes, no obstante las estructuras que los alojan son del mismo material lo cual es idea para el reciclaje.

7. CONCLUSIONES

- El uso de métodos de desmontaje favorece la separación e identificación de partes del mismo material con factibilidad a reciclarse.
- El uso de *snap*s favorece el ensamble y desmontaje, pero la lógica del diseño con *snap* no favorece el desempeño del producto a impactos, para lo cual se recomienda el integrar mamelones para recibir tonillo de ensamble.
- La mezcla de componentes se ve favorecida por el uso de *snap*s de sujeción o mamelones que ayudarán a la fácil separación, identificación y desmontaje de partes plásticas estructurales de alojamiento, cuyo detalle se puede apreciar en la figura 64. La definición de *snap* como medio de sujeción a favor del reciclaje se definió con base a la tabla 3.

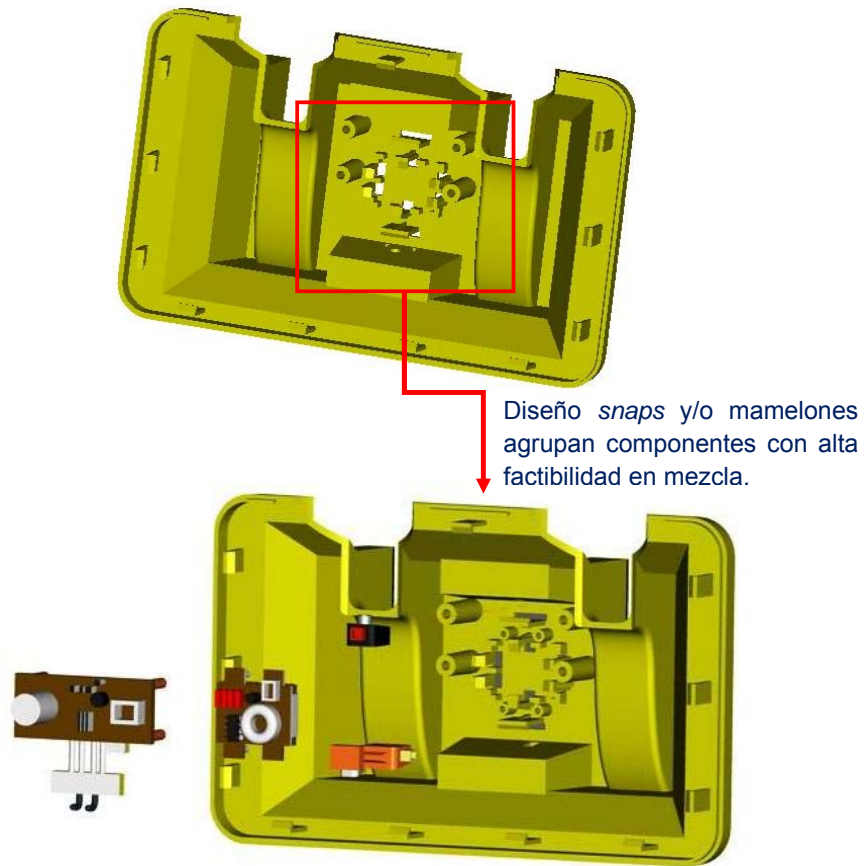


Figura 61. Diseño de *snap* favorece identificación, separación de módulos y subensambles

- Como resultado de la sección 6.1 y la definición de material en la sección 4.3, se agrega la codificación de material a reciclar en estructuras de alojamiento manufacturadas por moldeo por inyección de plásticos. Ver figura 62.

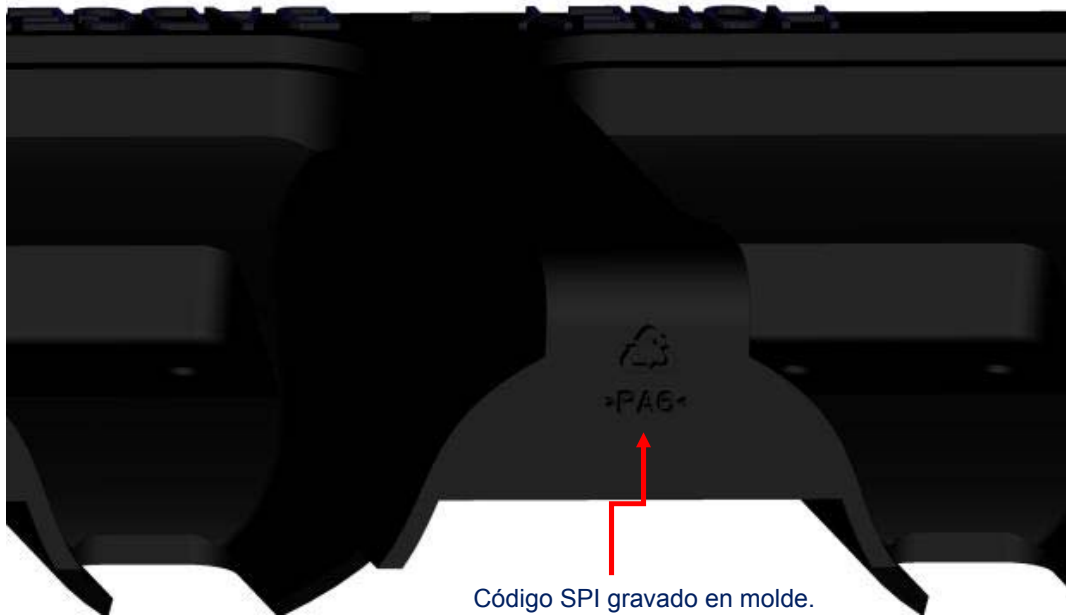


Figura 62. Codificación SPI de PA6.

- Se recomienda realizar más casos de estudio para validar la contribución a la metodología presentada.
- El desarrollo de la lámpara con suministro de energía independiente requiere de una segunda etapa de estudio de mercado y retroalimentación del usuario más detallada para detectar atributos y desventajas, los cuales darán propuestas de a modificaciones previas a la liberación del diseño final.

8. REFERENCIAS

- [1] Zenteno Claudio & Vicente Borja, "Modular Product Platforms Design through Structure Matrix Design Integration." SOMIM: A1-210, 2010.
- [2] Eppinger S. A Model-Based Method for Organizing Task in Product Development, Research in Engineering Design. 1994.
- [3] Karl T. Ulrich & Steven D. Eppinger, "Diseño y desarrollo de productos"; Cuarta Edición, Mc Graw Hill, 1999.
- [4] Gerardo Pérez, Joaquín Loaiza, Leslie M. Riveros, Vicente Borja, "DISEÑO CONCEPTUAL DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED-FOTOVOLTAICO", memorias del XV congreso internacional anual de la SOMIM 23 al 25 de septiembre, 2009 Cd. Obregón, Sonora. México
- [5] Loaiza Joaquín. Juegos los de Innovación. (Maestría en ingeniería). México DF. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria. 2010
- [6] Anna Ericsson, MSc & Gummar Erixson, Ph.D, "Controlling design Variants"; Society of Manufacturing Engineers, SME, N.Y., 1999.
- [7] Ulrich K. The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm. Research policy. 1995.
- [8] Edward B. Magrab, Integrated Product and Process Design and Development: The Product Realization Process, CRC Press, Boston, 1997.
- [9] Geoffrey Boothroyd, "Product Design for Manufacture and Assembly"; Revised and Expanded, Taylor&Francis Group, N.Y., 2002, pp. 86-92, 125-128.
- [10] Ali K. Kamrant, Ph.D & Sa'ed M. Salhieh, Ph.D., "Product Design for Modularity"; Segunda Edición, Kluwer Academic Publishers, KAP, 2002.
- [11] Kevin Otto & Kristin Wood, Product design: Techniques in Reverse Engineering and New Product Development, Prentice Hall, New Jersey, 2001.
- [12] Geoffrey Boothroyd, "Product Design for Manufacture and Assembly"; Revised and Expanded, Taylor&Francis Group, N.Y., 2002, pp. 86-92, 125-128.
- [13] Martin - Mark Valenton. Design for Variety: A Methodology for Developing. Product Platform Architectures. Tesis (Doctorado en filosofía). Universidad de Stanford. 1999.
- [14] E. Alfredo Campo, "The Complete Part design Handbook: For Injection Molding of thermoplastics" Hanser, Munich, 2006.
- [15] Paul R. Bonenberger, "The First Snap-Fit Handbook: Creating and Managing Attachments for Plastic Parts" "2nd Edition, Hanser, Munich, 2006.

8. REFERENCIAS

- [16] Kreith, F. y Bohn, M.S. (2009). Bayer. Design guide for recycling, Bayer company http://plastics.bayer.com/plastics/emea/en/product/bayblend/docId-2068/MS_00035221.pdf?docPart=0 [Fecha de acceso: junio de 2009].
- [17] Sabic design, Inc., 2006. The designer's field guide for recycling, GE plastic <http://www.sabic-ip.com/gepapp/Plastics/global/jsp/IdesTools/ideslanding.jsp> [Fecha de acceso: mayo de 2009].
- [18] Borja, V., Agogino, A.M., Beckman, S.L., López, M., Shedroff, N., Ramírez, A.C. (2008). Curso de Diseño para Sustentabilidad: caso de estudio de enseñanza multidisciplinaria y binacional, XIV Congreso Internacional Anual de la SOMIM 2008, Septiembre 17-19, 2008, Puebla, Pue., México.
- [19] Agogino, A.M., Beckman, S.L., Borja, V., y Shedroff, N. (2008b). Syllabus of the course ME 290P-1, MBA 290N-2, y CCA UDIST-300-14, Managing the New Product Development Process: Design Theory and Methods, University of California, Berkeley, U.S.A.
- [20] Comisión Federal de Electricidad. (2010). Tarifa H-S (2009-2010) [Online]. (Última fecha de actualización: 1 de julio de 2010). Disponible en: <http://www.cfe.gob.mx/negocio/conocetarifa/Paginas/Tarifas.aspx>. [Fecha de acceso: julio de 2010].
- [21] Free Patents Online. Search Patents. [Online]. Disponible en: <http://www.freepatentsonline.com/search.html> [Fecha de acceso: mayo de 2009].
- [22] Gómez, L. et al. (2009). Diseño de nuevos productos con un enfoque orientado al usuario, XV Congreso Internacional Anual de la SOMIM 2009, Septiembre 23-25, 2009, Cd. Obregón, Sonora, México.
- [23] Kenneth, J.A. (2004). Phillip's science of dental materials. 11a ed. España: Elsevier.

ANEXO A

METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN MODULAR (MFD)

El método MFD propuesto por Ericsson & Erixon (1999) incluye el uso de cinco pasos para realizar el despliegue modular de un producto.

1. Definición de requerimientos del cliente.
2. Selección de soluciones técnicas.
3. Generación de conceptos de módulos.
4. Evaluar conceptos de módulo.
5. Mejora del concepto de módulo.

El método MFD es un estructurado método de apoyo a una empresa con el objetivo de encontrar el diseño del producto modular óptimo, tomando en consideración las necesidades específicas de la compañía, además es aplicado a una completa gama de productos y es muy exitoso cuando es implementada por un equipo de proyecto interdisciplinario [1].

Ericsson & Erixon (1999) introducen la matriz de indicación de Módulo (MIM), figura 63, en la generación de conceptos de módulos para identificar la relación de las soluciones técnicas del producto con un concepto nombrado por Ericsson & Erixon (1999) como: *Controladores de Módulo*, en los cuales se encuentra la estrategia corporativa de la compañía con la definición de plataforma modular y el completo ciclo de vida del producto.

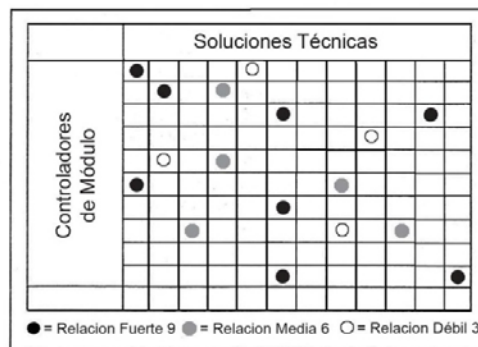


Figura 63. Matriz de indicación de Módulos MIM.

Controladores de Módulo

Los resultados positivos de la modularización descritos en un principio son, por supuesto, la razón del porque las compañías querían modularizar sus productos. Esto no es, sin embargo, fácil el trasladar objetivos de una compañía en líneas directivas para diseño de productos. No obstante, un número de fuerzas controladoras para la modularización dentro del producto pueden ser identificadas. Dichas fuerzas son nombradas: *Controladores de Módulos* [1].

Los controladores de módulos han sido identificados a través del análisis de un gran número de casos de estudio. Ellos son el resultado de 5 años de trabajo de investigación de Ericsson & Erixon (1999) en el Instituto de Producción de Investigación en Ingeniería de Suecia y del Instituto Real de Tecnología en Ingeniería de Estocolmo.

Los controladores de módulo cubren el completo ciclo de vida de un producto y pueden estar ligados a diferentes funciones de una compañía como se muestra en la tabla 20.

La integración de los controladores con las soluciones técnicas, dan como resultado la integración al diseño del producto los requerimientos del cliente; incorporando una estrategia de la compañía y el completo ciclo de vida del producto.

Tabla 20. Controladores de Módulo.

DESARROLLO DE PRODUCTO Y DISEÑO	<ul style="list-style-type: none"> • TRANSFERIBLE • EVOLUCIÓN DE TECNOLOGÍA • CAMBIOS DE PRODUCTO PLANEADO
VARIACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • DIFERENTE ESPECIFICACIÓN • ESTILIZACIÓN
PRODUCCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • UNIDAD COMÚN • PROCESO Y/O ORGANIZACIÓN
CALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • SEPARAR PRUEBAS
COMPRAS	<ul style="list-style-type: none"> • DISPONIBLE DE PROVEEDORES
POST VENTAS	<ul style="list-style-type: none"> • SERVICIO Y MANTENIMIENTO • ACTUALIZACIÓN • RECICLAJE

Proceso del Despliegue de la Función Modular (MFD).

Para realizar el proceso del MFD, el primer paso es asegurar que los requerimientos de diseño sean los correctos y que sean derivados de las demandas del cliente. Las propiedades del producto deben poder satisfacer las demandas del mercado en el presente y futuro que son definidas por análisis de competencia y requerimientos del cliente.

En el segundo paso, las funciones que cumplen las demandas y sus soluciones técnicas correspondientes son identificadas. Podría haber varias soluciones técnicas para cumplir una función específica, pero sólo las más apropiadas soluciones técnicas con relación a las necesidades de cliente y otros criterios relevantes de la compañía son seleccionadas. El uso de matrices de selección o Pugh son utilizadas, figura 64.

Soluciones y conceptos Técnicos	Criterio de Evaluación							Sum -	Sum +
	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3						
Alternativa A	+	-	+	-	+				
Alternativa B	+	+	-	-	-				
	Referencia								

Figura 64. Matriz de selección.

En el tercer paso, el corazón en el método del MFD; las soluciones técnicas son analizadas considerando sus razones y/o motivos para ser módulos. El resultado de

los primeros dos pasos del método MFD son indispensables para dar soporte a la selección de módulos como estrategia corporativa mediante una matriz de indicación de módulos MIM, figura 65.

		TOTAL		84	55	18	57	18	46	18	30	42	41	27	27	
6	TRANSFORMADOR			●	●											
7	CONVERSOR AC-DC			●	●											
14	SWITCH			●	●											
23	REGULADOR DE VOLTAJE			●												
9	SENSOR DE TEMP.			●	●											
13	CABLES			●												
16	CONECTORES			●												
20	LENTE			●												
11	DISPLAY			○	●	●	●									
12	MICRO CONTROLADOR			●	●	●	●									
SOLUCIÓN TÉCNICA CONTROLADORES DE MÓDULO		DESARROLLO DE PRODUCTO Y DISEÑO	TRANSFERIBLE													
			EVOLUCIÓN DE TECNOLOGÍA													
			CAMBIO PLANEO													
		VARIACIÓN	DIFERENTE ESPECIFICACIÓN													
		PRODUCCIÓN	ESTILIZACIÓN													
		CALIDAD	UNIDAD COMÚN													
		COMPRAS	PROCESO Y/O ORGANIZACIÓN													
			SEPARAR PRUEBAS													
			DISP. DE PROVEEDORES													
		POST VENTAS	SERVICIO Y MANTENIMIENTO													
	ACTUALIZACIÓN															
	RECICLAJE															
	TOTAL			51	16	37	12	9	22	4	15	27	9			

● Relación Fuerte (9) ● Relación Media (3) ○ Relación Débil (1)

Figura 65. Matriz MIM con selección de controladores.

Posteriormente se presentan los resultados normalizados (figura 66) de todos los controladores con las soluciones técnicas asociadas y con base al número de partes del producto, se identifica el número de módulos a desarrollar mediante la ecuación 2; considerando como primera opción, tiempos de operación para partes de aproximadamente 10 s, y un promedio final de operación de ensamble entre módulos entre 10 y 50 s., el número de partes a ensamblar del producto indicará el número de operaciones de ensamble [1].

$$N_{\text{Módulos}} = \sqrt{N_{A_0}} \quad (2)$$

donde :

$N_{\text{Módulos}}$ = Número de Módulos .

N_{A_0} = Número de Operaciones de ensamble .

El valor resultante de la ecuación 2 corresponderá al número de módulos a realizar. La selección de los controladores a desarrollar, será con base a la ecuación 2, seleccionando los controladores mejor ponderados en la matriz MIM (figura 65), detallados en los resultados normalizados de los controladores, figura 66.

En el cuarto paso, conceptos de módulos son generados y las relaciones de interface de los módulos derivados son evaluadas (figura 67), pronósticos económicos son realizados y los efectos de la modularización se calculan.

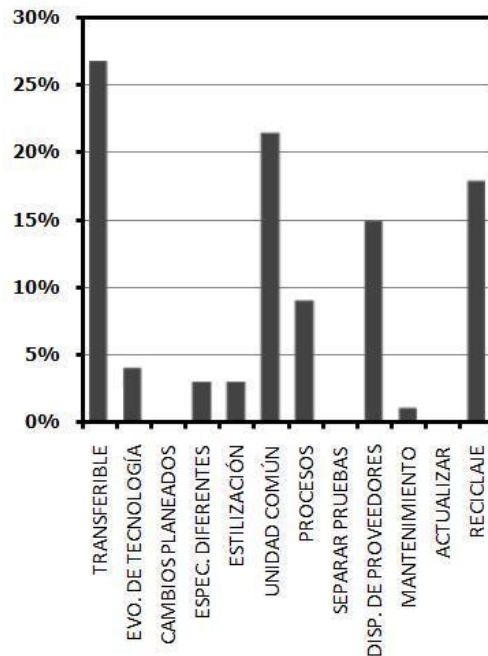


Figura 66. Datos de matriz MIM Normalizada.

En el quinto paso, una especificación es establecida por cada módulo. La especificación contiene información técnica acerca del módulo también como los objetivos de costo, desarrollo planeado, descripción de variantes, etc. Desde aquí en adelante, el concepto modular puede ser mejorado por medio de enfocarse separadamente en cada módulo. Dependiendo de las características del módulo, herramientas tales como diseño para Manufactura & Ensamblabilidad (DFAM) pueden ser exitosamente aplicadas [16].

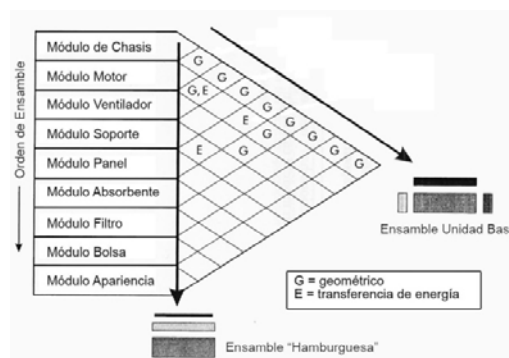


Figura 67. Definición de interface entre módulos.

La presentación del método del MFD viene detrás de una manera de trabajar ideal desde el paso uno hasta el cinco del proceso del diseño de plataformas modulares [1].

ANEXO B

DIAGRAMAS DE ESTRUCTURAS DE FUNCIONES

Ejemplos de diagramas de estructuras de funciones relacionados a posibles subfunciones del producto.

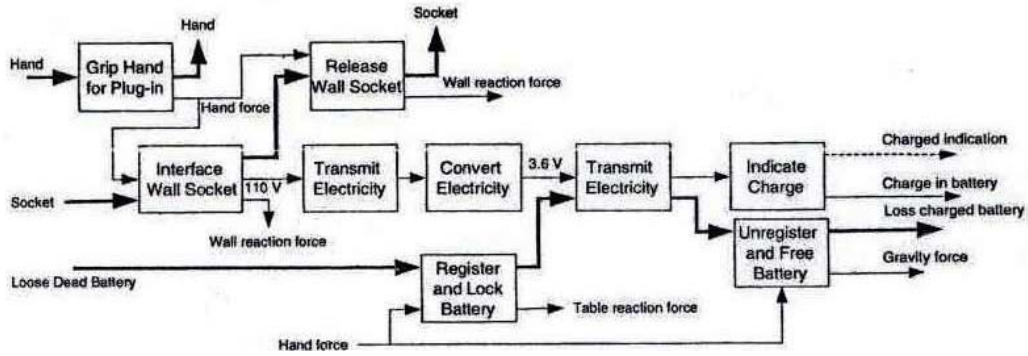


Figura 68. Función estructura para un cargador de batería.

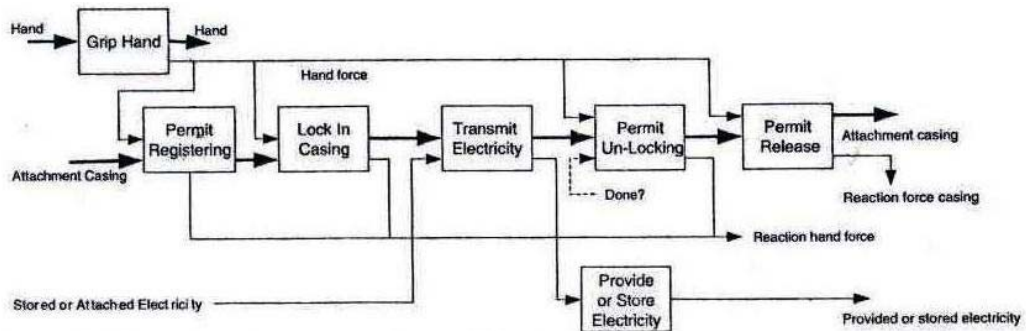


Figura 69. Función estructura para una batería.

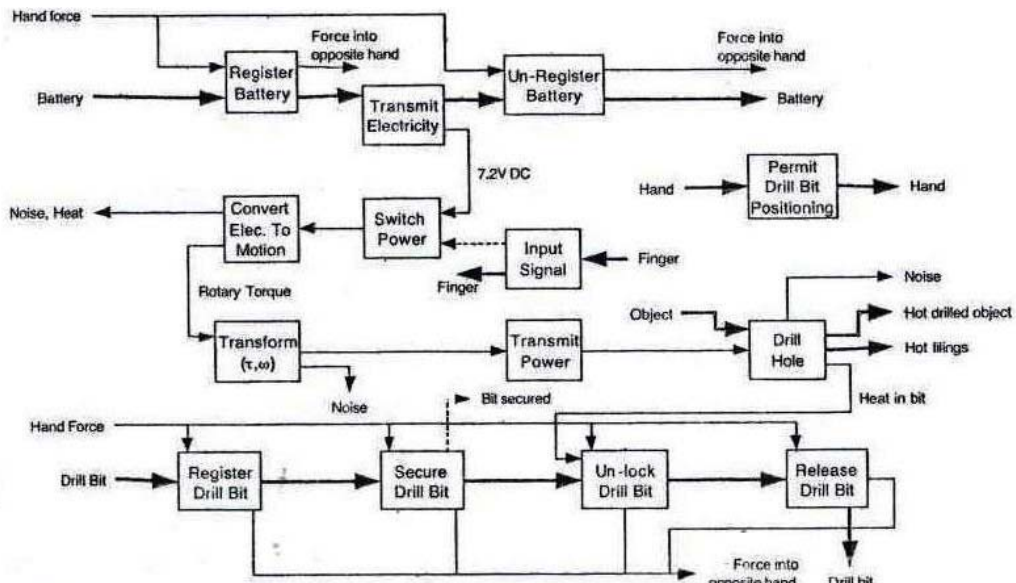


Figura 70. Función estructura para un taladro inalámbrico.

ANEXO C

DISEÑO PARA INYECCIÓN

Existe una gran cantidad de consideraciones de diseño que pueden variar dependiendo del elemento a diseñar, debido a la complejidad del diseño en las partes plásticas. El diseño de partes plásticas es muy extenso, no obstante existen considera de diseño esenciales en cualquier producto así como posibles problemas de inyección a contemplar previo al diseño de un producto. Es de suma importancia que se contemplen las principales consideraciones que se presentan en la mayoría de las partes diseñadas para inyección así como las posibles causas de problemas de inyección como sus efectos para considerar acciones de diseño o manufactura en el desarrollo de nuevos productos.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA INYECCIÓN

a. Espesores de pared.

El espesor de las paredes debe de ser constante, las secciones no uniformes pueden causar problemas. En la figura 71, se recomienda adelgazar espesores de pared para evitar posibles problemas de contracción, huecos internos o distorsión. La forma ideal del producto en zonas con alta concentración de masa es la tipo cáscara (*Shell*).

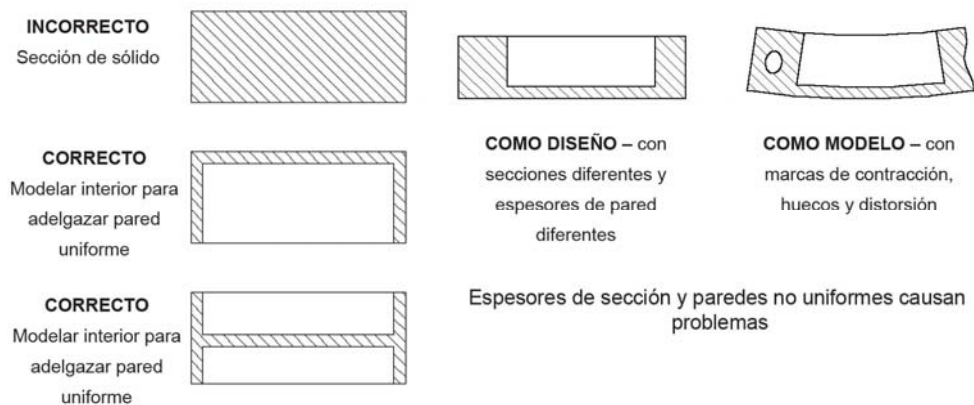


Figura 71. Formas sólidas deben ser rediseñadas como cáscaras.

b. Esquinas.

Las esquinas deben de tener el cambio de sección más suave posible para facilitar la fluidez del plástico en su inyección y evitar zonas de concentración de esfuerzo o de imperfecciones. En la figura 72, se denota la mejor relación de cambios de sección en función del espesor t de la sección.

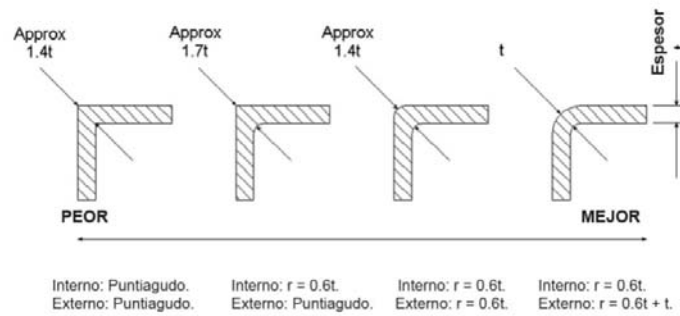


Figura 72. Buen y mal diseño de aristas.

Los radios bajo carga deben considerar una relación de esfuerzo en función del espesor (t), la carga (L) y el radio (r) en las zonas de concentración de esfuerzos. La relación de espesor y radio es vital para la consideración de actores de seguridad en la parte plástica. La figura 73 denota el caso más típico de una carga empotrada con una carga en el extremo opuesto al apoyo.

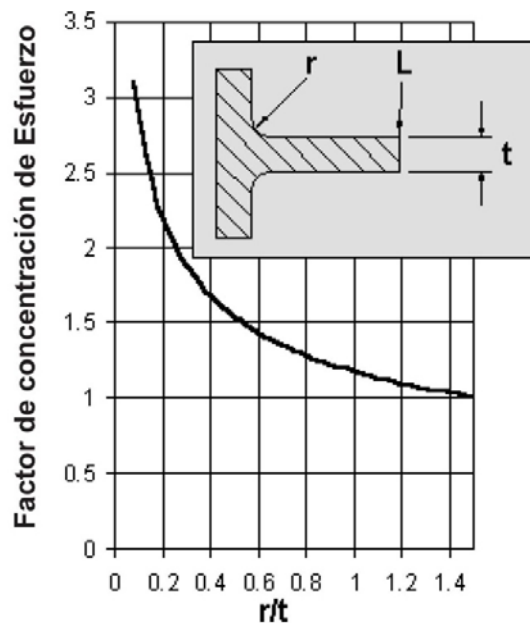


Figura 73. Factores de concentración de esfuerzos para cargas en cantiléver.

Existen condiciones en donde las cargas están relacionadas con esfuerzos en función del espesor, longitud, altura, etc. Los análisis más comunes, así como sus límites de fronteras y especificaciones pueden ser citados en el *Hand Book* de diseño de partes plásticas [14] para el análisis particular. En la industria dedicada al diseño el análisis estructural y las consideraciones de diseño son realizados mediante análisis de Elemento finito vía Software.

c. Costillas (Ribs).

El uso de costillas es muy común en cualquier parte diseñada para plásticos, tienen muchas funciones, tales como: rigidizar zonas con menor cantidad de material, distribuir masa, homogenizar secciones, situar alojamientos para tornillos (*bosses*) entre otras. Las partes de una costilla son: altura de costilla, espesor de costilla (w), espesor de alimentación o de corazón de costilla (D), radio de costilla (r), ángulos de desmoldeo (*drafts*), Fondo de costilla (H) y el espesor de pared de sección (t). Fig. 74

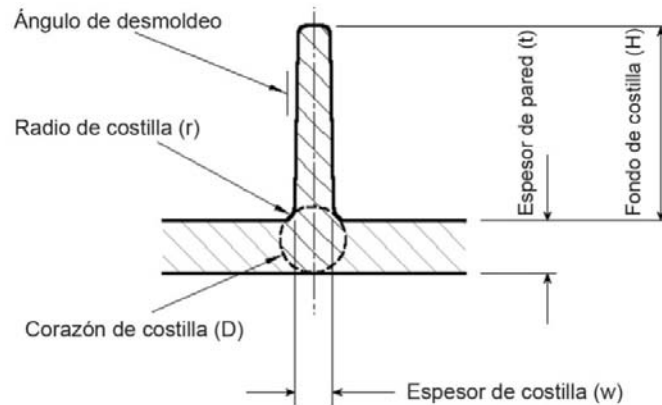


Figura 74. Sección de espesor de corazón de costilla.

La importancia en las dimensiones de las costillas, radica en la relación que tienen entre ellas para favorecer la fluidez del plástico en la inyección y minimizar problemas comunes después del moldeo. Existen muchas consideraciones en el diseño de costillas, no obstante al menos en una costilla se debe de cuidar la relación del espesor del corazón de la costilla relativo con su espesor de pared (D/t) y su relación con el espesor de la costilla relativo con el espesor de pared (w/t). Dicha relación es muy importante debido a que entre mejor relación entre (D/t) y (w/t) se pueden identificar los mejores radios de costilla (r) ideales que eviten problemas en la inyección y pos inyección. La figura 75 indica la relación de incremento del espeso de corazón de costilla satisfactoria y su relación con el radio de costilla (r).

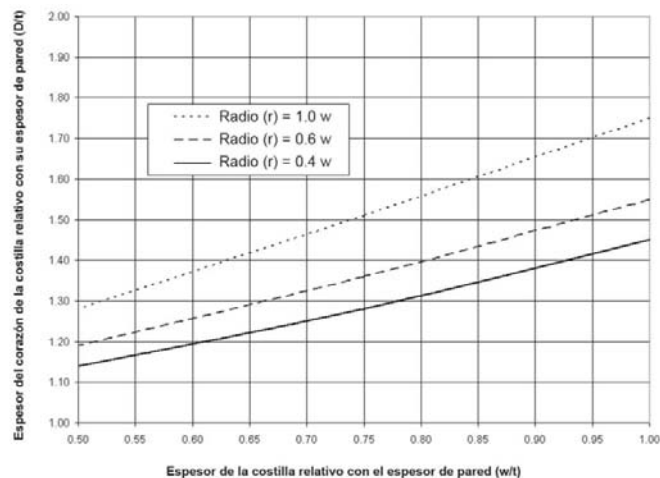


Figura 75. Selección de espesor de corazón de costilla.

Muchos diseños contemplan un número de costillas (N) en el plano W. El espesor o placa de sólido (W) en cualquier diseño contempla un espesor t_A con un volumen V_A el cual, puede ser distribuido mediante el diseño de costillas en el mismo plano considerando el mismo espesor de placa (W).

La importancia de la posible distribución del volumen V_A , radica en poder jugar con la distribución de la masa del producto para mejorar la rigidez, geometrías, peso y poder definir un nuevo volumen V_B con un espesor de cáscara t_B sobre W, una altura total de costilla considerando el espesor de pared (T) y el volumen de material ocupado por cada costilla. La figura 76, denota la relación ideal entre el volumen inicial V_A y el final V_B de una sección de plano W con N costillas para obtener equivalencias estructurales.

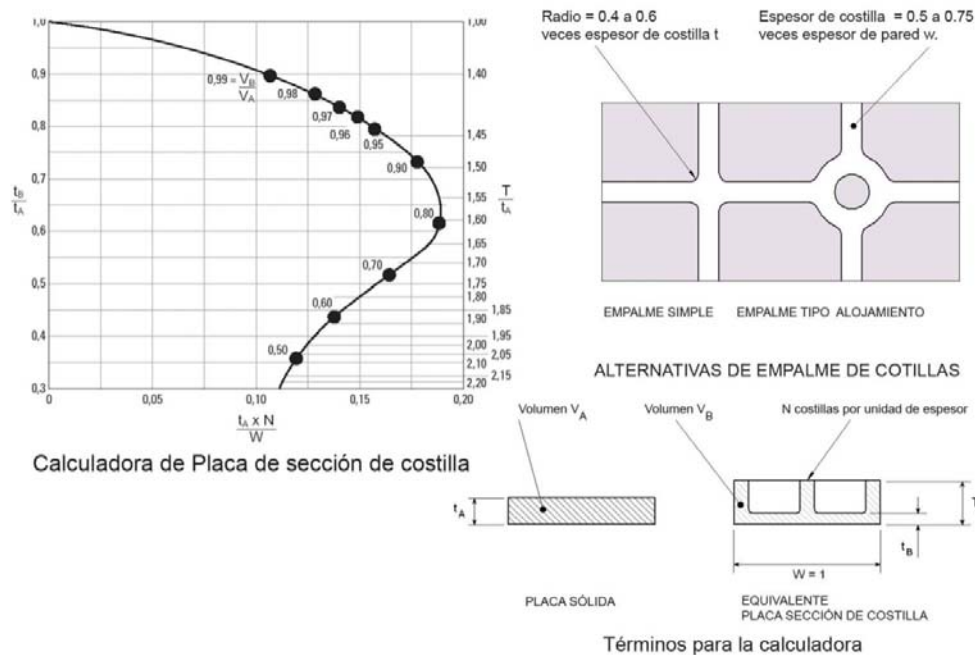


Figura 76. Relación ideal entre el volumen inicial V_A y el final V_B .

Al establecer un número de costillas (N) en una placa (W) con un volumen V_B , es posible variar el número recomendado de costillas (N), para eso existen consideraciones las cuales se basan en la longitud (B), un espesor de costilla o cáscara (w), a una altura de costilla (H), siendo Wd el espesor del volumen inicial ocupado al diseñar las costillas en un plano de longitud B, donde $BEQ = B/N$.

La variación de costillas a lo largo de una longitud B puede definirse mediante la razón de espesor de pared vs razón de altura de costilla. Figura 77.

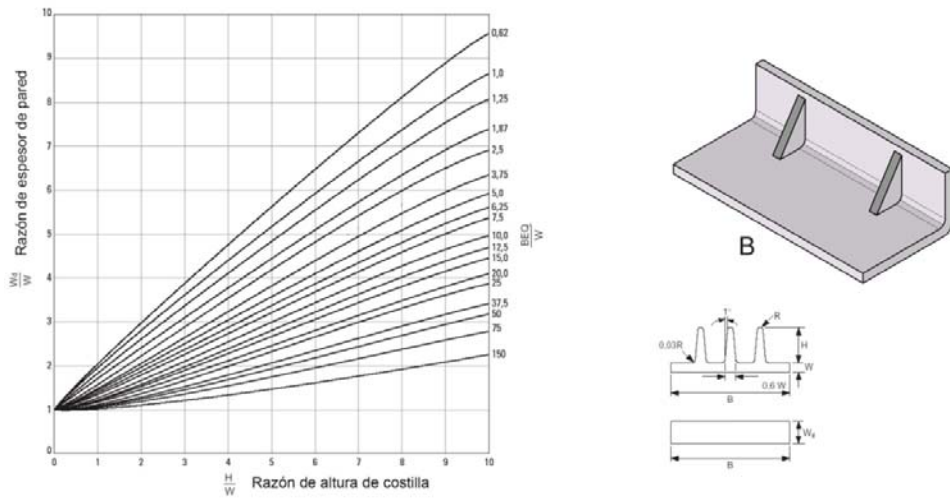


Figura 77. Calculadora de costillas a lo largo de B.

d. Alojamiento para ensamble (Bosses).

La función de un alojamiento o mamelón es alojar un elemento cuya función será complementar la sujeción de otra parte o entre partes, comúnmente dichos elementos son tornillos, pero existen en la actualidad elementos plásticos innovadores que se han estado integrando al diseño de uniones plásticas en recientes diseños de partes plásticas. Figura 78.

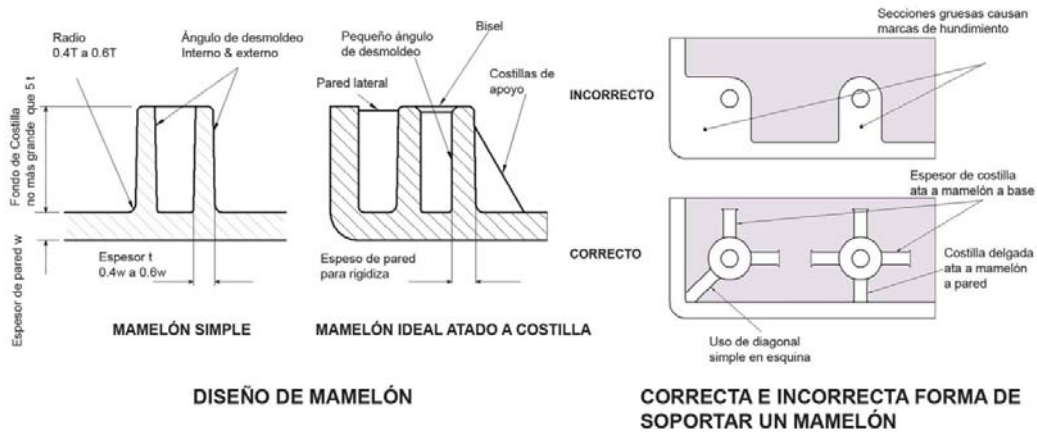


Figura 78. Partes de un alojamiento o mamelón.

En general para el diseño de un alojamiento es recomendable definir el tipo de sujeción, comúnmente cuando son tornillos es importante guiarse de las especificaciones del diseño para una costilla y considerar las especificaciones de factores de diámetro de orificio para tornillos, factores de diámetro de mamelón y su profundidad. Tabla 13.

La tabla 13 indica la relación correcta que favorece el diseño de los alojamientos así como el ensamble con tornillos.

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL PLÁSTICO (Mpa)	TIPO DE TORNILLO RECOMENDADO
Menor de 1,400	Thread-forming
1,400 to 2,800	Thread-forming or Thread-cutting
2,800 to 6,900	Thread-cutting
Mayor de 6,900	Thread-cutting, fine pitch

LA SELECCIÓN DEL TORNILLO DEPENDE DEL MATERIAL

MATERIAL	FACTOR DE HUECO	FACTOR DE ALOJAMIENTO	FACTOR DE PROFUNDIDAD
ABS	0.80	2.00	2.0
ABS/PC	0.80	2.00	2.0
ASA	0.78	2.00	2.0
PA 46	0.73	1.85	1.8
PA 46 GF 30%	0.78	1.85	1.8
PA 6	0.75	1.85	1.7
PA 6 GF 30%	0.80	2.00	1.9
PA 66	0.75	1.85	1.7
PA 66 GF 30%	0.82	2.00	1.8
PBT	0.75	1.85	1.7
PBT GF 30%	0.80	1.80	1.7
PC	0.85	2.50	2.2
PC GF 30%	0.85	2.20	2.0
PE-HD	0.75	1.80	1.8
PE-LD	0.75	1.80	1.8
PET	0.75	1.85	1.7
PET GF 30%	0.80	1.80	1.7
PMMA	0.85	2.00	2.0
POM	0.75	1.95	2.0
PP	0.70	2.00	2.0
PP TF 20%	0.72	2.00	2.0
PPO	0.85	2.50	2.2
PS	0.80	2.00	2.0
PVC-U	0.80	2.00	2.0
SAN	0.77	2.00	1.9

Tabla 22. Factores de diseño de tornillos para alojamientos. Ver Figura 79.

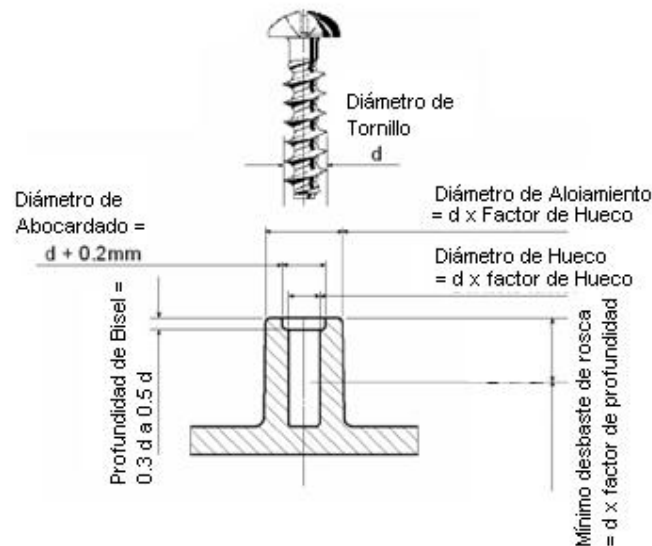



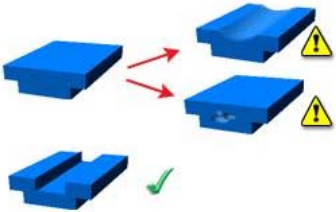
Figura 79. Métrica de tabla 12

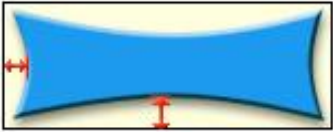
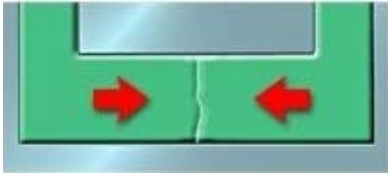
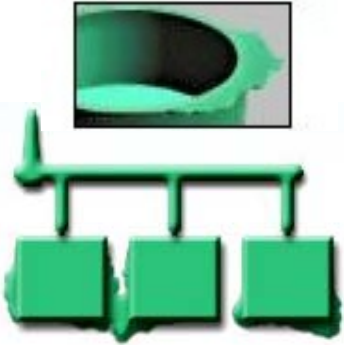
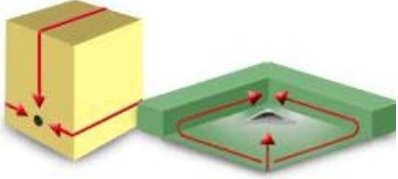
ANEXO D

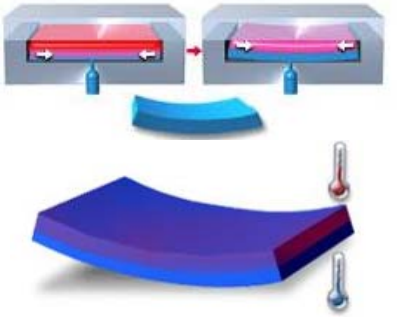
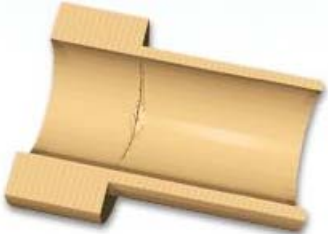
DEFINICIÓN DE PROBLEMAS DE INYECCIÓN

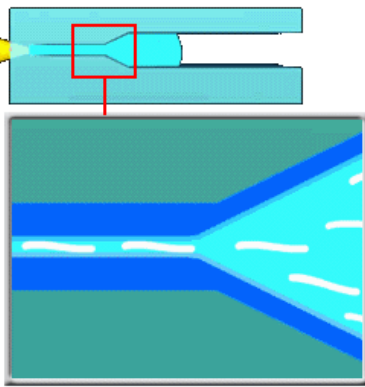
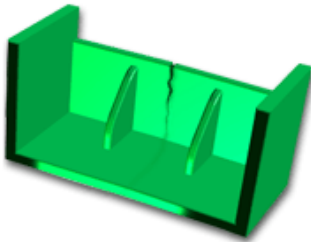

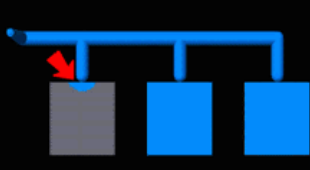

Existe una gran cantidad de problemas que se pueden presentar en la manufactura de partes plásticas por incorrectas consideraciones geométricas y de proceso. Como tal hay 15 tipos de problemas que atañen comúnmente a los plásticos. Lo importante de conocer los principales problemas que existen es el saber la causa potencial y sobre todo las posibles soluciones antes de su definición en un molde de inyección.

La tabla 22, resume de los principales problemas al inyectar así como sus causas y posibles soluciones.

PROBLEMA	CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN o IDEA
<p>1. Marcas de contracción (SINK MARKS)</p> 	<ol style="list-style-type: none"> Partes con excesivas secciones de contracción; "SRINKAGE". Partes huecas o zonas sin llenarse. Partes con cambios de espesores de pared no uniformes. 	<ul style="list-style-type: none"> Incrementar tamaño de colada a cavidad o mantener la presión constante de inyección. Temperatura del molde más alta con sistemas de enfriamiento en <i>gates</i> que los enfríen lentamente. Incrementar el tiempo de ciclo térmico por inyección. Reducir razón de llenado Enfriar áreas de rechupe más rápido. Uso de <i>gates</i> abiertos Reducir espesores de paredes o insertar costillas. Mejorar la localización de <i>gates</i>.
<p>2. Huecos Internos (VOIDS)</p> 	<ol style="list-style-type: none"> Partes con pronunciadas secciones de contracción "SRINKAGE". Partes huecas o zonas sin llenarse. 	<ul style="list-style-type: none"> Llenado incompleto (short shot) Venteo pobre Inapropiada localización de <i>gate</i>. Muy Alta razón de Inyección. Espesores de parte excesivos (+ 0.25 in. or 0.64 cm.)
<p>3. Contracción (SHRINKAGE)</p>	<ol style="list-style-type: none"> Decremento del volumen tal que el plástico enfría y 	<ul style="list-style-type: none"> Incrementar presión de cavidad y mantenerla. Partes demasiado grandes decremento de

	<p>cristaliza de forma no uniforme.</p> <ol style="list-style-type: none"> Insuficiente tiempo de enfriamiento de la parte al desmolde. La parte no es completamente empacada debido al enfriamiento demasiado rápido de los <i>gates</i>. 	<p>la presión de cavidad</p> <ul style="list-style-type: none"> Temperatura de molde muy alta (<i>gates</i> no están enfriándose). Inapropiado balanceo de cavidad y temperatura de corazón. <i>Runners</i> o <i>gates</i> muy pequeños.
<p>4. Resistencia Baja Por Línea De Soldadura</p> 	<ol style="list-style-type: none"> Convergencia del frente de flujo seguido de su enfriamiento dando como resultado en una zona débil. 	<ul style="list-style-type: none"> Incrementar presión pico de empacamiento de molde Incrementar temperatura de inyección y de molde. Incrementar presión de sustentación y mantenerla. Cambiar localización de <i>gate</i>.
<p>5. REBORDE (FLASH)</p> 	<ol style="list-style-type: none"> Presión de sellado de molde insuficiente. Superficie de molde empalmar deformadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Decremento de la presión pico de sellado de molde. Incremento de razón de llenado Decrecer temperatura de inyección. Incrementar fuerza de cierre. Limpiar superficie de línea de partición. Verificar integridad de molde o vida límite de molde Cambiar localización de <i>gate</i>. Usar presiones largas de moldeo.
<p>6. Quemadura</p> 	<ol style="list-style-type: none"> Aire comprimido en el molde degrada la resina. 	<ul style="list-style-type: none"> Decremento de presión pico de moldeo. Limpiar respiraderos, incrementar tamaño o número de respiraderos. Reducir temperatura de fusión.
<p>7. Pandeo (WARP)</p>	<ol style="list-style-type: none"> Esfuerzo no uniforme debido a excesiva orientación de parte a la contracción. 	<ul style="list-style-type: none"> Temperatura de molde muy elevada, presión y razón de llenado de molde bajo. Parte eyectada

		<p>demasiado caliente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incrementar tiempo de ciclo • Inapropiado balanceo de de la temperatura del corazón y la cavidad. • Inapropiado balanceo de gates • Flujo con larga trayectoria, e insuficientes <i>gates</i> • Cambio de localización de <i>gates</i>.
<p>8. Partes frágiles (BRITTLE PARTS)</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Excesiva orientación. 2. Degradación de resina. 3. Sobre empacamiento en la inyección. 4. Contaminación. 5. Inapropiado diseño. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar razón de inyección • Incrementar temperatura de fusión y tiempo de enfriamiento. • Excesivo Sobre empacamiento • Degradación de material. • Degraded material (excessive melt temperature or • Uso de cargas inapropiadas con resinas de color. • Concentración de otros aditivos. • Inapropiado diseño, radios en cambios de sección etc.
<p>9. Apariencia pobre</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Frente de flujo con obstáculos o imperfecciones superficiales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar presión de cavidad. • Llenado rápido o tiempo de demasiado bajo de empacamiento. • Incremento en la temperatura de fusión y de empacamiento. • Temperatura de molde no uniforme. • Enfriar más lentamente. • Dispersión pobre de pigmentos.

<p>10. Adeherencia en Molde</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sobre empacamiento, 2. Excesiva contracción a baja temperatura. 3. Diseño del herramental 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir presión de inyección y sobre empacamiento. • Inapropiado balanceo de temperatura de molde. • Reducir tiempo de ciclo. • Remover residuos de inyección en <i>gates</i>. • Incrementar ángulos de desmoldeo.
<p>11. Agrietamiento de Gate (CRACKING)</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fractura del flujo de inyección 	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar velocidad de inyección (incrementar o decrementar). • Geometría de <i>gates</i>. • Agregar zonas de enfriamiento cerca de <i>gates</i>. • Incrementar temperatura de moldeo.
<p>12. Decoloración</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Degradación 	<ul style="list-style-type: none"> • Excesiva temperatura de inyección. • Inapropiado diseño de respiraderos. • Velocidad excesiva de tornillo de arrastre. • Excesiva presión de retorno. • Posible contaminación.
<p>13. Disparo corto (SHORT SHOT)</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Parte no llenada en su totalidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar tamaño de disparo. • Incrementar velocidad de llenado. • Inadecuada razón de flujo de fusión del plástico. • <i>Gates</i> de tamaño muy pequeño. • <i>Gate, runner</i> o respiraderos atrapados.
<p>14. Manchas de derrame (SPRAY)</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Banda sobre la superficie causada por líquido evaporándose tales como humedad o degradación del material. 	<ul style="list-style-type: none"> • Excesiva humedad – resina ceca. • Reducir temperatura de fusión.

<p>15. Atascamiento de Gate (GATE STRINGING)</p>	<p>1. Plástico se atasca sobre las partes localizadas en los <i>gates</i> formados durante la inyección.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar tamaño de gate. • Decremento de temperatura de fusión con incremento en tiempo de enfriamiento. • Incrementar temperatura de fusión. • Incrementar velocidad de apertura de molde. • Uso de botadores en <i>runners</i>. • Uso de <i>gates</i> auto fracturables.

Tabla 22. Problemas de inyección con posibles causas y soluciones.

ANEXO E

PROCESO DE INYECCIÓN, RUNNERS & GATES

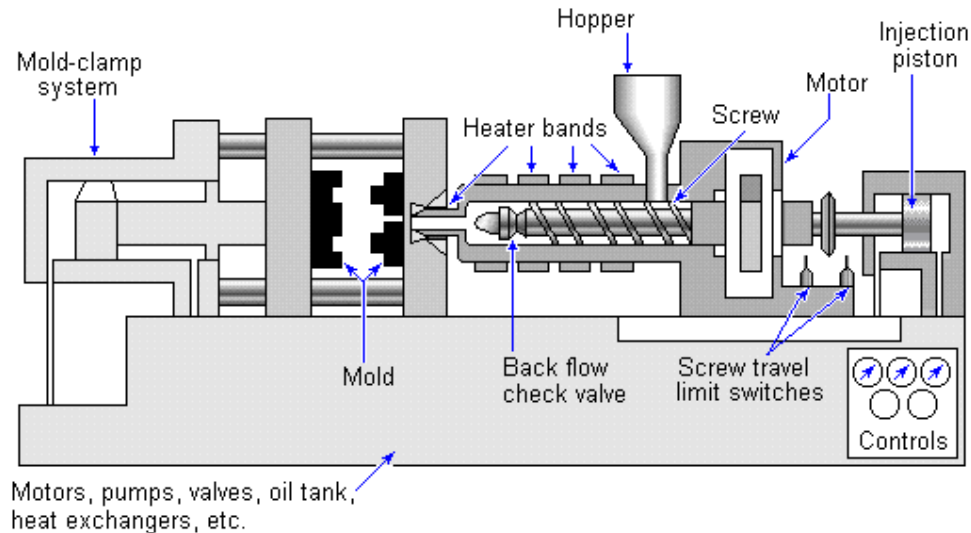


Figura 80. Principales partes de una máquina de inyección.

El proceso de inyección en general contempla los siguientes pasos. Figura 80

- El material plástico entra en una tolva (*hopper*) en forma de pelets.
- Después del secado en la tolva el material entra a un barril de extrusión para ser calentado y fundido.
- El material fundido es transportado por medio de un tornillo (*screw*) para ser guiado hacia el molde por medio de una boquilla.
- Finalmente el plástico fundido es inyectado dentro del molde para formar partes plásticas.
- El molde es sujetado por medio de mordazas o clamps a las platinas.

Existen 3 tipos de Maquinas de Inyección:

- a. *Hydraulic Clamp* (Abre y cierra el molde con un pistón largo).
- b. *Toggle Clamp* (Sistema de rodilleras mecánicas).
- c. *Hydro-Mechanical Clamp* (Diferentes tipos de pistones y mecanismos)
- d. *Electric* (Maquina eléctrica).

El concepto de *Clamp Force* (fuerza de cierre entre platinas) es la fuerza que mantiene cerradas ambas mitades del molde durante el moldeo.

FASES DE INYECCIÓN

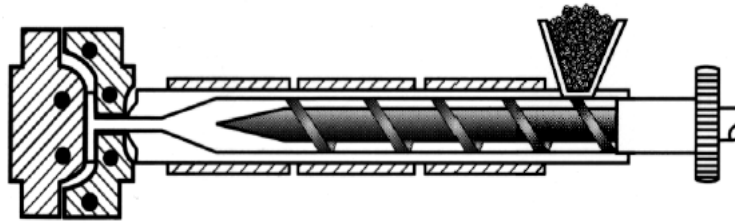


Figura 81. Fases de inyección en pre inyección.

- Llenado de la cavidad / *fill time*.
- Inyección de la resina plástica dentro del molde.
- Presurización, acumulación de presión en la cavidad.
- Empaquetamiento / *packing*. Adición de material extra para reducir el encogimiento.
- Sostenimiento y Enfriamiento / *hold and cooling*.

FASE DE LLENADO

Dentro de la fase de llenado el plástico es empujado dentro de la cavidad hasta que es justamente llenado.

El plástico entra en contacto con la pared del molde y es rápidamente enfriado, esto crea una capa de plástico fría entre el molde y el plástico a moldear conocida como: frozen layer. Figura 82

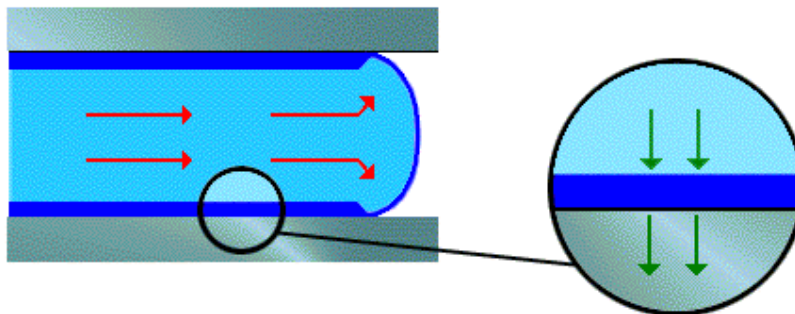


Figura 82. Primera capa plástica fría.

En Tiempos de inyección rápidos producen delgadas capas frías, así como gruesos canales de flujo.

FASE DE PRESURIZACIÓN

La fase de presurizado comienza justamente cuando la pieza a sido llenada, aunque algunos ejes o esquinas de la cavidad no contengan plástico. Para completar el llenado de la geometría, el plástico extra es empujado dentro de la cavidad durante esta fase.

En la siguiente figura se puede denotar la diferencia de esquinas sin llenar después de *filling Phase* y a continuación la cavidad es llenada después del *pressurization Phase*.

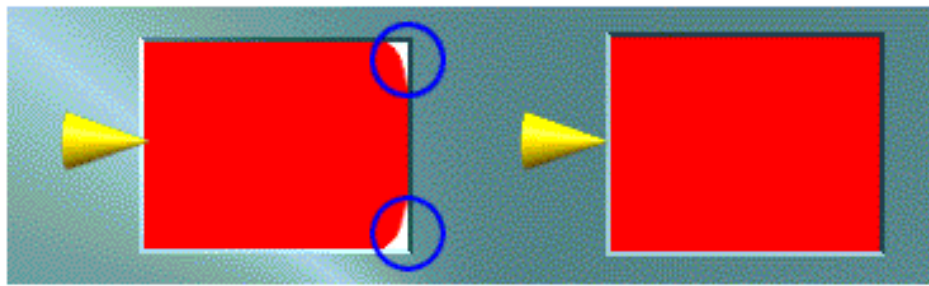


Figura 83. La fase de presurizado asegura que la cavidad se llene en su totalidad..

FASE DE COMPENSACIÓN

El plástico tiene un alto encogimiento volumétrico alrededor del 25% del promedio de la masa fundida al sólido, dependiendo del material. Figura 84.

Por esta razón mas material debe de inyectarse dentro de la cavidad para compensar el material plástico encogido como este se va enfriando.

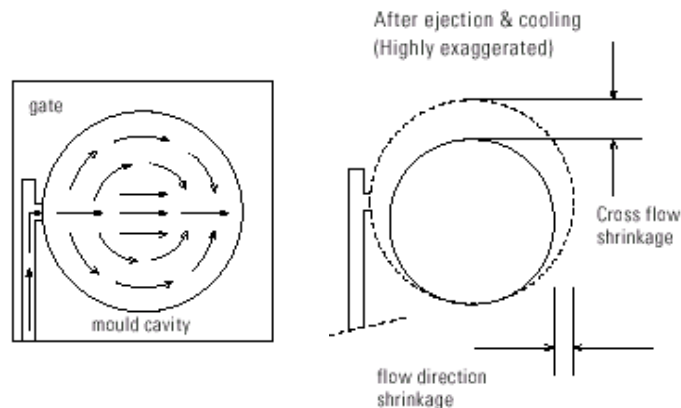


Figura 84. Reducción volumétrica por solidificación de masa.

CONCEPTO DE GATE y SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

En un sistema de alimentación por colada fría las cavidades del molde se alimentan por medio de una boquilla (*sprue bushing*) de acero templado o bien, maquinada en la cavidad con un ángulo de salida pronunciado. Figura 85.

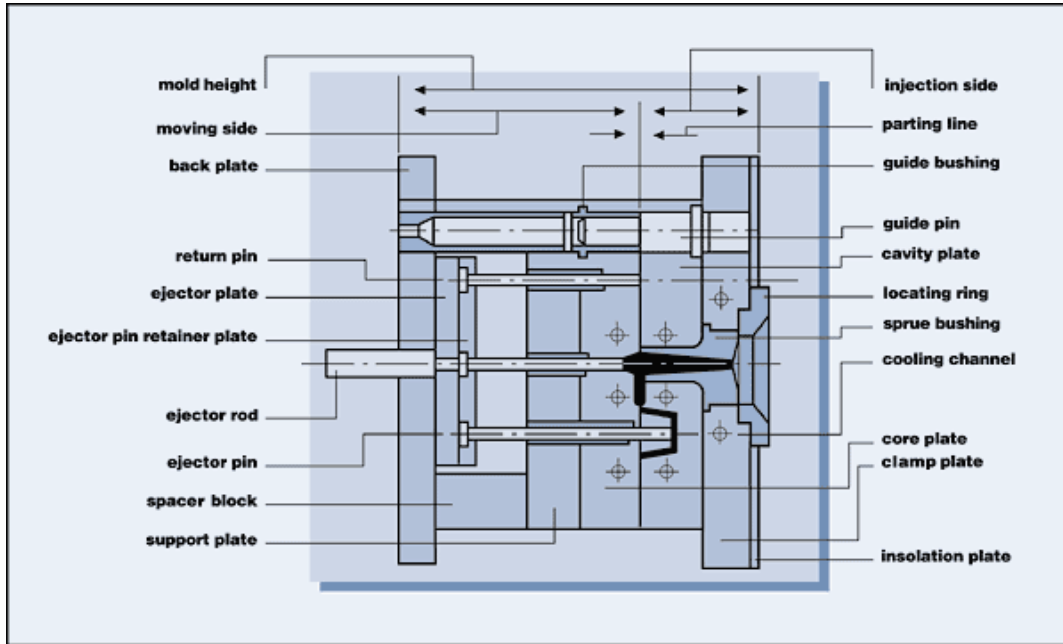


Figura 85. Partes principales de un molde.

El material fundido es introducido dentro de la cavidad del molde mediante canales o *runners*, los cuales en sus extremos se encuentran los *gates* de inyección. En la industria, la masa total de material plástico desperdicio del *runner* más el *gate* se le conoce como colada o mazarota. Figura 86.

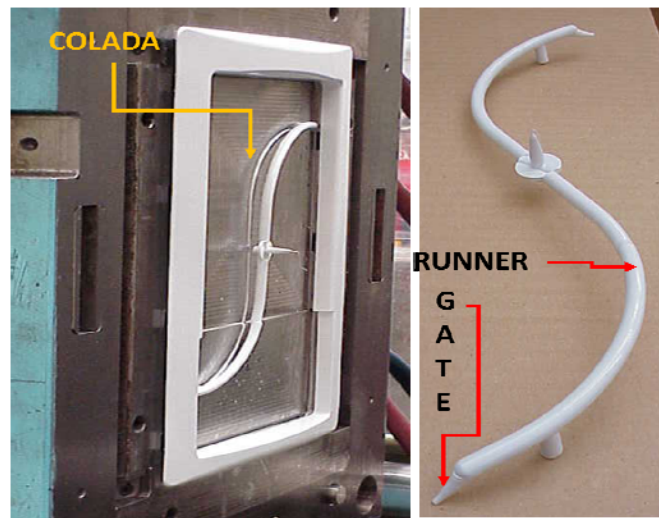


Figura 86. Desperdicio de plástico pos inyección o MAZAROTA.

Un Gate conecta a los runners o canales con la pieza a inyectar para minimiza las líneas de soldadura, pasando de la sección gruesa a la delgada.

La función principal de un *Gate* es la de alimentar las piezas durante el moldeo. Se le conoce como *Gate*, debido a que es la Puerta de entrada del material plástico. Un Gate conecta a los runners o canales con la pieza a inyectar, de tal modo que se minimicen las líneas de soldadura, situándose de modo que se pase de la sección gruesa a la delgada.

Propósito:

- Ser la primera parte en enfriar después de la inyección así el plástico presurizado en el molde no regresará al *Runner* después de que la presión es liberada.
- Sirve como punto de rompimiento o separación entre los *Runners* y las piezas moldeadas.

La elección del tipo de *gate* es tan importante como su tamaño y ubicación. Los gates se pueden dividir entre los de desprendimiento manual y automático.

Los gates de desprendimiento manual son los que requieren que un operador los separe de la cavidad en una segunda operación. Existen varios tipos de gates manuales como:

- *Sprue gate*
- *Edge gate*
- *Tab gate*
- *Overlap gate*
- *Fan gate*
- *Film gate*
- *Diaphragm gate*
- *External ring*
- *Spoke o multipoint gate*

Las razones para usar *gates* de corte manual son:

1. El *gate* es demasiado grande para ser cortado por la apertura del molde debido al tipo de material que se inyecta (abrasivo o con cargas).
2. Las fibras o moléculas del material necesitan tener una orientación definida por funcionalidad de la pieza.

Los *gates* de desprendimiento automático son los que rompen o trozan la colada con el movimiento de apertura del molde o mediante el sistema de expulsión. Existen varios tipos de *gates* automáticos como:

- *Pin gate*
- *Submarine (tunnel) gates*

- *Hot runner gates*
- *Valve gates*

Las razones para usar *gates* automáticos son:

1. Evitar una segunda operación para removerlo.
2. Mantiene consistente el tiempo ciclo en cada inyección.
3. Minimiza las marcas o cicatrices dejadas al inyectar.

TIPOS DE GATES

a) SPRUE GATE

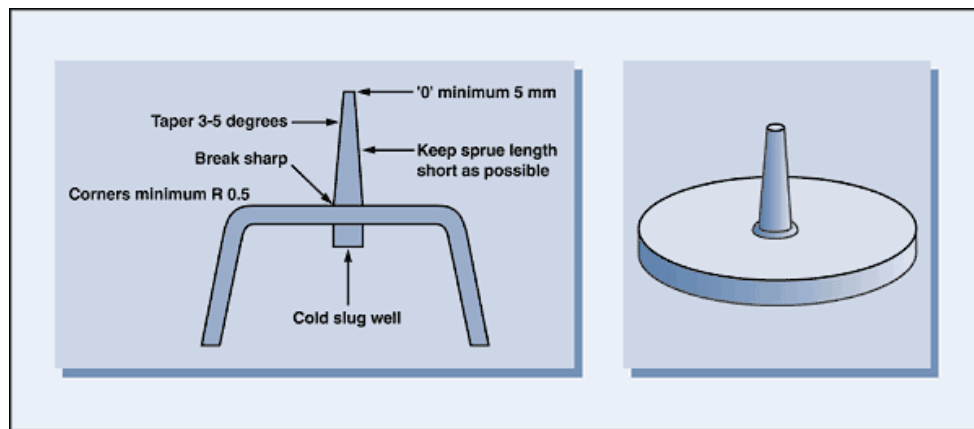


Figura 87. Gate tipo Sprue.

b) EDGE GATE

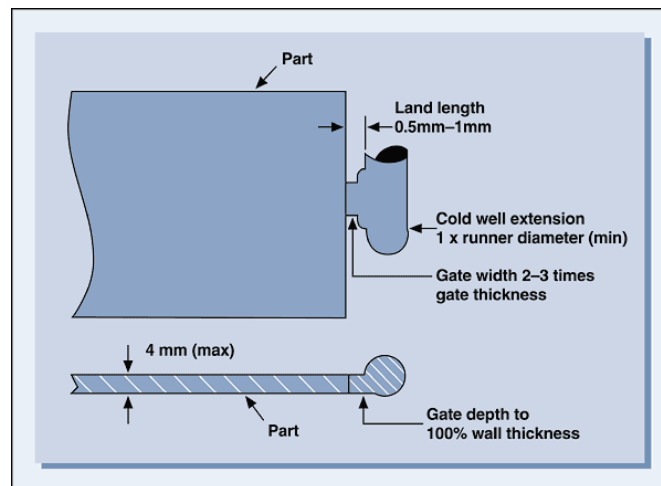


Figura 88. Gate tipo Edge.

c) TAB GATE

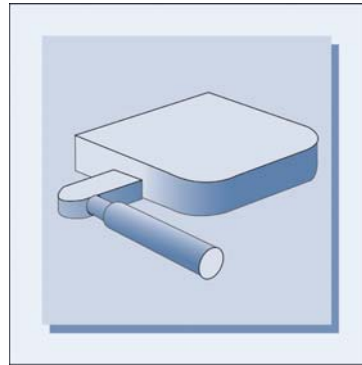


Figura 89. Gate tipo Tab.

d) OVERLAP GATE

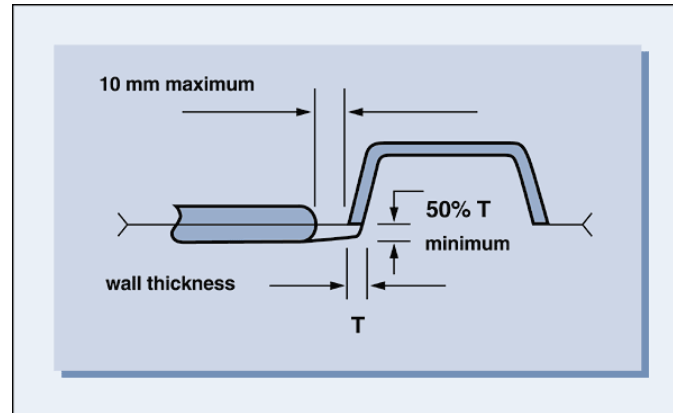


Figura 90. Gate tipo Overlap.

e) EDGE GATE

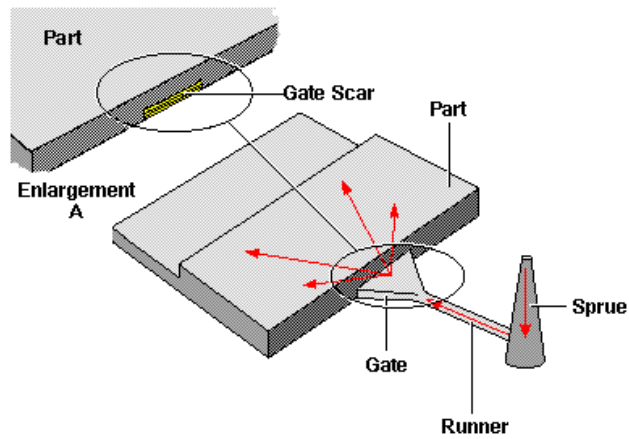


Figura 91. Gate tipo Edge.

f) FILM GATE

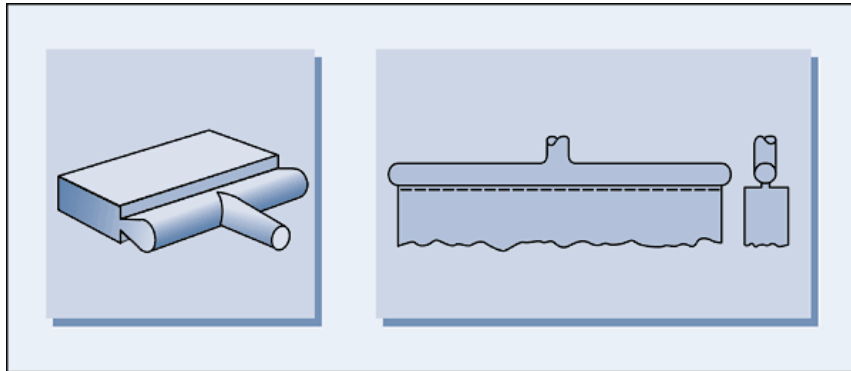


Figura 92. Gate tipo *Film*.

g) DIAPHRAGM GATE

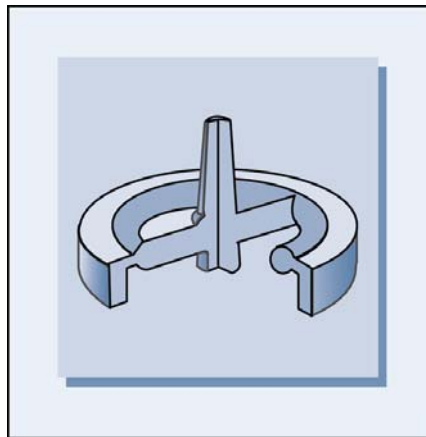


Figura 93. Gate tipo *Diaphragm*.

h) EXTERNAL RING

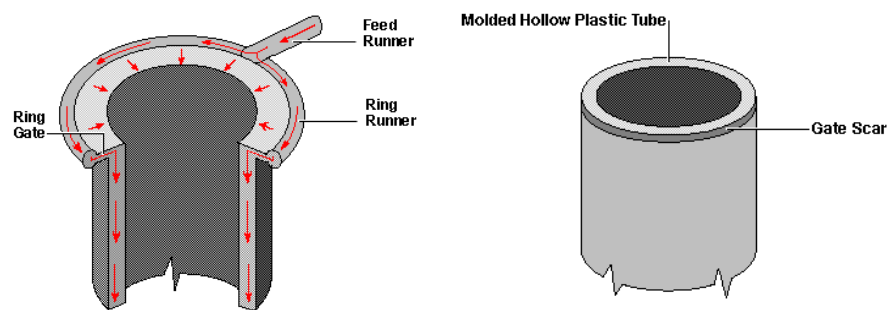


Figura 94. Gate tipo *External*.

i) SPOKE OR MULTIPOINT GATE

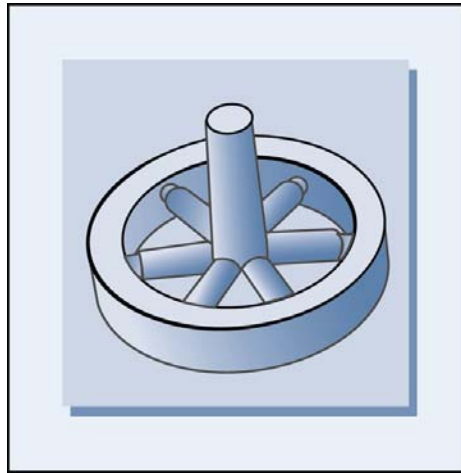


Figura 95. Gate tipo Spoke o multipoint gate.

j) PIN GATE

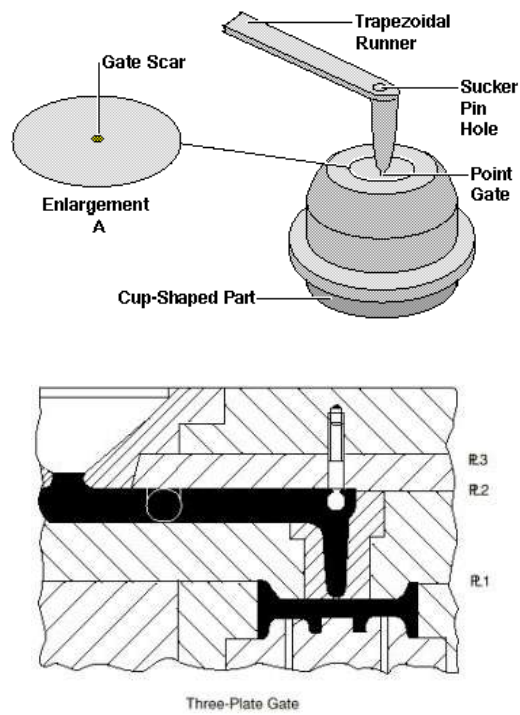


Figura 96. Gate tipo Pin.

k) SUBMARINE (TUNNEL) GATE

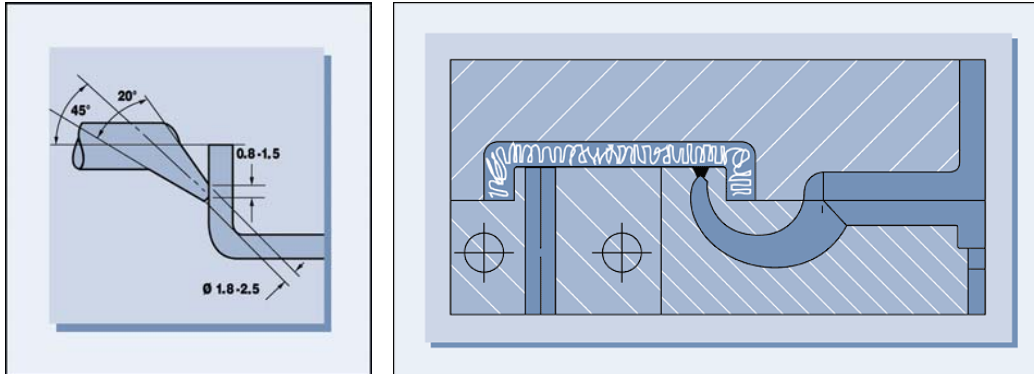


Figura 97. Gate tipo Submarine.

l) HOT RUNNER GATE

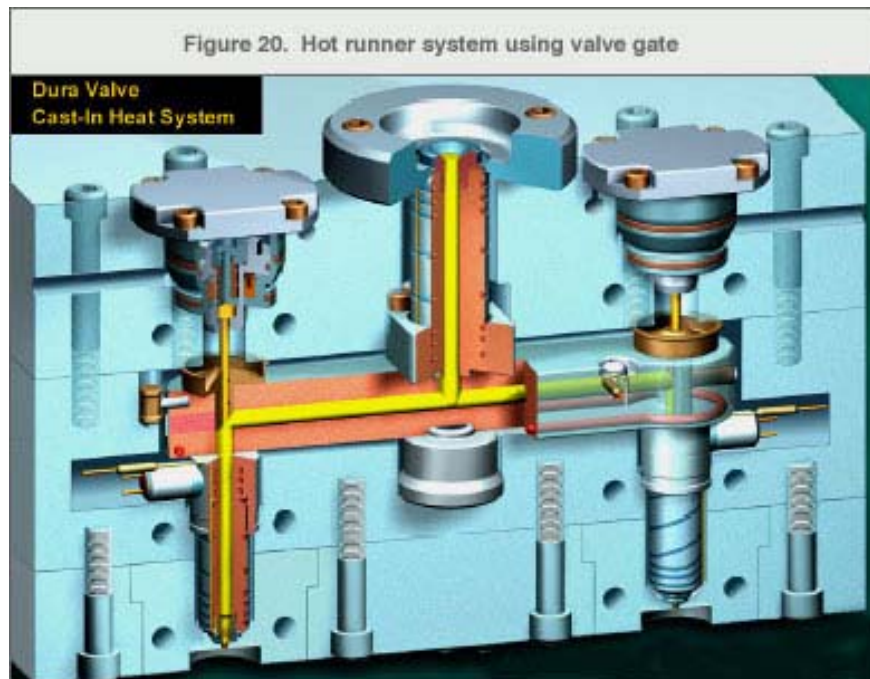


Figura 98. Gate tipo Hot runner.

ANEXO F

MECANISMOS INTERNOS

Los mecanismos para desmoldar elementos que comúnmente se les llama negativos, son geometrías inclinadas o perpendiculares a la acción de apertura del molde incrementan la versatilidad del proceso de inyección para fabricar casi cualquier tipo de producto, pero cada accionamiento incrementa el costo del herramental.

Los mecanismos pueden ser accionados mediante sistemas que convierten los movimientos lineales de apertura (eje z) en translaciones perpendiculares (x & y)

Otros mecanismos pueden ser accionados en forma independiente de la apertura del molde por medio de sistemas hidráulicos. De la misma forma independiente otras acciones se ejecutan cuando el sistema de expulsión es ejecutado.

Mecanismos para cuerdas internas en los moldes son otro tipo de acciones las cuales pueden ser mediante sistemas de engranajes o corazones colapsables.

Considere antes de liberar el diseño del producto sustituir los posibles elementos que se formarán por mecanismos (*sliders, lifters*) por corazones por interferencia o ventanas que generen al elemento por la apertura natural del molde.

De forma general los Tipos de Mecanismos más usados son:

- a) *Sliders.*
- b) *Lifters.*
- c) Hidráulicos.
- d) Desenroscantes.
- e) *Colapsibles.*

a) SLIDERS

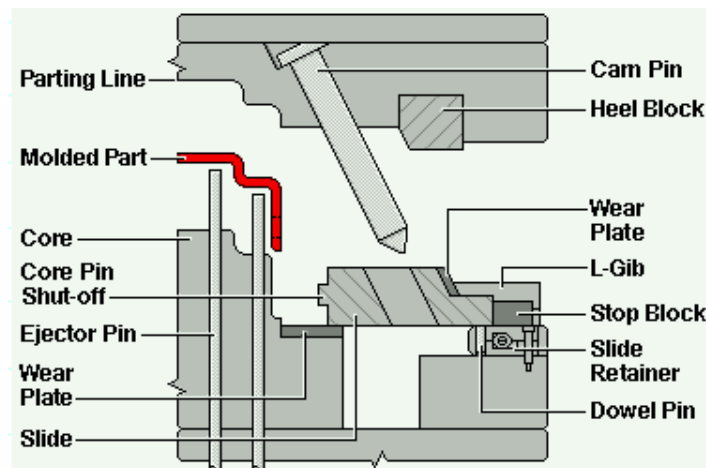


Figura 99. Comúnmente llamados carros laterales.

b) LIFTER

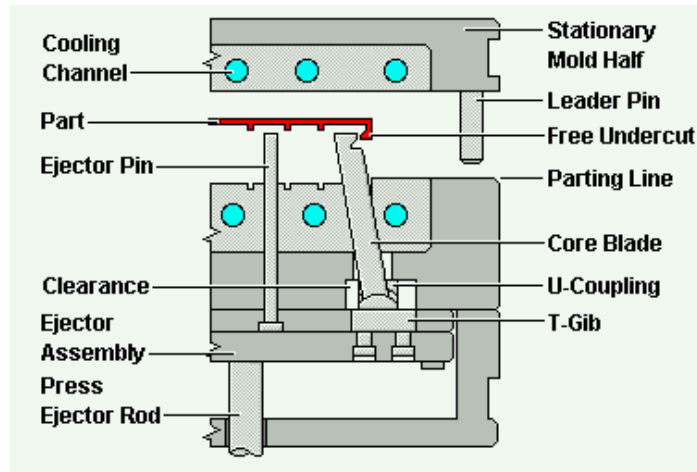


Figura 100. Lifter es accionado por las placas botadoras..

c) HIDRAULICO

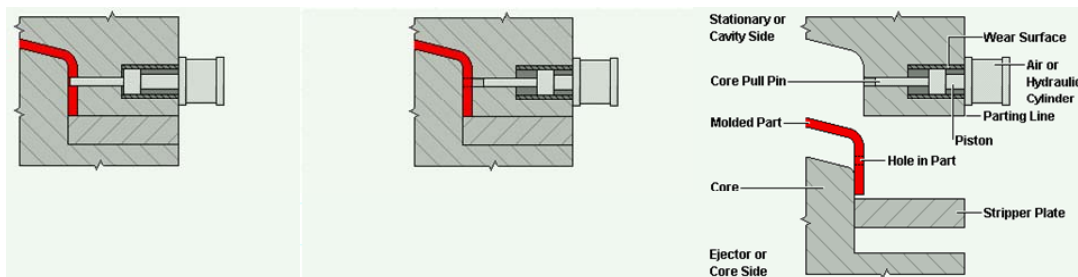


Figura 101. Sistema hidráulico permiten controlar el desmolde independientemente del botado y de la apertura del molde

d) DESENROSCANTES

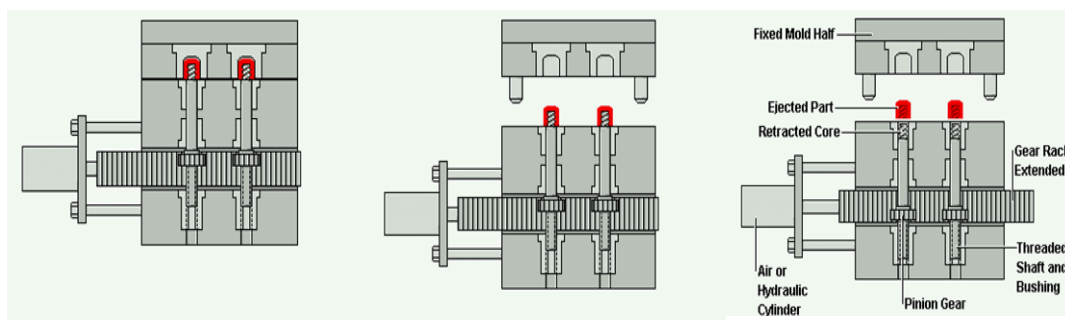


Figura 102. Sistemas desenroscantes son usados en piezas cuyas cuerdas son internas y producen negativos naturales.

ANEXO G

SISTEMAS DE EXPULSIÓN

Al ser enfriado el material dentro de las cavidades, la contracción hace que el producto se quede adherido a las cavidades, por tanto se necesitan elementos que empujen la pieza fuera del molde.

Los métodos mas comunes de expulsión es por perno (*pin*), mangas (*sleeves*), regletas (*blades*), placas flotantes (*stripper plate*) y válvulas de aire. Estos sistemas dejan marcas en las piezas, por tanto es necesario saber donde es mas conveniente colocarlos sin que perjudique la apariencia de las piezas.

La localización de los *pins* y *blades* también debe ser considerada para balancear la presión de expulsión. La exacta localización de los botadores en paredes, costillas y postes es muy recomendable.

El número de botadores y el tamaño dependen de la geometría de la pieza, sin embargo es recomendable que entre mayor área de expulsión es mejor.

Independientemente de los botadores el pulido en todas las paredes, costillas o áreas con poco ángulo de salida debe estar presente.

Los *runners* y entradas también deben ser expulsados del molde mediante los mismos elementos que expulsan la cavidad.

Mecanismos como aceleradores de botado, gatillos y chupones ayudan a que sean expulsadas las piezas del molde.

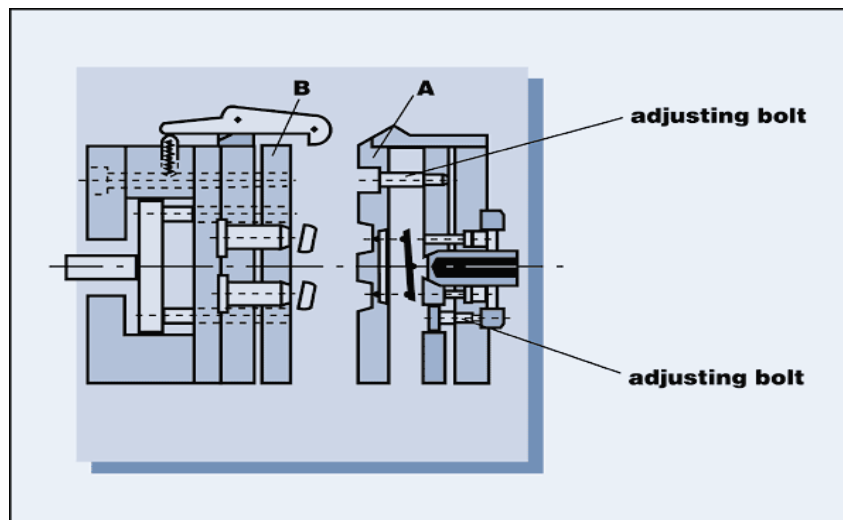


Figura 103. Sistema común de expulsión por placa flotante.