

PROYECTO FIN DE CARRERA

DISEÑO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE DEFENSA POR INGENIERA KANSEI

MEMORIA

Nombre:

David López Puyana

Tutor:

Antonio Córdoba Roldán

Convocatoria:

Junio 2015

I.T.I. Diseño Industrial

INDICE

| | |
|---|----|
| CAPITULO 0. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS | 3 |
| CAPITULO 1. OBJETO DEL PROYECTO | 6 |
| CAPITULO 2. ALCANCE | 6 |
| CAPITULO 3. ANTECEDENTES | 7 |
| CAPITULO 4. NORMAS Y REFERENCIAS | 7 |
| 4.1. NORMATIVA DEL PROYECTO | 7 |
| 4.2. NORMATIVA DE PRODUCTO | 8 |
| 4.3. PROGRAMAS DE CALCULO | 10 |
| CAPITULO 5. MARCO METODOLOGICO DE APLICACION | 11 |
| 5.1. DOMINIO DE DISEÑO | 13 |
| 5.2. ESPACIO SEMANTICO | 15 |
| 5.3. ESPACIO DE PROPIEDADES | 19 |
| 5.4. SINTESIS | 29 |
| CAPITULO 6. DISEÑO Y DESARROLLO DEL CHALECO ANTIBALAS | 36 |
| 6.1. BRIEFING DE DISEÑO | 36 |
| 6.2. DISEÑO CONCEPTUAL | 38 |
| 6.3. DISEÑO DE DETALLE | 40 |
| CAPITULO 7. ANALISIS DE IMPACTO | 44 |
| CAPITULO 8. CONCLUSIONES | 60 |
| CAPITULO 9. BIBLIOGRAFIA | 62 |
| APENDICE A | 64 |

CAPITULO 0. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.

Para una correcta comprensión del presente documento y los correspondientes anexos, se aplican los términos y definiciones siguientes:

Angulo de Incidencia: Se denomina ángulo de incidencia, al existente entre la trayectoria del proyectil y la línea perpendicular al plano tangente a la superficie del chaleco en el punto de impacto.

Cara de Impacto del Chaleco: Está constituida por la superficie diseñada por el fabricante, para enfrentar los proyectiles.

Cara Interior del Chaleco: Está constituida por la superficie diseñada por el fabricante para apoyarse contra el cuerpo del usuario.

Clúster: Cada grupo de datos homogéneo e independiente que se ha obtenido a través de un análisis clustering.

Clustering: Método matemático que permite a partir de una extensa muestra de datos crea grupos homogéneos e independientes entre ellos.

Deformación: Este parámetro, constituye el mayor desplazamiento temporario de la cara posterior del chaleco antibalas sometido a ensayo, provocado por el impacto franco de un proyectil válido que no lo perfora, cuando el chaleco está en contacto con el material de apoyo.

Diferencial Semántico (DS): Técnica de investigación que permite valorar determinados conceptos a través de una escala de adjetivos opuestos.

Diseño conceptual: Etapa del proceso creativo en la que se plasman las primeras ideas del diseño.

Diseño de detalle: Etapa del proceso creativo en la que se definen y concretan todas las características y parámetros de nuestro producto.

Diseño emocional: Herramienta de diseño que permite crear productos y/o conceptos que evoquen determinadas emociones en los consumidores.

Disparo Válido: Se denomina así, a un proyectil que impacta en el chaleco, con un ángulo de incidencia que no varía en más de 5º hacia una u otra dirección, respecto del ángulo de incidencia exigido por la Norma. Adicionalmente deberá mantener una distancia mínima al borde del panel balístico de 76 mm y estar separado de la impronta de un impacto anterior, una distancia no inferior de 50 mm y no diferir su velocidad en más de 15 m/s en exceso, respecto de la velocidad mínima exigida por la especificación, para el nivel de resistencia balística determinado.

Dominio de Diseño: Primera etapa de un estudio de Ingeniería Kansei en la que queda completamente definido el objetivo del estudio, el usuario y el escenario del futuro producto.

Dummy: Valor de uno o cero que sirve para categorizar una variable cualitativa y así poder trabajar con ella como si se tratase de una variable cuantitativa.

Emoción: Reacciones psicofisiológicas que representan modos de adaptación de las personas a ciertos estímulos.

Espacio de Propiedades (EP): Espacio vectorial en el que están representadas todas las posibles propiedades que podría tener nuestro producto en n estudio de Ingeniería Kansei.

Espacio Semántico (ES): Espacio vectorial en el que están represntadas todos los kanseis que se quieren transmitir a través del producto en un estudio de Ingeniería Kansei.

Garantía de Fabricación: Constituye una declaración jurada (certificación) del fabricante, de que el modelo de chaleco antibalas de producción estándar, cumple con las exigencias de la NORMA RENAR MA.01-A1, para el nivel de protección especificado, y se compromete a no modificar sus características respecto a la muestra del modelo ensayado, que igualó o superó las exigencias de la norma MA.01-A1 para ese nivel de protección balística. La misma deberá ser por un mínimo de cinco años a partir de la fecha de fabricación.

Ingeniería Kansei (IK): Técnica Japonesa de desarrollo de productos que permite crear conceptos que evoquen en el usuario unos kanseis determinados.

Kansei: Estímulo, sensación, emoción o sentimiento que queremos transmitir con nuestro diseño.

Material de Apoyo: Está constituido por un bloque de arcilla de modelar al aceite, de endurecimiento retardado, que está en contacto con la cara posterior del chaleco durante el ensayo.

Matriz de similitud: Matriz cuadrada que permite categorizar parejas de conceptos según su grado de semejanza.

Modelo virtual del producto: Modelo tridimensional del producto creado con un programa CAD que permite su visualización.

Proyectil Encamisado (FMJ): Se trata de una bala de núcleo de plomo o aleación de plomo recubierta por una camisa de aleación, con excepción o no de su base.

Proyectil Encamisado Punta Blanda (JSP): Se trata de una bala con núcleo de plomo o aleación de plomo, recubierta por una camisa de aleación, exceptuada la punta.

Proyectil de Plomo (RNSL): Se denomina de esta manera a una bala de plomo aleado.

Penetración: Se denomina de este modo, a la perforación completa del chaleco de ensayo por un proyectil válido, o por un fragmento de ese proyectil o del panel balístico, evidenciado por la presencia del proyectil o del fragmento en el material de apoyo, o por el orificio que atraviesa el material de apoyo.

Semisacabocado (SWC): Este tipo de bala se caracteriza por poseer una punta chata troncocónica, con un resalto cilíndrico de reborde vivo en la base de la misma.

Render: Representación fotorrealista ralizada con un programa CAD que permite visualizar el producto modelado con un alto grado de detalle.

Sector: Porción de mercado global que se dedica a un función concreta.

Tendencia: Dirección hacia la que se apunta un mercado en un momento determinado y que predecirá los hábitos de consumo.

Velocidad de Impacto: Las velocidades de impacto consignadas más arriba, corresponden a las velocidades MINIMAS exigidas por el ensayo para cada nivel de resistencia balística, y se especifica como velocidad máxima para cada nivel, aquella que supera a la indicada en 15 m/s.

CAPITULO 1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto de entrada del presente proyecto consiste en el diseño de un chaleco antibalas para el entorno de los agentes de seguridad y ejército del estado Español. Su desarrollo se basa en la Ingeniería Kansei que permite obtener productos que evoquen determinadas emociones en los usuarios.

La necesidad de crear este proyecto surge tras la necesidad impetuosa de crear un nuevo tipo de chaleco, capaz de proteger a los distintos cuerpos del estado de balas de un mayor calibre y de otro tipo de agresiones como golpes o cortes. Por este motivo se pretende a través de la inserción de este proyecto aportar al agente o soldado, de las protecciones necesarias para aumentar su supervivencia en situaciones donde pueda peligrar su integridad física o vida.

Para este proyecto, no existe empresa encargada del diseño y desarrollo del producto, ya que debido al alto nivel de competencia entre las diferentes empresas existentes, tanto las metodologías de fabricación y otros datos de interés son de carácter confidencial. Es por ello, que se ha decidido crearlo externamente a cualquier empresa, y si llegado el momento a alguna empresa le gusta el proyecto, será ella la encargada de hacer las distintas etapas de desarrollo del proyecto.

Este es un producto único y exclusivo, ya que no existe hasta el momento en el mercado, un producto como este. Combina la tecnología presente en el desarrollo de materiales usados en chalecos antibalas, junto con diseños futuristas que aportan esa diferencia que ningún chaleco contiene a día de hoy.

Además, otra novedad en el desarrollo de este proyecto es su realización mediante Ingeniería Kansei, habitualmente destinada al diseño de productos privados, en un ámbito de uso militar.

La Ingeniería Kansei le da a los sistemas de protección individual militares una nueva dimensión en la que el producto no solamente satisface las necesidades funcionales y estéticas del cliente, sino también las necesidades emocionales.

CAPITULO 2. ALCANCE.

El alcance del presente Proyecto Fin de Carrera incluye la definición de la solución de diseño adoptada tras un proceso de investigación del estado de arte tanto de la tecnología actual y de la metodología empleada como de los escenarios y usos del producto, con la limitación que este tipo de proyectos académicos conlleva.

El mayor problema se ha planteado en la realización del presente proyecto se ha dado en la fase de investigación y de recogida de información, sobre todo en la parte de propiedades mecánicas de ciertos materiales. No ha sido posible acceder a información de carácter privado que hubiese sido de gran utilidad para el proyecto. Por ejemplo ha habido situaciones en las que acceder a determinada información de determinadas empresas, hubiese aportado al proyecto un mayor nivel de detalle y exactitud, sobre todo en aspectos referidos a los procesos de fabricación de los chalecos antibalas.

El alcance del proyecto también viene limitado por la veracidad de los datos empleados, obtenidos en su mayoría a través de Internet. En parte a que no todos los datos estaban registrados, algunos estaban incompletos y no todos tuvieron la misma disponibilidad a la hora de aportarnos la información requerida.

CAPITULO 3. ANTECEDENTES.

A lo largo del proceso evolutivo de la raza humana, el hombre ha estado siempre protegiéndose a sí mismo, ya sea ante animales salvajes, o incluso del propio hombre. Es por ello que ha tratado de crear objetos que le otorgasen cierta protección ante situaciones o armas distintas. Desde la prehistoria hasta a día de hoy, desde la piel sin curtir hasta los chalecos antibalas de fibras de aramidas, el hombre ha ido creando y desarrollando armaduras cada vez con mejores materiales y técnicas, haciéndolas más duraderas y resistentes.

Pero no es hasta la llegada de las armas de fuego donde la tendencia a crear armaduras de metal que protegieran todo el cuerpo se apartó para dar paso a la tecnología actual de protecciones fabricadas con telas y materiales compuestos.

Estas nuevas técnicas han ido evolucionando muy rápidamente en un periodo corto de tiempo, dando mejores materiales con capacidades extraordinarias, consiguiendo así crear nuevos y mejores sistemas de protección con altas capacidades defensivas.

Pero no es hasta con la llegada del kevlar y otras nuevas fibras de aramidas donde la tecnología de la protección alcanza su punto más alto hoy en día. Estos nuevos materiales han supuesto una revolución en el campo de la defensa contra proyectiles. Se basan en la absorción de la energía del impacto distribuyéndola por toda la "armadura" para así conseguir que llegue la mínima fuerza posible al portador y este pueda seguir viviendo.

La tecnología sigue avanzando, y a cada día que pasa, el estudio de nuevos materiales es cada vez más avanzado y complejo. Es por ello que existen numerosas empresas que se encargan en desarrollar estas nuevas tecnologías para que un futuro, no tengamos que sufrir lo que sufrimos en el pasado.

CAPITULO 4. NORMAS Y REFERENCIAS.

4.1. NORMATIVA DEL PROYECTO.

Para la realización del presente proyecto resulta fundamental la observación de unas determinadas normas. Algunas son de carácter obligatorio y otras de observancia recomendada.

La norma referente a elaboración, documentación y organización del proyecto es la UNE 157001:2002. En esta norma se establecen entre otros requisitos los documentos mínimos que debe contener el proyecto que son: Índice General, Memoria, Anexos, Planos, Pliego de Condiciones, Estado de las mediciones, Presupuesto y cuando proceda, Estudios con entidad propia. Estos documentos serán presentados en el orden indicado, además, podrán estar agrupados en distintos volúmenes o en uno sólo.

Las normas referentes al diseño y fabricación del producto son las que se indican a continuación.

4.1.1. Referencia.

Durante el presente proyecto, tanto en el desarrollo de la Memoria Descriptiva, como en los Anexos o incluso en el Presupuesto y Pliego de condiciones se han hecho referencias o citas o partes de los mismos y otros documentos. La estructura seguida en esas referencias es la siguiente:

Referencias a capítulos del mismo documento

[Nombre del documento. Cap. N° capítulo]

Referencia a capítulos de otros documentos.

[Nombre del documento. Cap. N° capítulo]

Referencia a bibliográfica

[N° Correspondiente al número de la bibliografía del mismo documento]

Referencia a fórmulas o ecuaciones

[N° capítulo. N° de formula o ecuación]

Referencia a imagen

[Figura N° Capítulo N° figura. Nombre de la figura]

Referencia a tabla

[Tabla N° Capítulo N° tabla]

Referencia a página web

[Nombre página web. URL web]

4.2. NORMATIVA DE PRODUCTO.

La norma usada para la construcción del presente proyecto es la norma RENAR MA.01. En esta norma se reflejan los distintos niveles de protección que existen en la actualidad para la construcción de chalecos antibalas, además de los ensayos a realizar pertinentes para poder obtener la certificación adecuada.

Según expone la norma, básicamente existen siete niveles distintos de protección.

Nivel RB0. Projectiles calibre .22 LR Y .38 SPL

Estos blindajes protegen contra proyectiles calibre .22 LR y del calibre .38 SPL. También deben brindar protección contra proyectiles calibre .25 plg, .32 plg y 12 UAB N°4 perdigón de plomo.

Nivel RB1. Projectiles calibre .357 mg de baja velocidad y 9 mm de baja velocidad.

Estos blindajes protegen contra proyectiles calibre .357 Mg y de calibre 9 mm de baja velocidad. Asimismo deben brindar protección contra proyectiles calibre .45 ACP, .38 SPL+P y 12 UAB N°00 posta de plomo, al igual que para todos los proyectiles del nivel RB0.

Nivel RB2. Projectiles calibre .357 mg de alta velocidad y 9 mm de media velocidad.

Estos blindajes protegen contra proyectiles calibre .357 Mg de alta velocidad y calibre 9 mm de media velocidad. Asimismo proporcionan protección contra amenazas del nivel RB1.

Nivel RB3. Projectiles calibre .44 mg Y 9 mm de alta velocidad.

Estos blindajes protegen contra proyectiles calibre .44 Mg y calibre 9 mm de alta velocidad. Asimismo proporcionan protección contra amenazas de los niveles RB1 y RB2.

Nivel RB4. Projectiles calibre 7.62 mm nato Y 5.56 mm nato.

Estos blindajes protegen contra proyectiles calibre 7.62 mm NATO (.308 Winchester) y del calibre 5.56 mm NATO (.223 Remington). También deben proteger contra monoposta de calibre 12 UAB. Asimismo proporcionan protección contra amenazas de los niveles RB1, RB2 y RB3.

Nivel RB5. Projectiles perforantes calibre 7.62 mm nato.

Estos blindajes protegen contra un disparo de proyectil perforante 7.62 mm NATO (.308 Winchester) "P". Asimismo proporcionan protección contra un solo disparo, como mínimo, de los proyectiles de los calibres correspondientes a los niveles RB1, RB2, RB3 y RB4.

Nivel RBE. Para blindajes de resistencia balística especial.

El RENAR eventualmente podrá autorizar el blindaje para usos especiales, que verifique resistencia balística para un nivel de protección especificado por el usuario.

Estos son los siete niveles de protección existentes en RENAR en función de su capacidad de protección. Además, la norma especifica aun más en la nomenclatura de estos niveles y cómo han de realizarse los ensayos pertinentes para que pueda tomarse el nivel de protección requerido.

Otro dato a añadir es que existe otra norma balística vigente como es la NIJ americana, que se ha tenido también en cuenta a la hora del desarrollo del proyecto; en donde aparecerá reflejada en algunas ocasiones.

Todos los datos sobre la norma RENAR MA.01 están recogidos y descritos en el Capítulo 2 del Anexo 3 del presente proyecto.

4.3. PROGRAMAS DE CÁLCULO.

A continuación se va a enumerar y dar un breve descripción de los disitintos programas de cálculo empleados durante la realización del presente proyecto. El ordeno mostrado viene dado por el orden de aplicación durante el proyecto.

4.3.1. Microsoft Office.

Como en cualquier proyecto de estas características, resulta fundamental tener un adecuado paquete de ofimática para la realización de documentos, presentaciones, hojas de cálculo, etc. Se ha elegido el programa líder en el mercado, Microsoft Office ya que es perfectamente compatible con la mayoría de ordenadores, ofrece unos resultados muy buenos y la mayoría de los programas actuales incorporan herramientas para incluir sus datos en el paquete informático.

4.3.2. Catia

Catia es un programa de diseño 3D de los más relevantes hoy en día. Creado por Dassault Systems, es un programa muy completo en el que se es capaz de crear cualquier objeto tenga la forma que tenga, y desde esa creación, someterla a analisis o diferentes tipos de simulaciones. Es usado por empresas importantes de aeronáuticas como airbus o de automovilismo como SEAT. Tiene distintos módulos, y cada uno de ellos con herramientas diferentes y comunes entre ellos en los que diseñar y simular lo que se precise, desde una simple chapa metálica hasta un avión entero con su sistema eléctrico al completo.

En este proyecto, Catia se ha usado en concreto en el desarrollo del diseño 3D del producto, así como de los planos y los renders obtenidos. También sirvió de soporte para el desarrollo del cálculo de elementos finitos ejecutado en Abaqus.

4.3.3. Abaqus

Abaqus es otro programa desarrollado por Dassault Systems centrado principalmente en solventar una de las debilidades de Catia, los análisis de elementos finitos. Aunque tiene una parte de diseño de piezas, su punto fuerte es el análisis de elementos finitos. Hace análisis de todo tipo, estáticos, dinámicos, de frecuencia, con una gran cantidad de datos y precisión que con Catia no era posible resolver. Lo bueno de este programa, es que es capaz de aceptar modelos virtuales de Catia y así poder trabajar con los dos de forma conjunta y complementarse el uno al otro.

En este proyecto, Abaqus se ha usado para el cálculo de elementos finitos donde se ha simulado un impacto de bala sobre una pancha del material a utilizar.

4.3.5. Photoshop.

Adobe Photoshop es un editor de gráficos rasterizados desarrollado por Adobe Systems. Usado principalmente para el retoque de fotografías y gráficos, su nombre en español significa literalmente "taller de fotos". Es líder mundial del mercado de las aplicaciones de edición de imágenes y domina este sector de tal manera que su nombre es ampliamente empleado como sinónimo para la edición de imágenes en general.

Con él se puede tanto retocar imágenes como crearlas uno mismo con su amplia gama de herramientas específicas para cada tarea. Tiene gran adaptabilidad al usuario y con pocas nociones sobre este, se es capaz de obtener resultados muy sorprendentes.

CAPITULO 5. MARCO METODOLÓGICO Y APLICACIÓN

El marco metodológico para la realización de este proyecto como ya se indicó en el capítulo anterior es el de Diseño Emocional mediante ingeniería Kansei.

La IK (en inglés Kansei Engineering System KES) es una técnica japonesa que permite cuantificar las emociones que evocan ciertos productos para a partir de ellas obtener unos parámetros de diseño concreto. Es una técnica especialmente centrada en el usuario, que tiene en cuenta todos los aspectos emocionales y sensitivos de los futuros consumidores del producto.

Fue desarrollada por el profesor Mitsuo Nagamachi de la universidad de Hiroshima durante los años 80.

<<Es una metodología de desarrollo ergonómico de nuevos productos orientada al consumidor, basada en trasladar y plasmar las imágenes mentales, percepciones, sensaciones y gustos del consumidor en los elementos de diseño que componen un producto>>.

Nagamachi

La ingeniería kansei es aplicable a todas las disciplinas de diseño orientadas a satisfacer necesidades de usuarios, tanto en diseño industrial como en diseño gráfico y diseño multimedia e interactivo pero en todas las disciplinas el resultado es el mismo, crear soluciones con un alto contenido emocional.

Durante la ingeniería kansei el diseñador tiene que resolver varias preguntas fundamentales:

- ¿Quién es mi público objetivo?
- ¿Qué Kanseis espera encontrar ese público en mi producto?
- ¿Cómo plasmo esos Kanseis en parámetros de diseño para mi producto?

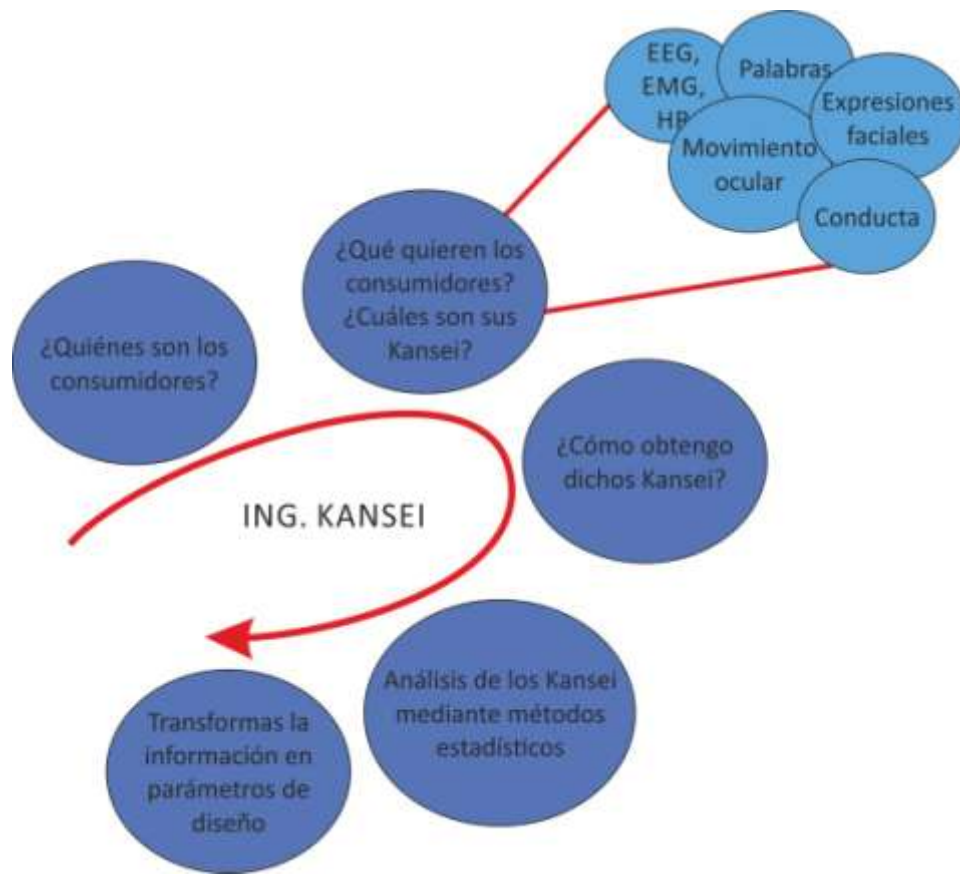


Figura 1. Visión global de la Ing. Kansei

Cuando esas preguntas se resuelven correctamente, se obtendrá un producto que responda a las expectativas emocionales del cliente.

El modelo de referencia empleado en el proyecto, es usado por la mayoría de los autores de estudios de Ingeniería Kansei, sobre todo Simon Schütte en sus excelentes trabajos. Las técnicas empleadas se detallan en el anexo 1, pero en rasgos generales el modelo es el siguiente:

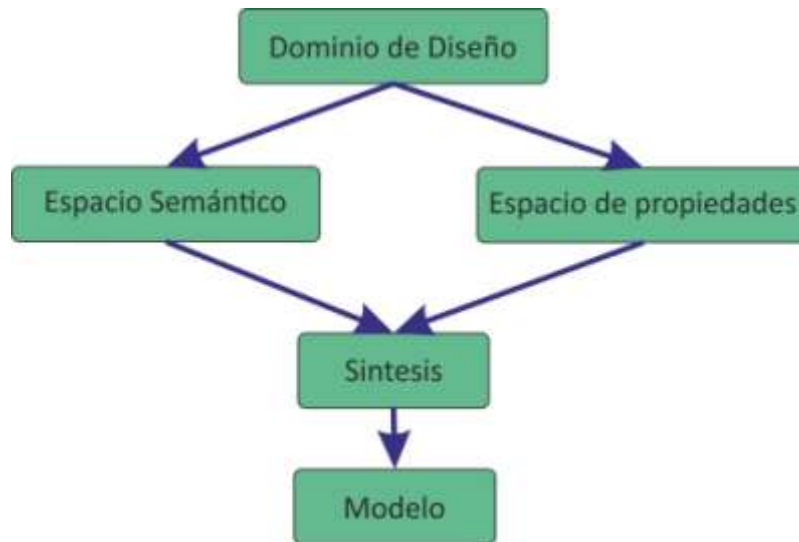


Figura 2. Modelo empleado en la Ing Kansei

En primer lugar se estudia el Dominio de Diseño: en él se identifica el mercado objetivo, se establecen los requerimientos que la marca pretende incluir, se realiza la estrategia empresarial, etc. En este apartado queda completamente definida la base de la que partirá nuestro proceso de diseño.

Cuando el Dominio de Diseño está completamente definido se define el Espacio Semántico y el Espacio de Propiedades. El Espacio Semántico consiste en definir un número reducido de kansei que queremos transmitir. En nuestro diseño el Espacio de Propiedades es la herramienta que permite obtener un número significativo de propiedades que podrían formar parte del diseño. La sinergia del espacio semántico y del espacio de propiedades mediante una técnica estadística concreta permite establecer las propiedades que mejor se adecuan a los kansei que buscan los usuarios.

5.1. DOMINIO DE DISEÑO

En el Anexo 1 se detalla en profundidad el Dominio de Diseño. En este caso se va a realizar un pequeño resumen.

Se van a describir los requerimientos o especificaciones del producto a diseñar. Es decir, los datos de partida establecidos por los agentes influyentes en el proceso de diseño que se deben convertir en características del producto final.

Existen en el proyecto dos agentes que influyen en el establecimiento de los requisitos de diseño ya que cada uno aporta unos requerimientos de diseño distintos. Estos agentes son:

- El diseñador: Al no haber empresa decantada para el diseño y ser este proyecto un prototipo que podrá o no ser comprada por alguna empresa interesada, los requerimientos de diseño serán impuestos por el diseñador en cuestión. Y luego este ofertará a las distintas empresas el producto con el fin de que alguna le interese el proyecto y lo ejecute o mejore.

- El usuario: Los requerimientos de diseño establecidos por el usuario vienen determinados por los resultados de la etapa de Ingeniería Kansei, que aporta como solución los parámetros de diseño que le transmiten al usuario unos Kanseis establecidos más adelante.

La solución de diseño adoptada debe de ser la suma tanto de los requerimientos del diseñador como de los requerimientos del usuario.

El objeto de este proyecto consiste en realizar el diseño de un sistema de protección personal (chaleco antibalas) mediante Ingeniería Kansei. Con este producto se pretende evocar en el usuario emociones similares a las que experimentaría al estar dentro de un recinto protegido ante agresiones balísticas.



Figura 3. Chaleco antibalas de U.S.Armor

El público objetivo del proyecto son todos aquellos agentes de la ley y del servicio militar español especificados en el anexo 2 con mayor detalle con más de 18 años de edad.

Los datos socioculturales del público objetivo son los siguientes:

- En el ejército, el 13 % son mujeres frente al 87% de hombres.
- En la policía, el 12% son mujeres frente al 88% de hombres.

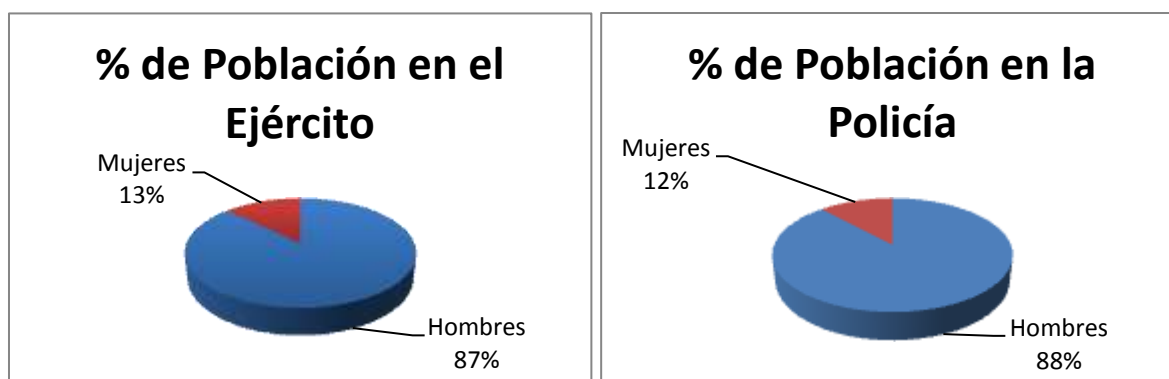


Figura 4. Datos socioculturales del público objetivo

5.2. ESPACIO SEMÁNTICO.

En esta parte del proyecto, se va a proceder a la obtención de los distintos Kanseis que se quieren transmitir con nuestro producto.

La semántica del producto enfatiza el lenguaje comunicativo del producto y presta atención a las emociones y experiencias del usuario, es decir, considera al producto como un portador de mensajes.

En el Espacio Semántico se distinguen dos partes, por una parte la selección y reducción de Kanseis, y por otra el Diferencial Semántico.

El primer paso es la realización de una investigación para obtener un número elevado de Kanseis. Mediante un proceso de búsqueda semántica se establecen una serie de términos kanseis relacionados con la imagen mental y la percepción psicológica que tiene el usuario del producto. Los Kanseis obtenidos son:

| | | |
|------------|------------|------------|
| SEGURO | COMODO | FIABLE |
| ATREVIDO | RADICAL | INNOVADOR |
| RESPETO | MIEDO | CARO |
| ERGONOMICO | ROBUSTO | FUERTE |
| RESISTENTE | FUTURISTA | DURADERO |
| PROTECCION | IMPACTANTE | FANTASTICA |
| ORIGINAL | SIMPLE | CALIDAD |

Figura 5. Kanseis obtenidos del producto.

En total hay 21 kanseis que pueden resultar excesivos para la siguiente fase del Diferencial Semántico por lo que resulta imprescindible una reducción.

Para ello, se procede a realizar un análisis de afinidad sobre el conjunto de kanseis con el objetivo de agruparlos. Un análisis de afinidad para este caso no es más que ordenar u organizar las palabras en función de una serie de características comunes que representan.

| | | | |
|------------|------------|------------|------------|
| SEGURO | ATREVIDO | MIEDO | COMODO |
| FUERTE | FANTASTICA | IMPACTANTE | CALIDAD |
| RESISTENTE | ORIGINAL | CARO | ERGONÓMICO |
| PROTECCIÓN | FUTURISTA | RESPECTO | |
| ROBUSTO | INNOVADOR | | |
| FIABLE | SIMPLE | | |
| DURADERO | RADICAL | | |

Figura 6. Agrupación de palabras Kansei.

Después de hacer la agrupación y obtener los distintos grupos, se obtiene un kansei representativo de cada uno de estos, dando lugar a los kanseis elegidos.

- KANSEI 1: Poderoso
- KANSEI 2: Futurista
- KANSEI 3: Respeto
- KANSEI 4: Ergonómico

La segunda parte del Espacio Semántico es el Diferencial Semántico. Esta técnica permite medir la percepción que los consumidores tienen de un producto. Fue creada por Osgood, George Suci, y Percy Tannenbaum en el año 1957.

El Diferencial Semántico es una técnica para la investigación psicosocial que permite responder a la pregunta ¿Cuál es el significado afectivo de un concepto determinado?

El Diferencial Semántico no aporta información sobre el significado del objeto o imagen, sino sobre las emociones o percepciones que genera. Con esta técnica se puede medir el significado afectivo, subjetivo y connotativo de los conceptos.

Hay que realizar una investigación para obtener un grupo de imágenes representativas de soluciones similares para que sean evaluadas en el Diferencial Semántico. Estas imágenes serán evaluadas por un grupo de sujetos sobre los Kanseis obtenidos en la etapa anterior, para obtener una definición emocional de los productos.

La búsqueda se realizó en Internet y dio como resultado 15 imágenes de distintos chalecos antibalas.



Figura 7. Mosaico con las muestras empleadas en el Diferencial Semántico.

Quando se tienen las imágenes y los kansei con los que evaluarlas se realiza la encuesta del Diferencial Semántico. En esta encuesta en la que los usuarios valorarán cuantitativamente el grado de emoción en relación al producto mostrado.

Según la clasificación de Diferencial Semántico [Anexo 1: Estado del Arte de la Ingeniería Kansei. Capítulo] La encuesta expuesta a los usuarios es de tipo etiqueta con 7 niveles [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] En la imagen se muestra un ejemplo de uno de los productos del cuestionario. Antes de realizar la encuesta se les ofreció a los encuestados una pequeña introducción sobre la ingeniería Kansei y el modo en el que se deben evaluar las distintas imágenes.

El número total de encuestados ha sido 10, de diferentes edades y sexo, y no relacionadas con el ámbito profesional que usarían estos chalecos. Cada encuesta muestra las 15 posibilidades de productos, con 4 kanseis a evaluar. Esto hace un total de 60 elecciones por usuario.



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Poderoso | | | | x | | | |
| Futurista | | | | x | | | |
| Respeto | | | | x | | | |
| Ergonómico | | | | x | | | |

Figura 8. Ejemplo de escala Likert.

La encuesta está reflejada en el apéndice A. La valoración media de cada Kansei para cada una de las 15 imágenes observadas se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 1. Resultados obtenidos de la valoración kansei.

| Producto | Poderoso | Futurista | Respeto | Ergonómico | media |
|----------|----------|-----------|---------|------------|-------|
| 1 | 2.9 | 1.8 | 3.4 | 4.7 | 3.2 |
| 2 | 5.8 | 6.3 | 5.2 | 4 | 5.325 |
| 3 | 2.8 | 2.4 | 2.7 | 4.9 | 3.2 |
| 4 | 4.4 | 2.9 | 4.2 | 4.5 | 4 |
| 5 | 2.9 | 2.8 | 2.8 | 4.6 | 3.275 |
| 6 | 4.5 | 3.2 | 4 | 3.1 | 3.7 |
| 7 | 4.7 | 3.4 | 4.2 | 3.7 | 4 |
| 8 | 6.3 | 6.5 | 6 | 4.2 | 5.75 |
| 9 | 4.1 | 3 | 4.9 | 4.7 | 4.175 |
| 10 | 5.5 | 5.8 | 5.2 | 5 | 5.375 |
| 11 | 4.4 | 4 | 4.5 | 4.5 | 4.35 |
| 12 | 4.1 | 3.3 | 4 | 4.3 | 3.925 |
| 13 | 4.7 | 4.6 | 4.8 | 5.2 | 4.825 |
| 14 | 5.1 | 6.2 | 4.6 | 3.3 | 4.8 |
| 15 | 5.6 | 4.8 | 5.4 | 4.4 | 5.05 |

5.3. ESPACIO DE PROPIEDADES

Una vez establecido el Espacio Semántico del producto procedemos a la realización del Espacio de Propiedades.

Se eligen una serie de propiedades generales del producto. En este caso, la forma del chaleco, el tipo de material, los cierres, los accesorios, el nivel de protección, el tipo y el color. Estas propiedades se subdividen a su vez en diferentes categorías en torno a la propiedad inicial.

- Forma:
 - Anguloso
 - Rectangular
 - Curvilíneo
 - Esférico
- Cierres:
 - De velcro
 - De hebilla y correas
 - Por Snap Fit
 - Sin cierres
 - Por Anclajes
- Accesorios:
 - Con correas para añadir accesorios
 - Sin correas para añadir accesorios
- Tipo:
 - Flexible
 - Rígido
 - Rígido/Flexible
- Color:
 - Camuflaje
 - Liso

Con el fin de simplificar la cantidad de opciones para las encuestas que se realizarán posteriormente, de estas siete propiedades se han escogido cuatro: Forma, Color, Tipo, Nivel de Protección.

Forma. La forma es la propiedad la cual va a caracterizar como va a ser morfológicamente nuestro diseño. Existen distintos tipos y variedades de formas para un chaleco antibala, pero para este caso se ha tratado de reducirlas a cuatro formas básicas que se podrán incluso combinar entre ellas llegado el caso:

- Anguloso. Con bordes rectos acabados en ángulos



Figura 9. Armadura con acabado anguloso.

- Curvilíneo. Con bordes y líneas curvas.



Figura 10. Prototipo con líneas curvas.

- Rectangular. Con líneas rectas como diseño predominante



Figura 11. Chaleco con diseño rectangular.

- Esférico. Con formas predominantes esféricas



Figura 12. Armadura con formas predominantes esféricas

Tipo. El tipo va a marcar como se quiere que sea el chaleco en cuestión, rígido, flexible o combinación de los dos, rígido/flexible.

- Rígido: Un chaleco rígido puede otorgar ciertos beneficios por su dureza y resistencia, pero también puede tener contras muy importantes como la ergonomía de este.



Figura 13. Chaleco Rígido con placas balísticas.

- Flexible. Un chaleco flexible tiene una gran adaptación al cuerpo del usuario además de permitir una mayor amplitud de movimientos que el rígido. Por el contrario, el nivel de protección que ofrece puede llegar a ser menor que uno rígido.



Figura 14. Chaleco flexible.

- Rígido/Flexible. Un chaleco que sea rígido/flexible combina las características de las dos anteriores, reduciendo los contras que tienen y aumentando los pros.



Figura 15. Chaleco Rígido/Flexible

Color. El color vendrá determinado por el usuario del chaleco o la empresa encargada de obtenerlos. Se parten de dos tipos, camuflaje y liso.

- Camuflaje. El camuflaje ayuda a ocultar al individuo según el terreno en el que se encuentre en ese momento. Existen diferentes tipos de camuflajes, ya sea para urbano, selva, desiertos o nieve.



Figura 16. Chaleco con camuflaje de selva.

- Liso. El color liso, es decir, unitono para todo el chaleco. Es el más común y el más sencillo. Desde colores típicos como el negro y el blanco o incluso con combinaciones de color.



Figura 17. Chaleco negro liso.

Accesorios. Muchos chalecos, por motivos de necesidad, son recomendables que tengan partes supletorias para añadir distintos accesorios, como munición, equipos de supervivencia. De esta forma, todo está a mano además de que el peso de estos se encuentra repartido por el cuerpo del usuario. Debido a esto, existen:

- Con partes para accesorios. Chalecos con adhesiones para añadir accesorios. Muy usados en el ejército y fuerzas especiales.



Figura 18. Chaleco con accesorios.

- Sin partes para accesorios. Chalecos simples sin adhesiones para accesorios.



Figura 19. Chaleco sin accesorios.

Cierres. Los cierres son los distintos sistemas de sujeción del chaleco al cuerpo del usuario. Van a encontrarse tres tipos distintos de cierres: Por velcros, correas o sistemas de cierre avanzados.

- Velcros. Son los más comunes entre los chalecos antibalas por su comodidad de uso y seguridad de agarre.



Figura 20. Chaleco con sujeción por velcro.

- Correas. Son menos comunes pero se usan en función de la necesidad.



Figura 21. Chaleco con sujeción por correas.

- Sistemas de sujeción avanzados. En esta categoría se incluyen sistemas de cierre los cuales no son ni velcros, ni correas, si aquellos sistemas como por ejemplo Snap Fit, cierres magnéticos, de anclajes.



Figura 22. Chaleco de sujeción por Snap Fit

El siguiente paso consiste en catalogar los productos evaluados en el Diferencial Semántico con estas propiedades. Para ellos se va a realizar una tabla SI - NO en la que las filas son los productos evaluados y las columnas las subpropiedades o niveles a evaluar.

En cada celda se pondrá SI o NO dependiendo de si el producto tiene o no la subpropiedad evaluada.

El resultado es el que se aprecia a continuación:

Tabla 2. Valoración de subpropiedades de los chalecos seleccionados para la encuesta.

| | FORMA | | | | CIERRE | | | ACCESORIOS | | TIPO | | | COLOR | |
|----|----------|------------|-------------|----------|--------|---------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------|--------|-----------------|-----------|------|
| | Anguloso | Curvilíneo | Rectangular | Esférico | Velcro | Correas | Sistemas de sujeción avanzado | Con partes para accesorios | Sin partes para accesorios | Flexible | Rígido | Rígido/Flexible | Camuflaje | Liso |
| | N11 | N12 | N13 | N14 | N21 | N22 | N23 | N31 | N32 | N41 | N42 | N43 | N51 | N52 |
| 1 | NO | SI | SI | NO | SI | NO | NO | SI | NO | SI | NO | NO | NO | SI |
| 2 | SI | SI | SI | SI | NO | NO | SI | NO | SI | NO | SI | NO | NO | SI |
| 3 | NO | SI | NO | NO | SI | NO | NO | NO | SI | SI | NO | NO | NO | SI |
| 4 | NO | SI | NO | SI | SI | NO | NO | SI | NO | SI | NO | NO | SI | NO |
| 5 | NO | NO | SI | NO | SI | NO | NO | SI | NO | SI | NO | NO | NO | SI |
| 6 | SI | NO | SI | NO | NO | NO | SI | SI | NO | NO | NO | SI | SI | NO |
| 7 | SI | NO | SI | NO | SI | NO | NO | SI | NO | SI | NO | NO | NO | SI |
| 8 | SI | SI | NO | NO | NO | NO | SI | NO | SI | NO | NO | SI | NO | SI |
| 9 | NO | SI | NO | NO | NO | NO | SI | SI | NO | SI | NO | NO | NO | SI |
| 10 | SI | SI | SI | NO | NO | SI | NO | NO | SI | NO | SI | NO | NO | SI |
| 11 | SI | NO | NO | NO | NO | SI | NO | NO | SI | NO | SI | NO | NO | SI |
| 12 | NO | SI | NO | NO | SI | NO | NO | SI | NO | SI | NO | NO | SI | NO |
| 13 | SI | SI | SI | NO | NO | NO | SI | SI | NO | NO | SI | NO | NO | SI |
| 14 | SI | NO | SI | NO | NO | SI | NO | NO | SI | SI | NO | NO | SI | NO |
| 15 | SI | NO | SI | NO | NO | NO | SI | SI | NO | NO | NO | SI | NO | SI |

El criterio para codificar dichas variables para futuros análisis es el siguiente:

$$X_i \begin{cases} 1 \rightarrow \text{Si la subpropiedad o nivel se encuentra presente en el producto (SI)} \\ 0 \rightarrow \text{Si la subpropiedad o nivel no se encuentra presente en el producto (NO)} \end{cases}$$

De esta manera la codificación del Espacio de Propiedades queda definida de la siguiente manera:

Tabla 3. Valoración de la Tabla 2 pero con el criterio anterior.

| | FORMA | | | | CIERRE | | | ACCESORIOS | | TIPO | | | COLOR | |
|----|----------|------------|-------------|----------|--------|---------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------|--------|-----------------|-----------|------|
| | Anguloso | Curvilíneo | Rectangular | Esférico | Velcro | Correas | Sistemas de sujeción avanzado | Con partes para accesorios | Sin partes para accesorios | Flexible | Rígido | Rígido/Flexible | Camuflaje | Liso |
| | N11 | N12 | N13 | N14 | N21 | N22 | N23 | N31 | N32 | N41 | N42 | N43 | N51 | N52 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 7 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 9 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 12 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 14 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 15 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |

5.4. SINTESIS

Ingeniería Kansei tipo I

Descripción general de Tipo I

La Ingeniería Kansei tipo I es la más fácil de entender y de introducir. Este método rompe un concepto de producto orientado hacia un concepto más detallado, y mientras se expande a varios niveles, se interpreta en términos de las características físicas del diseño del producto. La figura 23 ilustra este concepto.

5.4.1. Paso 1: Identificación del Target.

Identificar el grupo de mercado objetivo incluye determinar a quién está destinado el producto que va ser vendido y cómo saber dominar los Kanseis de esas personas. En primer lugar, decidir sobre el grupo objetivo de mercado: por ejemplo, niños o adultos, o las mujeres jóvenes o jóvenes. Esto puede ser determinado por los expertos en el campo de productos de la compañía, o de los resultados de una encuesta de marketing. Tomar una decisión basada en suficientes datos de la encuesta y amplios estudios.

5.4.2. Paso 2: Determinación del concepto de producto.

Cuando el mercado final ha sido decidido, hay que ver qué tipo de concepto de producto debe ser incorporado en el producto que se va a desarrollar para los clientes. Por supuesto, esto debe hacerse mediante una encuesta y el estudio de la forma de vida y otros aspectos del objetivo. Se puede determinar el concepto mediante la consulta del personal de I + D cualificados y con experiencia, mediante la recopilación de numerosos datos. Por ejemplo, si el grupo objetivo son chicas jóvenes, recoger datos sobre su estilo de vida y las tendencias y cómo éstos se relacionan con la moda, así como otras tendencias de productos para este grupo objetivo. En la ingeniería Kansei, el concepto de producto se llama "concepto kansei de orden cero".

En este paso, si sólo se recoge un producto específico (por ejemplo, un coche compacto para las mujeres), tomar una estimación arriesgada para dicho grupo objetivo puede conducir al fracaso.

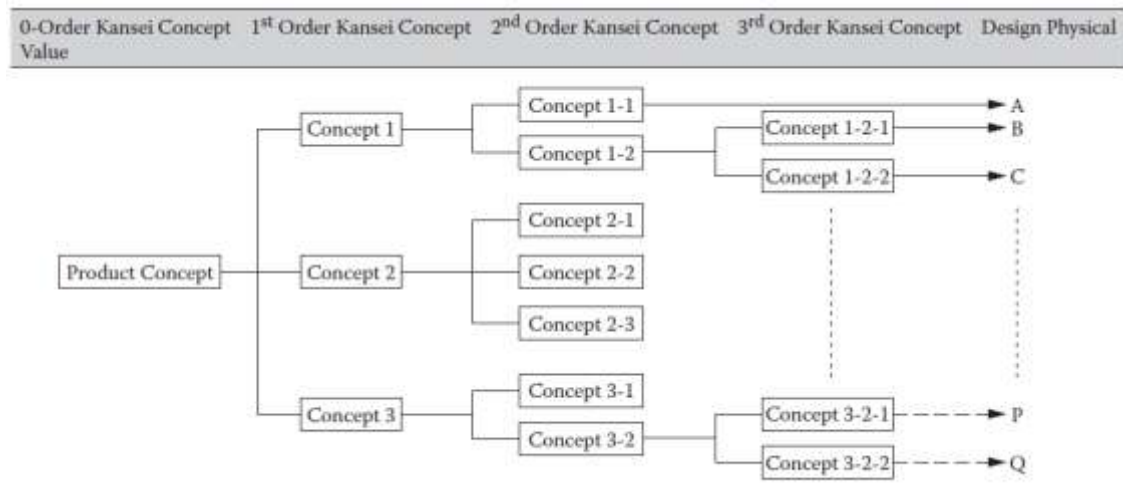


Figura 23. Árbol Jerárquico de conceptos Kansei

5.4.3. Paso 3: Rompiendo el Concepto de Producto

Dado que el objetivo de la ingeniería Kansei es crear un producto específico que coincide con Kansei del humano, con sólo un concepto de producto, no hay ninguna referencia al tamaño, el tipo de función, o el color del producto. Así, como se muestra en la Figura 24, el concepto de producto se divide en varios niveles hasta que las características físicas del diseño pueden ser correctamente asignados.

En primer lugar, hay que tratar de expresar lo que el contenido del concepto de producto trata en otro concepto. Hay varios subconceptos que se pueden utilizar para romper el concepto de producto. Se van a describir todos ellos en detalle. El primer subconcepto en el nivel de concepto de producto se llama "concepto Kansei de primer orden".

- En este paso, el Método KJ se puede aplicar. Por ejemplo, se parte de que el concepto Kansei de orden cero es gente amable. Hay que anotar todas las palabras que describen a este concepto en las tarjetas de KJ individuales. Palabras del Grupo de acuerdo con la similitud, y darle un título a cada grupo. Como puede verse en la figura 25, dos grupos son creados para el concepto de "gente amable" en el concepto Kansei de primer orden, y se asumen que los grupos se titulan "acogedor para todos" y "simple", respectivamente.

En esta etapa, todavía no hay una pista sobre cómo se vería producto *gente amable*. Por lo tanto, las cartas de cada grupo se clasifican y se despliegan para promover los conceptos de orden inferior que describen cada categoría. En el caso del método KJ, las tarjetas seleccionadas se sacan y se ponen como un título para cada grupo, y las palabras que se asocian con ellos se incluirán en el grupo. El resultado será algo parecido a lo que se muestra en la Figura 25.

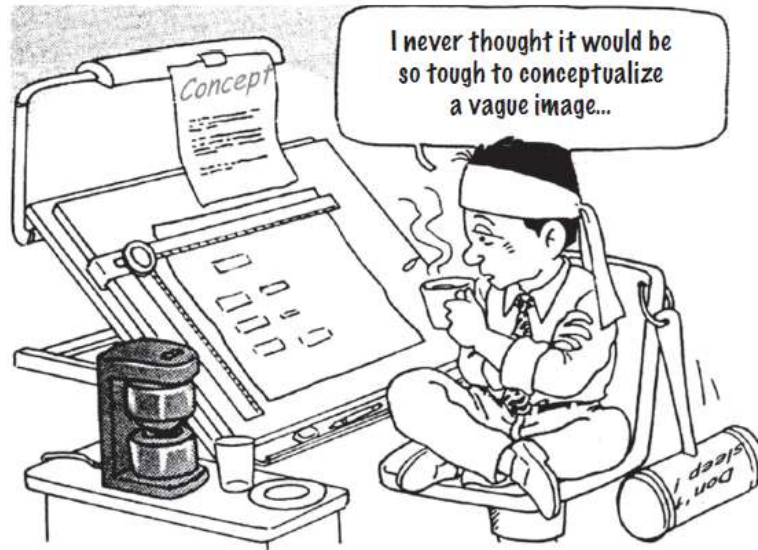


Figura 24. La descomposición del concepto de producto.

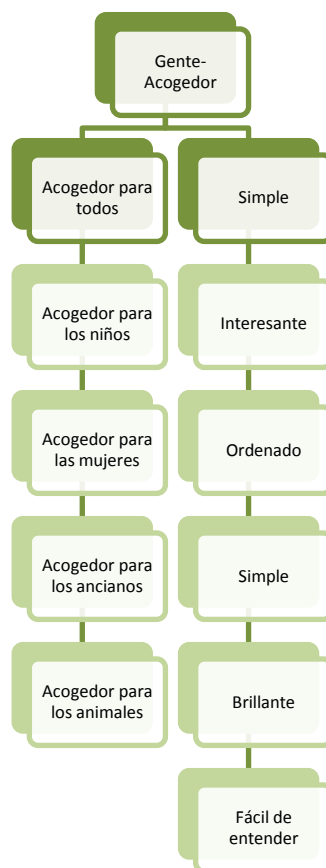


Figura 25. Ingeniería Kansei tipo 1 usando el Método de KJ para el concepto *Gente Amable*.

5.4.4. Paso 4: Implementación de características del diseño físico

- En comparación con la figura 25, el concepto se ha vuelto más detallado y más fácil de entender en la Figura 26. En este ejemplo, el concepto *acogedor para todos* se ha

desplegado hasta el concepto Kansei tercer orden, mientras que el concepto *simple* es hasta el concepto Kansei cuarto orden.

Cuando se llega a esta etapa, ya es posible averiguar el peso y la forma del nuevo producto, tales como *peso ligero*, *fácil de llevar*, y así sucesivamente. También se puede relacionar el concepto de palabras técnicas para averiguar qué tipo de automatización se va a hacer, por palabras clave, tales como *la función es simple* o *automatización*. A partir de palabras clave tales como *apariencia simple*, *peso ligero*, se puede averiguar el diseño de la apariencia, mientras que *tono brillante*, puede derivar el color para el diseño de la apariencia.

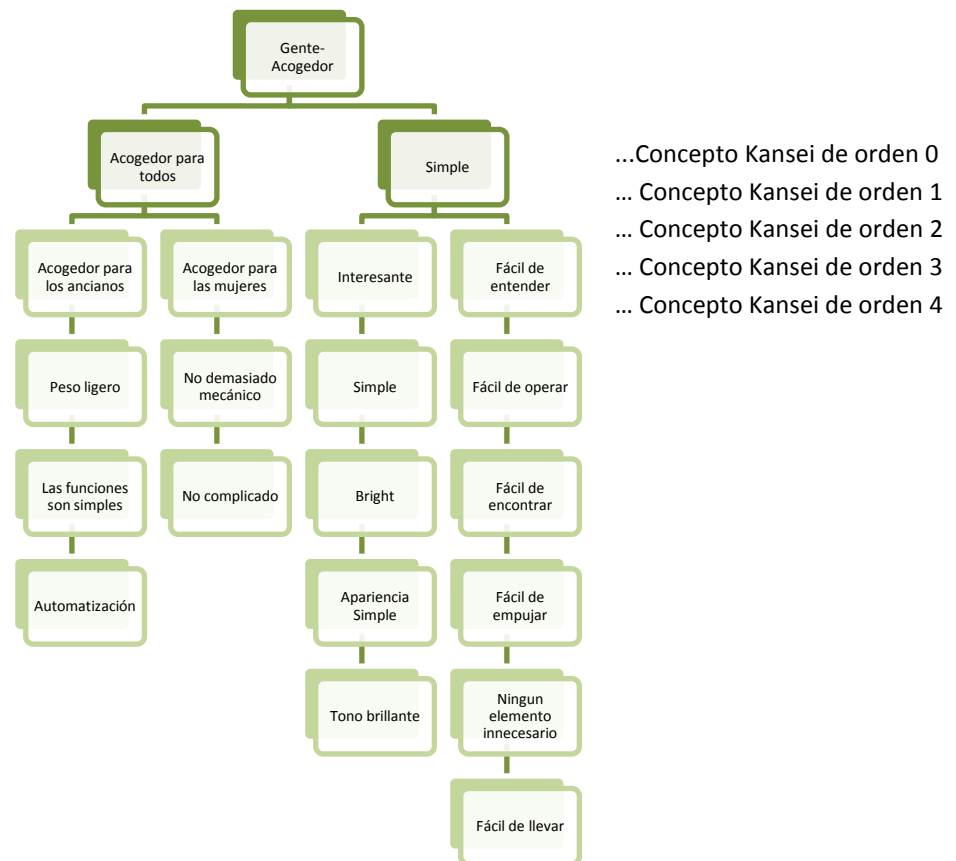


Figura 26. Expansión de la figura 25. para conceptos Kansei de orden 3 y 4.

Como se ha descrito anteriormente, cuando se desglosa más y más el concepto de producto, qué al principio era muy general y vago, en conceptos de orden inferior, se llega a una etapa en la que aparecerán las características de diseño físico sin siquiera darse cuenta. En este punto, es posible seguir para decidir las características físicas tales como el tamaño, diseño del aspecto, color y función.

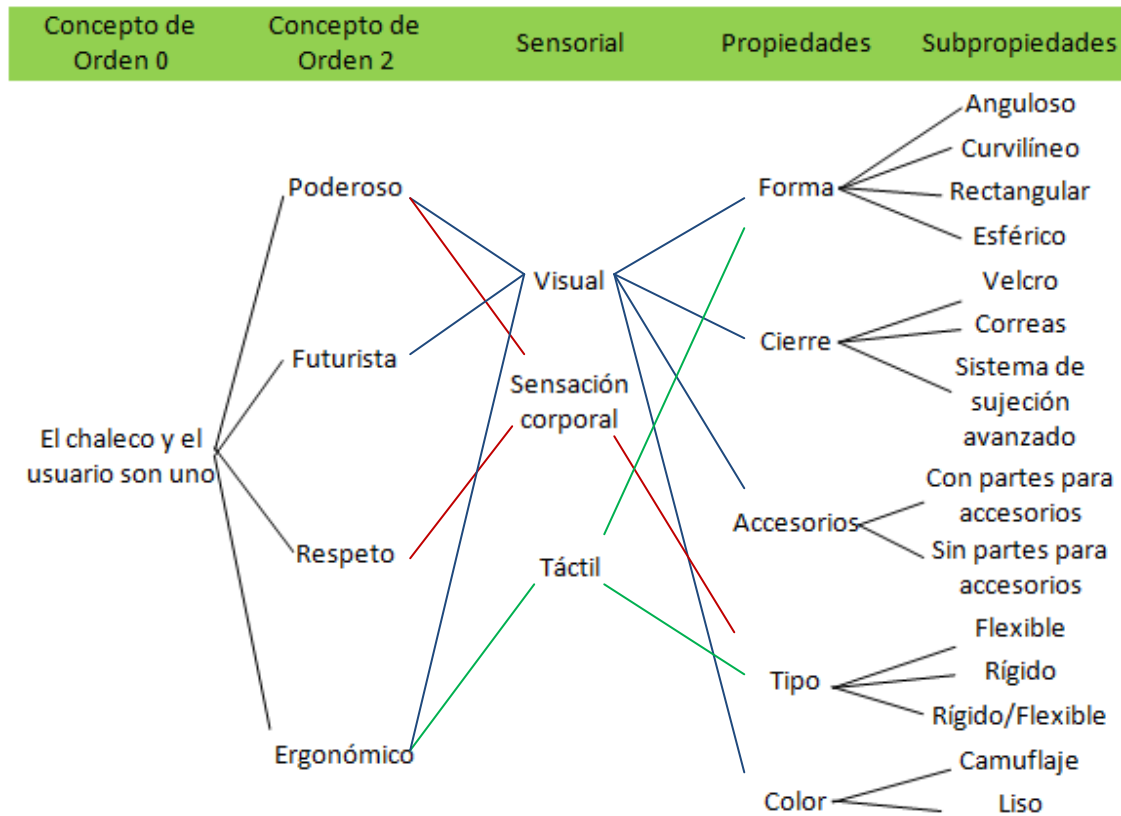


Figura 27. Modelo de IK tipo I

Ahora se va a proceder a obtener, desde las tablas de propiedades y kanseis, que chalecos son los más valorados por los encuestados, y a partir de ahí, establecer las futuras características del producto en el breafing de diseño. El modo para saber cuáles son las características dominantes es visualizar, comparando los tres primeros chalecos, de que están compuestos o mejor dicho, que subpropiedades los componen. Las comunes pasarán directamente a formar parte de grupo de características del breafing, y en las no comunes, el diseñador será el encargado de hacer la criba respectiva para obtener el resultado final. Es posible además que este pueda añadir alguna característica más al breafing ya sea porque falte o porque la ve conveniente para el producto final.

Los tres chalecos con mayor nota media sobre los demás son el número ocho con un 5,75 sobre 7, el diez con un 5,375 y el número dos con un 5,325 sobre 7.



Figura 28. Chalecos 8, 10 y 2 de izquierda a derecha.

Ahora, según la tabla de propiedades y subpropiedades, hay que establecer que características tienen en común estos chalecos para obtener así el breafing de diseño.

Tabla 4. Comparación del espacio del propiedades de los tres primeros chalecos kanseis de la escuela.

| | FORMA | | | | CIERRE | | | ACCESORIOS | | TIPO | | | COLOR | |
|----|----------|------------|-------------|----------|--------|---------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------|--------|-----------------|-----------|------|
| | Anguloso | Curvilíneo | Rectangular | Esférico | Velcro | Correas | Sistemas de sujeción avanzado | Con partes para accesorios | Sin partes para accesorios | Flexible | Rígido | Rígido/Flexible | Camuflaje | Liso |
| | N11 | N12 | N13 | N14 | N21 | N22 | N23 | N31 | N32 | N41 | N42 | N43 | N51 | N52 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |

A primera vista es posible apreciar ya una serie de similitudes entre los tres chalecos seleccionados con mayor nota media. Pero para una mayor comprensión a la hora de entender la tabla se han distribuidos en colores en función de:

- **Rojo.** Si la subpropiedad se repite en los tres chalecos.
- **Naranja.** Si la subpropiedad solo se repite en dos de los tres chalecos.
- **Amarillo.** Si la subpropiedad solo se produce en un chaleco.
- **Blanco.** Si ningún chaleco comparte esa subpropiedad.

Con esto, ya es posible empezar a obtener las primeras subpropiedades que formarán parte del breafing de diseño.

Como se ha comentado anteriormente, aquellas subpropiedades que no se compartan en los tres chalecos y aparezcan en uno, dos o ninguno, será el diseñador el que criterice si deben o no pertenecer al breafing.

Con el color **rojo** se observa que hay cuatro subpropiedades con este color; *anguloso*, *curvilíneo*, *sin partes para accesorios* y *liso*. Estas cuatro subpropiedades pasarán automáticamente a pertenecer dentro del breafing de diseño.

Con el color **naranja** existen tres subpropiedades que comparten este color; *rectangular*, *sistema de sujeción avanzado* y *rígido/flexible*. El color naranja hacía referencia a subpropiedades que aparecen en dos de los tres chalecos. Y es por ello, que como criterio del diseñador, y al aparecer en dos de los tres chalecos, este va a optar por incorporarlos dentro del breafing de diseño por el simple hecho de que son mayoría.

De **amarillo** también hay tres subpropiedades; *esférico*, *correas* y *rígido*. Recordar que el color amarillo solo se mostraba en casos donde solo un chaleco tiene esa subpropiedad. Y en este caso, siguiendo el criterio anterior de mayoría, estas tres propiedades no formarán parte del breafing final.

Y ya por último de color **blanco** hay cuatro subpropiedades; *velcro*, *con parte para accesorios*, *flexible* y *camuflaje*. Aunque siguiendo el proceso de selección por mayoría de si los chalecos tienen una subpropiedad o no, es claramente evidente que estas cuatro subpropiedades no aparecen en ninguno de ellos. Pero en este caso y por parte del diseñador y por requerimientos del diseño, solo la subpropiedad de *velcro* será la que se añada al breafing de diseño final.

Así que, después de observar y analizar los tres mejores chalecos elegidos por los encuestados, y comparar las subpropiedades que han hecho posible que los kanseis que se quieren transmitir sean más fuertes que la mayoría, las siguientes subpropiedades son las que pasarán al breafing de diseño:

- | | |
|------------------------------|--------------------------------|
| - Anguloso | - Liso |
| - Curvilíneo | - Rectangular |
| - Sin partes para accesorios | - Sistema de sujeción avanzado |
| - Rígido/Flexible | - velcro |

CAPITULO 6. DISEÑO Y DESARROLLO DEL CHALECO ANTIBALAS

En este capítulo se va a "dar forma" al diseño del producto.

El modelo de diseño que se va a seguir es el siguiente: los requisitos de diseño, obtenidos en el Capítulo 5 de la presente Memoria, van a provenir de dos agentes diferentes (el diseñador y el usuario). A partir de dichos requerimientos se va a realizar un diseño conceptual del producto o ingeniería básica. Una vez concretada cuál va a ser la solución de diseño adoptada se va a proceder a la realización del diseño de detalle.

Tras estos tres pasos el diseño del producto quedará completamente definido.

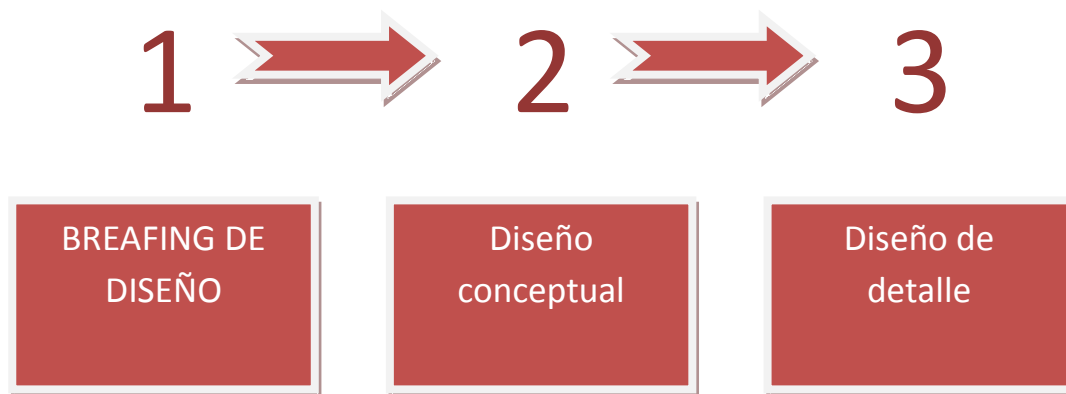


Figura 29. Pasos para el diseño de producto.

6.1 BREAFIG DE DISEÑO.

Para plantear el diseño del producto hay que volver hacia atrás para ver cuales son los requerimientos o especificaciones que debemos tener en cuenta a la hora de diseñar el producto.

La mayoría de las marcas del mercado tienen en sus productos patrones de diseño o aspectos estéticos comunes. Esto permite a la marca tener su propia identidad y diferenciarse de la competencia. Los requisitos establecidos por el diseñador van a permitir dotar al producto de la personalidad.

Después de analizar los kanseis del producto junto con las propiedades y subpropiedades de este, se obtienen una serie de subpropiedades elegidas por los usuarios en su gran mayoría, y una parte también por el diseñador. Al final, lo que se obtiene simplemente son las características físicas que van a suponer la guía para el desarrollo final del producto. Esto quiere decir, que una vez concluido el producto final, este tiene que cumplir con las características desarrolladas en el breafing de diseño.

Hay dos tipos de breafing, un primer breafing que es el que ha sido obtenido gracias a las encuestas hacia los usuarios, de los cuales se han conseguido casi todas las características. Y un segundo breafing que será dando finalmente por el diseñador. El segundo breafing es debido a que hay características que no se han podido conseguir a través de las encuestas y

son de relativa importancia para el diseño final, y otras por el simple hecho de que el diseñador consideraba pertinente que esa propiedad estuviese representada en el diseño final.

6.1.1. Briefing de diseño por ingeniería Kansei.

En este punto, estarán representadas todas aquellas subpropiedades obtenidas mediante un estudio de los kanseis del producto con sus propiedades y sus subpropiedades. Estas, tienen la característica que han sido elegidas por los usuarios, y tras las comparaciones, se han conseguido estas subpropiedades:

- **Anguloso.** Esta propiedad hace referencia a la forma del producto final. Este deberá de tener partes pronunciadas en las que se aprecien zonas donde la unión de dos o más partes formen ángulo entre sí.
- **Liso.** Un color liso será el que componga el producto final, es decir, lejos de combinaciones de colores y de otro tipo de juego con estos. Unitono principalmente, y ya, en caso de un posible rediseño, considerar la posibilidad de un cambio de color o colores.
- **Curvilineo.** Habla sobre el predominio de líneas curvas en el diseño final del producto. Esta característica, como angulosa y rectangular, han de estar conectadas entre ellas, tratando de mostrar sinergia entre sí.
- **Rectangular.** También será necesario que existan partes rectangulares, es decir, líneas rectas que hagan, como se ha descrito arriba, sinergia con las otras dos subpropiedades relacionadas con la forma del chaleco.
- **Sin partes para accesorios.** Un chaleco sin accesorios puede resultar ventajoso y a la vez con ciertos inconvenientes para un usuario final. Pero para el diseño final, los encuestados visualizaron más unos diseños donde no existiesen partes donde añadir accesorios. De igual modo, es posible añadirlos en cinturones especializados para ello y en un futuro rediseño si resulta vital su aplicación.
- **Sistema de sujeción avanzado.** Este tipo de sistema será acoplado en la parte rígida del chaleco. El sistema en si puede ser de varios tipos, por snap fit, imanes, uniones mecánicas. Ello dependerá finalmente del proceso de diseño y de la empresa contratante.
- **Rígido/Flexible.** Un chaleco que combina una parte rígida y una parte flexible. La rígida protege toda la zona de las costillas ofreciendo mayor dureza y seguridad. Mientras que la parte flexible hace que el usuario pueda moverse sin impedimentos y no se vea atosigado por no poder moverse cómodamente pero manteniendo siempre la seguridad del portador.

6.1.2. Briefing de diseño por requerimientos del diseño.

Es aquí donde las características no han sido seleccionadas por parte de los encuestados, sino más bien por parte del diseñador o simplemente porque el diseño final del producto hace que sea necesario que esa propiedad estuviese reflejada. Las subpropiedades son:

- **Velcro.** En este caso ha sido necesario introducirlo ya que el diseño de la camisa abdominal imponía una unión por velcro. Era imprescindible crear una unión de telas que sea fuerte e impida el movimiento de estas ofreciendo una mayor sujeción al cuerpo del portador.
- **Kevlar.** Debido a sus excelentes propiedades mecánicas y al ser uno de los materiales más usados en la industria de equipos de defensa, se ha optado por usar el kevlar como material principal para el producto final. Se encontrará en dos formas diferentes; en forma rígida mezclado con una resina epoxi para la parte superior del chaleco, y en forma de telas apiladas para la parte inferior de este.

6.2. DISEÑO CONCEPTUAL.

En el diseño conceptual se ofrece una visión global del producto, sin entrar en el diseño de detalles. En la figura se aprecia los conceptos que han servido de inspiración para el diseño del producto.



Figura 30. Imágenes guía para la obtención del producto.

Para concretar los bocetos anteriores vamos a explicar cómo se han implementado las propiedades que debía poseer nuestro producto, según el estudio de Ingeniería Kansei y el análisis de los productos.

Tamaño. El diseño en que debe tener un tamaño aproximado a la comprensión media de un humano.

Estructura. Debido a la síntesis de ingeniería que se sea, todo que el producto debía de ser modular, formado por una parte rígida y otra flexible. En el diseño de la parte rígida se ha optado por usar formas curvilíneas y angulosas, mientras que en la flexible hay predominio de las líneas recta.

Material. El material a elegir será un material compuesto de los descritos en el anexo tres. Además, en la parte rígida, debido al diseño, es posible añadir una capa metal de refuerzo como acero o titanio, combinándolo así con el material compuesto, otorgando una mayor protección.

Colores. Se va a optar por el color negro, ya que es un color que aporta muchas de las emociones que se quieren transmitir con el producto.

Para la obtención del Sketch Final que servirá de guía para el diseño del producto final, se ha partido de la imagen central de las tres mostradas antes y gracias a la herramienta de photoshop y una tableta gráfica se ha procedido a ir obteniendo el diseño base para luego añadir detalles al dibujo.

Lo primero de todo el proceso de creación del boceto original, fue la obtención de un modelo de cuerpo humano a seguir para incorporarle los "detalles" del chaleco. Este primero boceto se creó en una nueva capa para no interferir en el dibujo original. Además, de este modo, era posible el control de cada uno de los pasos a seguir y la posible futura edición de todas sus capas.

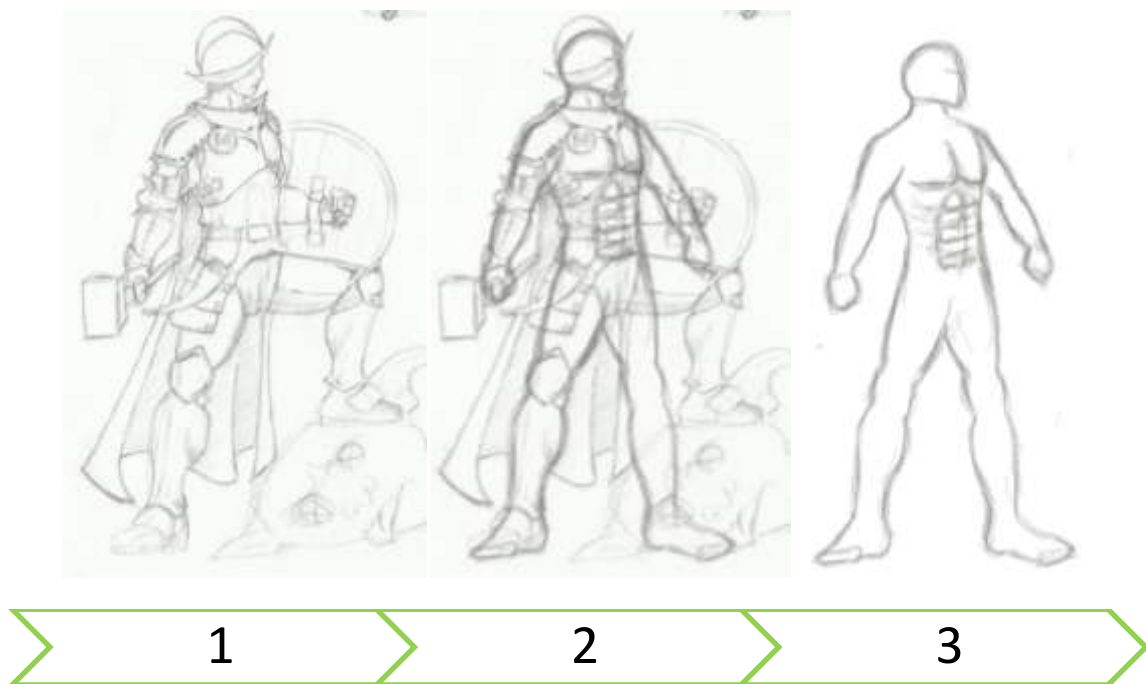


Figura 31. Proceso de obtención del boceto humanoide.

Después de haber obtenido el cuerpo en el cual va a estar representado el chaleco, se procede al diseño en si del prototipo o idea principal de donde se va a partir al diseño de detalle final. Aunque al final, el boceto no coincida al cien por cien con el objeto final, si que se empezó sobre esta base pero posteriormente se fue combinando con un toque más "Iron Man".

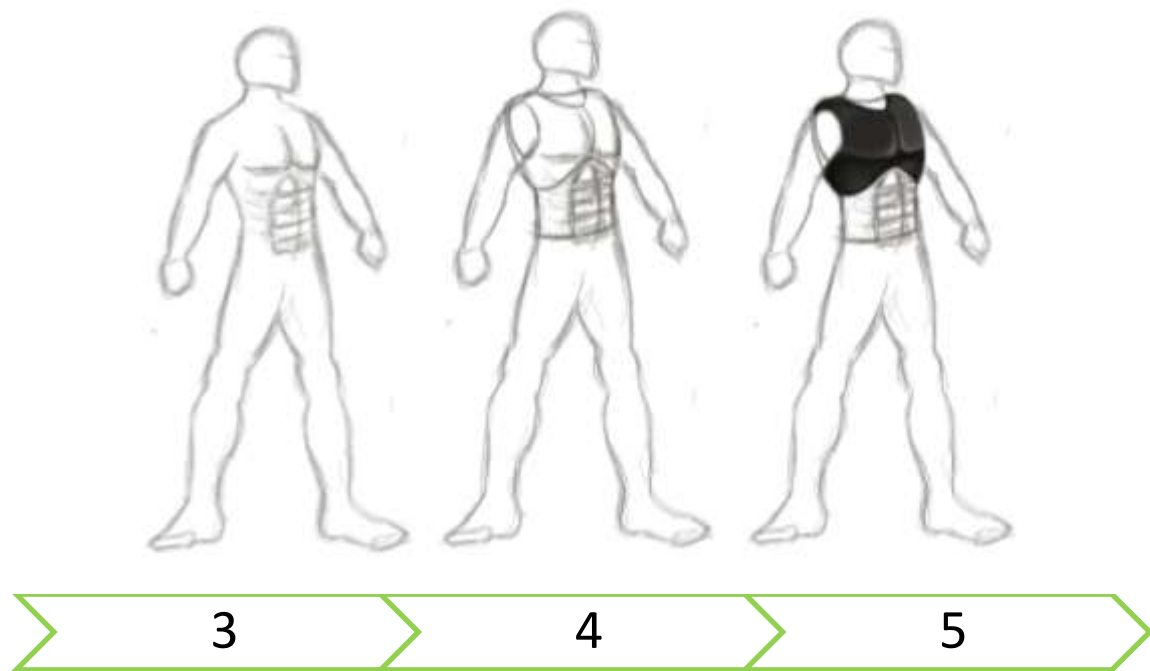


Figura 32. Proceso de obtención del chaleco primario.

6.3. DISEÑO DE DETALLE.

Para el diseño de detalle se ha usado el programa de diseño 3D Catia V5 R21. Este aporta una gran cantidad de flexibilidad a la hora de diseñar objetos y es por ello que es el mejor programa de diseño hoy en día.

Para la creación del modelo 3D se ha partido de un maniquí obtenido gracias al modulo de Human Measurements Editor.

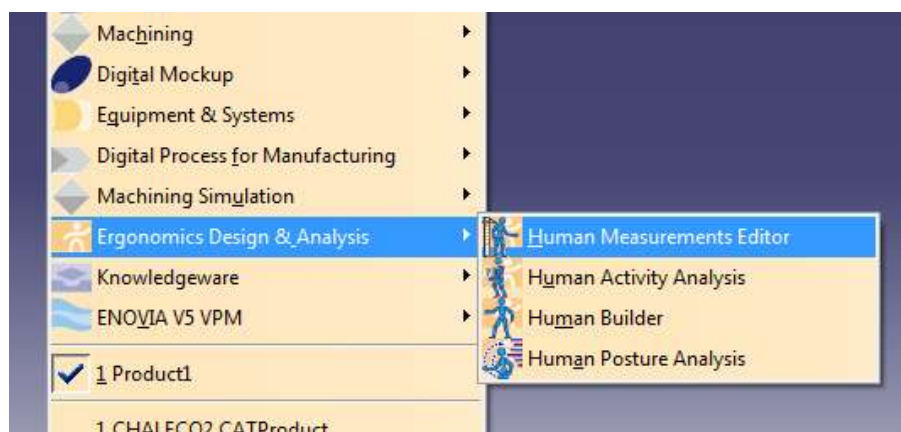


Figura 33 . Human Measurements Editor.

Hay que partir de un cuerpo base el cual sirva de referencia para la creación del chaleco. Uno de los factores a tener en cuenta es que el presente proyecto está dirigido principalmente a personas de nacionalidad española, y es por ello que la base del maniquí a escoger debería de

ser español. Catia, ofrece la posibilidad de establecer diferentes tipos de nacionalidades, aunque no muchas, pero en las cuales no se encuentra España introducida. Si está representada la nacionalidad francesa, así que, por cercanía geográfica se ha decidido optar por esta opción.

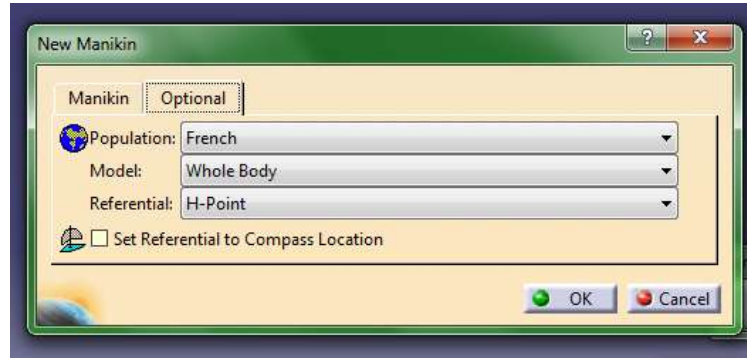


Figura 34. Ventana de elección de población del maniki.

El siguiente paso a elegir es el percentil al cual nos vamos a referir. Por normalidad, a la hora de diseñar, es sabido que lo idóneo es diseñar para el rango de población que se encuentra entre los percentiles 5 y 95 excluyendo de este modo a los que estén en los extremos, que son más bien pocos. Es por ello que se han tomado de referencia tres tipos de percentiles diferentes; el 5, el 50 y el 95; que incluyen a la población más "pequeña", la población "media" y el rango de población más "grande".

Las medidas tomadas para el diseño del chaleco proceden del torso del maniquí que nos aporta Catia.

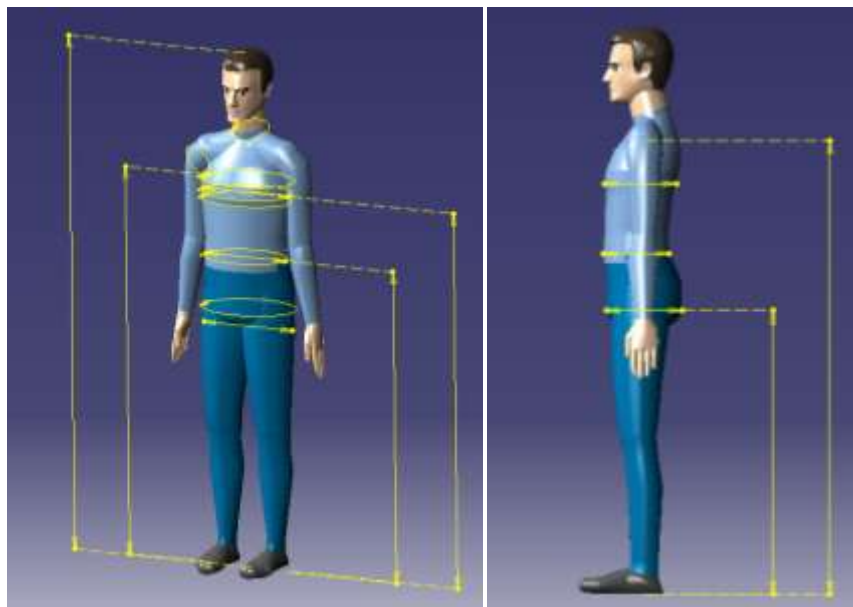


Figura 35. Medidas tomadas del maniquí de Catia.

Donde sus valores son:

Tabla 5. Medidas antropométricas guía para el diseño del chaleco

| Datos | P5 (mm) | P50 (mm) | P95(mm) |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|
| Circunferencia Cuello | 368,681 | 402.4 | 436.119 |
| Altura de axila | 1220,098 | 1315.5 | 1410.902 |
| Circunferencia hombro (hueco manga) | 382,924 | 427.5 | 472,076 |
| Ancho de pecho | 271,882 | 315.8 | 359,718 |
| Profundidad de Pecho | 186,455 | 223.3 | 260,145 |
| Circunferencia de Pecho medio | 837,66 | 952.8 | 1067,94 |
| Circunferencia de Pecho alto | 878,491 | 985.9 | 1093,309 |
| Circunferencia de Pecho Bajo | 785,027 | 892.6 | 1000,173 |
| Altura de Pecho (de pie) | 1179,901 | 1273 | 1366,099 |
| Ancho de cintura | 239,548 | 288.4 | 337,252 |
| Profundidad de cintura | 155,851 | 202.4 | 248,949 |
| Circunferencia de cintura | 677,943 | 819.4 | 960,857 |
| Altura de cintura | 972,477 | 1056.2 | 1139,923 |
| Ancho de Cadera | 844,29 | 324.8 | 359,177 |
| Profundidad de Cadera | 195,339 | 233.5 | 271,661 |
| Circunferencia de Cadera | 844,29 | 946.6 | 1048,91 |
| Altura de Cadera | 813,206 | 879 | 944,794 |

En el caso del diseño final, se ha optado por tomar el maniquí que engloba al P50 de la población, ya que era el único modelo donde se respetaban todas las medidas del P50 y no existían alteraciones donde algunas medidas marcaban otros percentiles distintos.



Figura 36. Modelo perteneciente al P50

A partir del modelo de maniquí obtenido, se ha ido procediendo a la incorporación de curvas y planos para ir generando la forma "básica" y conceptual del chaleco, para más tarde ir cerrando esas curvas para transformarlas en la superficie hasta que conformasen el diseño final.

Primero se comenzó diseñando la coraza superior. Que aunque realmente se comenzó todo en un mismo Part, se dividió en dos por motivos de futuro modelado y extracción de planos.

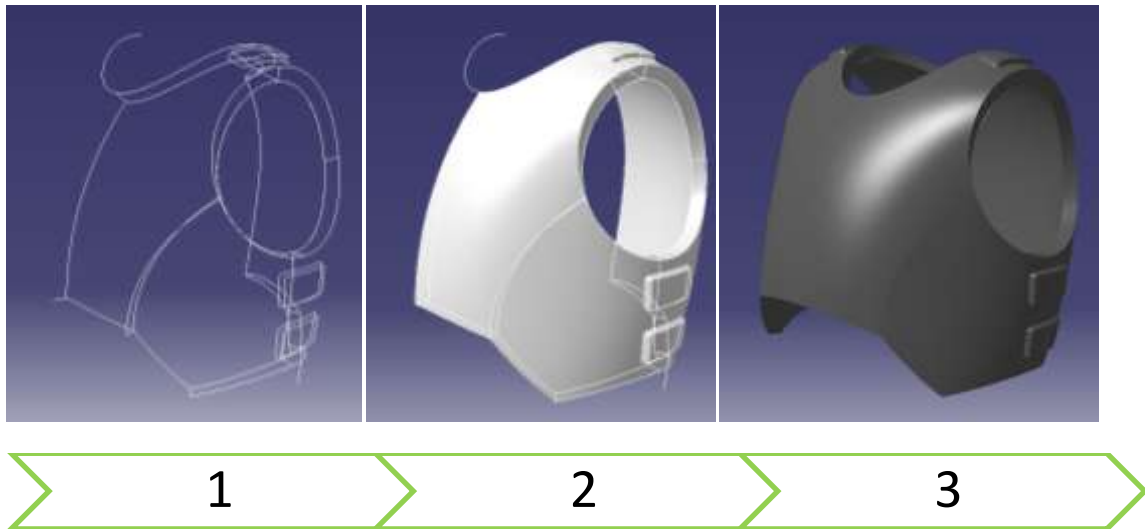


Figura 37. Proceso de diseño de la coraza en Catia.

Y más adelante se prosiguió con la camisa abdominal flexible, que, aunque no se aprecie en Catia ya que este dibuja sólidos, es flexible supuestamente. El procedimiento es exactamente igual que en el anterior, con la diferencia que para este se ha partido del diseño de la coraza para continuar con la armonía del diseño.

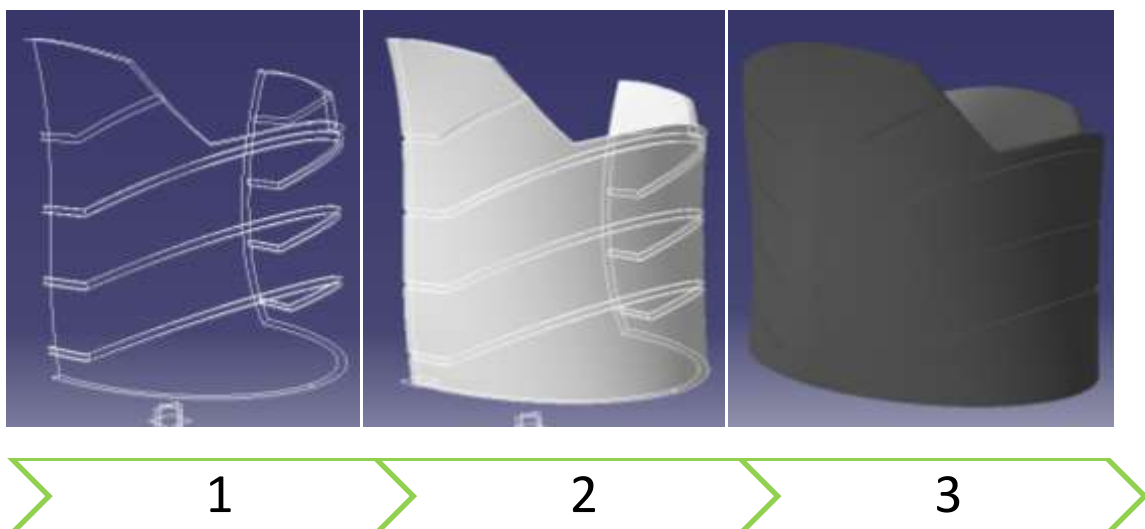


Figura 38 . Proceso de diseño de la camisa abdominal en Catia.

Con los tres Parts completos, se obtiene el resultado final del diseño del chaleco antibalas.

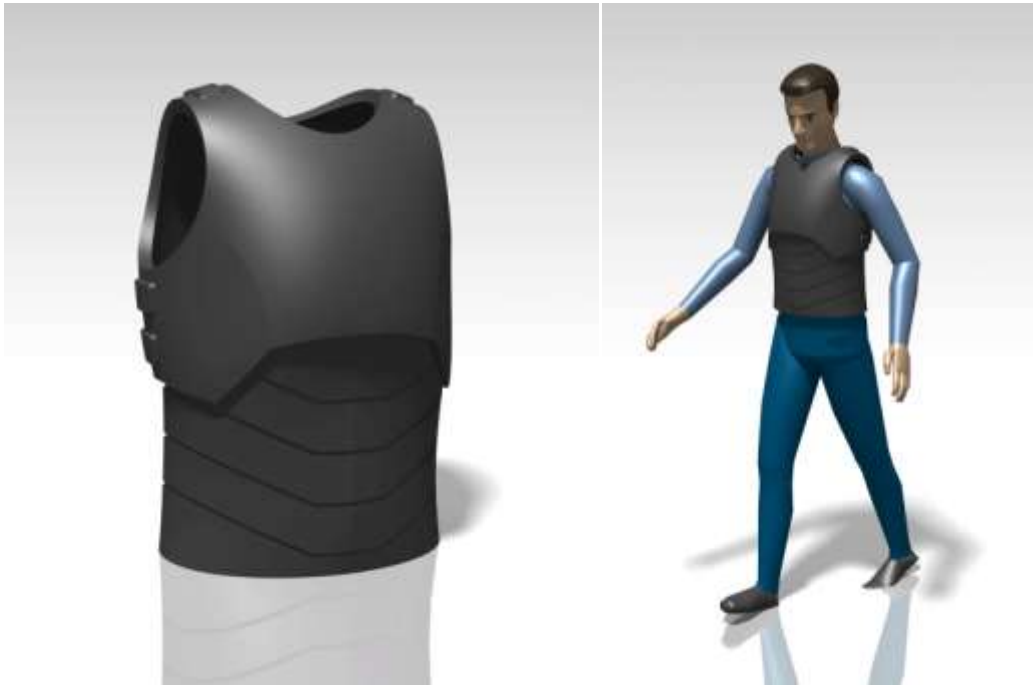


Figura 39. Renders del chaleco antibalas completo solo y sobre maniquí del P50

CAPITULO 7. ANALISIS DE IMPACTO.

Para el análisis de impacto hay que introducirse en la parte física y de cálculo de este proyecto. Haciendo una visión rápida para observar que tipo de esfuerzos intervienen en este análisis, se da primeramente por hecho que no es un análisis estático, si no que es dinámico. Esto es así porque la bala avanza en el tiempo durante un periodo determinado hasta que esta se para o atraviesa el chaleco. En el caso de estudio se va a tratar de analizar el comportamiento del un cuerpo al sufrir un impacto de bala, y ya, en un futuro poder hacer analogías para determinar exactamente qué material y qué tipo de distribución y forma ha de tener el chaleco para que una bala no penetre y no deje un trauma tan profundo. Es por ello que no se va a proporcionar un dato exacto, si no una opción aproximada ya que para la obtención de datos exactos es necesarios de tener laboratorios de pruebas con los correspondientes modelos de estudio, y este no es el caso. Además, de que este proyecto está basado en la Ingeniería Kansei principalmente y esta parte es de apoyo hacia el proyecto usando herramientas CAD para su obtención.

Aunque es posible hacer una aproximación estática del momento exacto donde entra la bala en contacto con el cuerpo de estudio, que eso se tratará más adelante, el análisis será muchísimo más exacto si se observa de un modo dinámico ya que se puede observar cómo actúa el objeto de estudio en cada instante "t" del tiempo total del transcurso del ensayo. La norma para la realización del ensayo esta expresada en el capítulo 4 de la presente memoria.

Ahora bien, para tener una idea básica de lo que ocurre aproximadamente en la realización del ensayo, es necesario tener una breve noción sobre el comportamiento de los materiales ante

esta serie de impactos. Es decir, que tipo de fuerzas aparecen mientras transcurre la acción del impacto.

Como es sabido, un impacto de una bala es capaz de atravesar cualquier elemento con un grosor no muy grande, laminas de acero, maderas, cristales, pero hay dos cuestiones que surgen debido a esto; una está relacionada con la facilidad asombrosa de rotura de los materiales al impactar el proyectil; y la otra, con la composición interna necesaria del material para hacer que la bala no lo atravesase. La respuesta está en que los esfuerzos de tracción generados por la bala al impactar son tan grandes que el material es incapaz de absorber tanta energía y rompe. En un impacto de bala, las fuerzas transmitidas son principalmente esfuerzos de tracción, la bala choca contra el cuerpo, y al llevar tanta velocidad, esta empuja una pequeña área como si de un ensayo de tracción se tratase. Este empuje es tan fuerte que llega a romper el material internamente penetrando en él hasta que lo atraviesa o simplemente se frena debido a la absorción de energía por el material. Si el material es capaz de absorber toda la energía que le transmite la bala, el cuerpo habrá aguantado el impacto, pero si no es capaz de absorberla en su totalidad, la bala atravesará el cuerpo.

Para un mayor entendimiento de lo que ocurre, hay que observar una gráfica común de un ensayo de tracción.

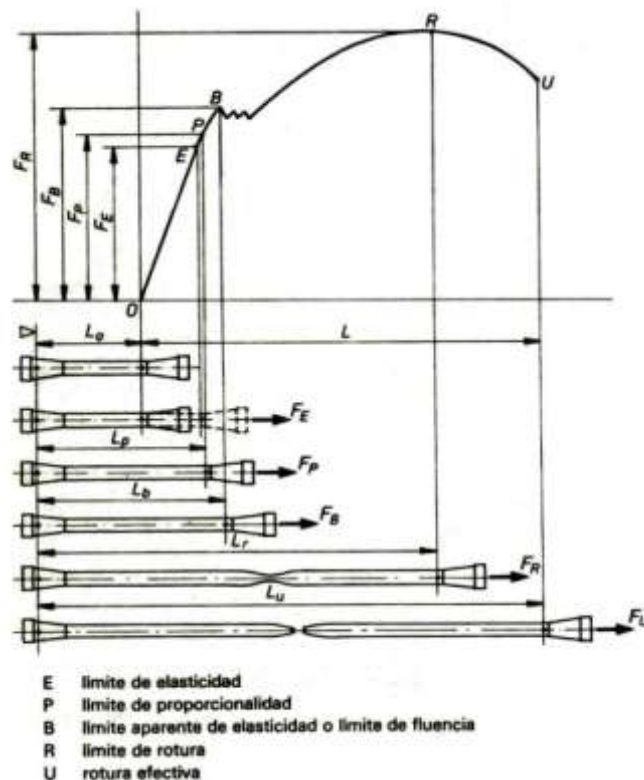


Figura 40. Gráfico común de un ensayo de tracción

La figura muestra, cómo, a medida que la tensión va creciendo, la pieza de ensayo va aumentando su longitud pasando por los distintos puntos claves de esfuerzos. A todo material que se trabaja se le permite deformaciones máximas hasta el límite elástico, ya que es hasta este punto, donde el material, después de alargarse, volverá a su estado original en cuanto se

deje de aplicar la carga. Son deformaciones controladas con la certeza de que el material no sufre alteraciones graves. Pero si esa tensión se sigue prolongando, el material pasará la barrera del límite elástico entrando así en la zona de régimen plástico de este. Aquí, toda elongación provocada generará un aumento del tamaño de la pieza aunque ya no esté sometida a carga, recuperando solo su parte elástica, y deformando el material de por vida, generando pérdida de sus propiedades mecánicas.

Es a partir del límite de fluencia, donde esa deformación se hace más significativa y permanente, donde el material empieza a fallar más por una zona y es ahí donde su sección disminuye drásticamente por esa zona hasta llegar a límite de rotura donde la pieza recibe la tensión máxima provocada. A partir de ese momento la pieza, ya inservible, sigue deformándose y disminuyendo su sección hasta el punto donde se fractura y rompe la pieza por completo.

Una bala al chocar contra una lámina o pancha fina de metal, es capaz de atravesarla, esto quiere decir, que al entrar en contacto y someter al cuerpo a esa tracción, ha pasado por todas las fases de la gráfica de tensión mostrada arriba y al contener aun más energía que el cuerpo no ha soportado, la ha hecho romper y la bala sigue su trayectoria. Todo esto quiere decir, que el material, ha pasado por su régimen elástico, y al no poder absorber la energía del impacto pasa al régimen plástico. El comportamiento del material variará en función de la zona donde se encuentre, y analíticamente, en regímenes elásticos se usará un modo distinto de cálculo.

Estos modos de cálculo, se realizan a través del cálculo de elementos finitos facilitados por los programas de diseño Catia V5 y Abaqus. En estos, es necesario establecer una serie de datos que son, en función del tipo de ensayo a realizar, los suficientes para que el programa realice una simulación casi perfecta del comportamiento del material ante unas fuerzas y restricciones aplicadas. Como ya se dijo de un principio, esto es un ensayo dinámico, aunque también sea posible hacer una simulación estática en un momento exacto; y es por ello que para la resolución del problema dinámico va a utilizarse el programa Abaqus CAE, ya que dispone de herramientas mucho mas específicas para este tipo de análisis, al contrario que Catia, que puede estar más centrado en análisis tipo estáticos o de frecuencia.

Para saber que datos hay que aportar al programa, hay que conocer en que regímenes va a estar comprendido el ensayo, como va a comportarse el material, y qué formulas entrarían en juego para la resolución del problema.

Régimen Elástico.

El régimen elástico es aquel comprendido desde el estado inicial sin carga de la pieza hasta el punto llamado límite elástico de la grafica del ensayo de tracción. En este régimen, toda deformación provocada es recuperada al dejar de aplicar la tensión. Para el cálculo de elementos finitos, Abaqus pide 2 requisitos mínimos, el modulo de Young, y ratio de Poisson o coeficiente de Poisson:

- **Modulo de Young.** El módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la

dirección en la que se aplica una fuerza. Este comportamiento fue observado y estudiado por el científico inglés Thomas Young.

Para un material elástico lineal e isótropo, el módulo de Young tiene el mismo valor para una tracción que para una compresión, siendo una constante independiente del esfuerzo siempre que no exceda de un valor máximo denominado límite elástico, y es siempre mayor que cero.

Tanto el módulo de Young como el límite elástico son distintos para los diversos materiales. El módulo de elasticidad es una constante elástica que, al igual que el límite elástico, puede encontrarse empíricamente mediante ensayo de tracción del material. Además de este módulo de elasticidad longitudinal, puede definirse el módulo de elasticidad transversal de un material.

Para un material elástico lineal el módulo de elasticidad longitudinal es una constante (para valores de tensión dentro del rango de reversibilidad completa de deformaciones). En este caso, su valor se define como el cociente entre la tensión y la deformación que aparecen en una barra recta estirada o comprimida fabricada con el material del que se quiere estimar el módulo de elasticidad:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/S}{\Delta L/L}$$

Donde:

E es el módulo de elasticidad longitudinal.

σ es la presión ejercida sobre el área de sección transversal del objeto.

ϵ es la deformación unitaria en cualquier punto de la barra.

- **Ratio o coeficiente de Poisson.** El coeficiente de Poisson (notado mediante la letra ν) es una constante elástica que proporciona una medida de estrechamiento de sección de un prisma de material elástico lineal e isótropo cuando se estira longitudinalmente y se adelgaza en las direcciones perpendiculares a la de estiramiento. El nombre de dicho coeficiente se le dio en honor al físico francés Simeon Poisson.

Si se toma un prisma mecánico fabricado en el material cuyo coeficiente de Poisson pretendemos medir y se somete este prisma a una fuerza de tracción aplicada sobre sus bases superior e inferior, el coeficiente de Poisson se puede medir como: la razón entre el alargamiento longitudinal producido dividido por el acortamiento de una longitud situada en un plano perpendicular a la dirección de la carga aplicada. Este valor coincide igualmente con el cociente de deformaciones, de hecho la fórmula usual para el Coeficiente de Poisson es:

$$\nu = -\frac{\epsilon_{trans}}{\epsilon_{long}}$$

Donde ϵ es la deformación.

ν es un valor comprendido entre 0 y 1.

Régimen Plástico.

El régimen plástico comprende desde el punto donde acaba el régimen elástico en la grafica del ensayo de tracción, hasta la rotura y fractura final de la pieza. Es aquí donde toda deformación provocada a la pieza será permanente, sólo recuperando su parte elástica. Para esta parte, a la hora de hacer el análisis de elementos finitos mediante Abaqus, es necesario introducir una serie de datos en función del tipo de material al que estemos sometiendo. En el caso de elementos metálicos, se usará modelo de Johnson- Cook, y el modelo de fallo en casos dinámicos de Jonhson-Cook, donde habrá que introducir unos datos específicos para el cálculo correcto del ensayo. Y para elementos de materiales compuestos como el kevlar se usará el modelo de Hashin Damage.

- **Modelo de Johnson-Cook:** es probablemente el modelo termoviscoplastico más extendido en la actualidad entre los códigos de simulación numérica, bien por elementos finitos, diferencias finitas o SPH. Se emplea con éxito en problemas en los que el material está sometido a altas velocidades de deformación: impacto balístico, mecanizado, *crashworthiness*, conformado rápido... Es una ecuación constitutiva fenomenológica con endurecimiento isótropo. La ley viene dada por la expresión.

$$\sigma = (a + b\varepsilon_p^n) \left(1 + c \ln \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0}\right) (1 - T^{*m})$$

Donde:

σ = flujo de esfuerzo (elástico + componentes plásticas)

ε_p = deformación plástica (verdadera)

a = esfuerzo de cedencia

b = módulo de endurecimiento

n = exponente de endurecimiento

c = coeficiente de tasa de deformación

$\dot{\varepsilon}$ = tasa de deformación

$\dot{\varepsilon}_0$ = tasa de deformación de referencia

m = exponente de temperatura

$$\hat{\theta} = \frac{\theta - \theta_{transición}}{\theta_{melt} - \theta_{transición}}$$

θ_{melt} = temperatura de fusión en grados Kelvin

A la par, existen dos entradas adicionales:

- σ_{max} = flujo de esfuerzo máximo
- ε_{max} = deformación plástica de ruptura

- **Modelo de fallo dinámico de Jonhson-Cook.** Abaqus / explicit proporciona un modelo de fallos dinámico específicamente para el modelo de plasticidad Johnson-Cook, que es adecuado sólo para la deformación a alta velocidad de deformación de los metales. Este modelo se conoce como el "modelo de fallo dinámico Johnson-Cook." Abaqus / explicit también ofrece una aplicación más general del modelo de fallo Johnson-Cook

como parte de la familia de los criterios de iniciación de daños, que es la técnica recomendada para modelar progresiva daños y las fallas de los materiales. El modelo de fallo dinámico Johnson-Cook, se basa en el valor de la deformación plástica equivalente en los puntos de integración elemento; se supone fallo que se produzca cuando el parámetro daño excede 1. El parámetro daños, ω , se define como.

$$\omega = \sum \left(\frac{\Delta \varepsilon_p}{\varepsilon_{p_f}} \right)$$

Donde

$\Delta \varepsilon_p$ = es un incremento de la deformación plástica equivalente

ε_{p_f} = es la deformación de agotamiento.

La suma se realiza sobre todos los incrementos en el análisis. La deformación de agotamiento, ε_{p_f} , se supone que es dependiente de una tasa de deformación plástica no dimensional, $\dot{\varepsilon}/\dot{\varepsilon}_0$, una relación de tensión-presión desviadora adimensional, p/q donde p es la tensión de presión y q es la tensión Mises); y la temperatura no dimensional, T^* , definida anteriormente en el modelo de endurecimiento Johnson-Cook. Las dependencias son asumidas que son separables y son de la forma.

$$\varepsilon_{p_f} = \left[d_1 + d_2 \exp \left(d_3 \frac{p}{q} \right) \right] \left[1 + d_4 \ln \left(\frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0} \right) \right] (1 + d_5 \hat{\theta})$$

Donde d_1 - d_5 son parametros de fallo medidos bajo la temperatura de transición, y $\dot{\varepsilon}_0$ es la tensión de deformación de referencia. El usuario proporciona los valores de d_1 - d_5 cuando se definen el modelo de fallo dinamico de Johnson-Cook.

- **Modelo de Hashin Damage para materiales compuestos.** Este criterio fue desarrollado originalmente para materiales compuestos poliméricos unidireccionales, y por lo tanto, las aplicaciones a otro tipo de laminados y compuestos no poliméricos tienen aproximaciones significativas. Por lo general, los criterios Hashin se implementan dentro de los dos enfoques de laminación clásica de dimensiones para los cálculos de punto de tensión con el descuento de capas como el modelo de la degradación del material. Los índices de fracaso para criterios Hashin están relacionados con fallos de fibra y matriz e implican cuatro modos de fallo. Los criterios se extienden a tres problemas dimensionales donde se utilizan los criterios de máximo estrés para componente transversal normal de estrés.

Los modos de fallo incluidos en los criterios de Hashin son los siguientes:

1. Tensile fibre failure for $\sigma_{11} \geq 0$

$$\left(\frac{\sigma_{11}}{X_T} \right)^2 + \frac{\sigma_{12}^2 + \sigma_{13}^2}{S_{12}^2} = \begin{cases} \geq 1 & \text{fallo} \\ < 1 & \text{no fallo} \end{cases}$$

2. Compressive fibre failure for $\sigma_{11} < 0$

$$\left(\frac{\sigma_{11}}{X_C}\right)^2 = \begin{cases} \geq 1 & fallo \\ < 1 & no fallo \end{cases}$$

3. Tensile matrix failure for $\sigma_{22} + \sigma_{33} > 0$

$$\frac{(\sigma_{22} + \sigma_{33})^2}{Y_T^2} + \frac{\sigma_{23}^2 - \sigma_{22}\sigma_{33}}{S_{23}^2} + \frac{\sigma_{12}^2 + \sigma_{13}^2}{S_{12}^2} = \begin{cases} \geq 1 & fallo \\ < 1 & no fallo \end{cases}$$

4. Compressive matrix failure for $\sigma_{22} + \sigma_{33} < 0$

$$\left[\left(\frac{Y_C}{2S_{23}}\right)^2 - 1\right]\left(\frac{\sigma_{22} + \sigma_{33}}{Y_C}\right) + \frac{(\sigma_{22} + \sigma_{33})^2}{4S_{23}^2} + \frac{\sigma_{23}^2 - \sigma_{22}\sigma_{33}}{S_{23}^2} + \frac{\sigma_{12}^2 + \sigma_{13}^2}{S_{12}^2} = \begin{cases} \geq 1 & fallo \\ < 1 & no fallo \end{cases}$$

5. Interlaminar tensile failure for $\sigma_{33} > 0$

$$\left(\frac{\sigma_{33}}{Z_T}\right)^2 = \begin{cases} \geq 1 & fallo \\ < 1 & no fallo \end{cases}$$

6. Interlaminar compression failure for $\sigma_{33} < 0$

$$\left(\frac{\sigma_{33}}{Z_C}\right)^2 = \begin{cases} \geq 1 & fallo \\ < 1 & no fallo \end{cases}$$

Donde, σ_{ij} denotan los componentes de la tensión y la resistencia a la tracción y fuerzas de compresión admisibles para lámina están denotados por subíndices T y C, respectivamente. X_T , Y_T , Z_T denotan las resistencias a la tensión admisible en tres direcciones de los materiales respectivos. Del mismo modo, X_C , Y_C , Z_C denotan las resistencias a la tensión admisible en tres direcciones de los materiales respectivos. Además, S_{12} , S_{13} y S_{23} denotan resistencias al cizallamiento permisibles en las direcciones respectivas de los materiales principales.

Una vez explicados los datos de mayor relevancia a la hora de la ejecución de un análisis de elementos finitos dinámico con el programa Abaqus/Explicit, se procede a la definición de los materiales a utilizar con las características correspondientes y la creación de los modelos 3D que serán las claves para la obtención de un análisis adecuado.

Definición de materiales.

Los materiales a usar a la hora de la resolución del análisis van a depender en su mayor grado de la facilidad a la hora de poder encontrar los datos necesarios expuestos con anterioridad. Es

bastante complicado encontrar los parámetros exactos para la realización del ensayo (sobre todo los de Johnson-Cook), es por ello que se ha optado por usar unos obtenidos de dos ejemplos práctico expuesto por Dassault Systemes el cual son muy parecidos al de este proyecto. La diferencia es, que el material que ellos utilizan son dos metales, un acero y un aluminio y en el otro si usan kevlar/epoxi, pero aun así faltan unos datos para completar el ensayo con materiales compuestos. En este proyecto la idea era que uno de esos materiales fuese un compuesto, pero debido a la falta de datos, no ha sido del todo posible este caso. De todas formas, suponiendo que esto es solo un prototipo el cual muestra una idea de posible futuro chaleco antibalas, se van a tomar los datos sacados del ejemplo práctico expuesto. Y en el caso que una empresa esté interesada en la idea, sólo tiene que hacer los respectivos cálculos según lo expuesto en el proyecto, con sus propios materiales y sus propios datos técnicos específicos para el análisis.

Estos son los datos exponer:

Tabla 6. Propiedades de los metales

| Parámetro | Aluminio 6061-T6 | Acero 4340 Rc-44 |
|--|------------------|------------------|
| Densidad (kg/m^3) | 2703 | 7830 |
| E (GPa) | 69 | 202 |
| Ratio de Poisson | 0.33 | 0.3 |
| A (MPa) | 324 | 792 |
| B (MPa) | 113.8 | 510 |
| Parámetro n | 0.42 | 0.26 |
| Parámetro C | 0.012 | 0.014 |
| Parámetro m | 1.34 | 1.03 |
| Temperatura de referencia (K) | 293.2 | 293.2 |
| Calor específico [$\text{J}/(\text{Kg K})$] | 885 | 477 |
| Temperatura de fusión θ_{melt} (K) | 925 | 1793 |
| Temperatura de transición $\theta_{\text{transición}}$ (K) | 293.2 | 293.2 |
| $\dot{\epsilon}_0$ (1/s) | 1.0 | 1.0 |
| D_1 | -0.77 | 0.05 |
| D_2 | 1.45 | 3.44 |
| D_3 | 0.47 | 2.12 |
| D_4 | 0.0 | 0.002 |
| D_5 | 1.6 | 0.61 |

Tabla 7. Propiedades lámina de Kevlar/Epoxi

| Parámetro | S.I. | Valor |
|---|-------------------|-----------------|
| Densidad | Kg/m ³ | 1650 |
| Modulo de Young (E_1) | kPa | 1.798900E + 007 |
| Módulo de Young (E_2) | kPa | 1.798900E + 007 |
| Modulo de Young (E_3) | kPa | 1.948000E + 006 |
| Ratio de Poisson (ν_{12}) | - | 0.08000 |
| Ratio de Poisson (ν_{23}) | - | 0.69800 |
| Ratio de Poisson (ν_{31}) | - | 0.07560 |
| Módulo de cizalladura (G_{12}) | kPa | 1.857010E + 06 |
| Fuerza de tensión Longitudinal (X_T) | MPa | 1520 |
| Fuerza de compresión Longitudinal (X_C) | MPa | 1590 |
| Fuerza de tensión Transversal (Y_T) | MPa | 45 |
| Fuerza de compresión Transversal (Y_C) | MPa | 252 |
| Fuerza de cizalladura Longitudinal (S_{12}) | MPa | 105 |
| Fuerza de cizalladura Transversal (S_{13}) | MPa | 105 |

Desarrollo de los modelos 3D

El siguiente paso consiste en el desarrollo de los modelos 3D, los cuales serán los objetos a estudiar en el Análisis de Elementos Finitos. El modelo está compuesto por dos objetos, una placa metálica de aluminio, y un cilindro de acero. Recordar que por falta de datos, los materiales son materiales de ensayo expuestos arriba, los cuales solo hay que cambiar los datos para uso de otros materiales.

La placa de aluminio tiene unas medidas de 304x304x26,3 mm y la bala es un cilindro de 12,9 de radio y 88,9 de longitud. El diseño de los modelos se ha realizado a través del propio programa Abaqus/Explicit, que tiene un modulo de diseño 3D. Los 2 objetos se han creado en Parts distintos para luego unificarlos en el modulo de Assembly del propio programa estableciendo los contactos existentes entre los objetos. Además, se ha creado una malla diferente para cada uno de los cuerpos para poder estudiar los objetos con más detalles.

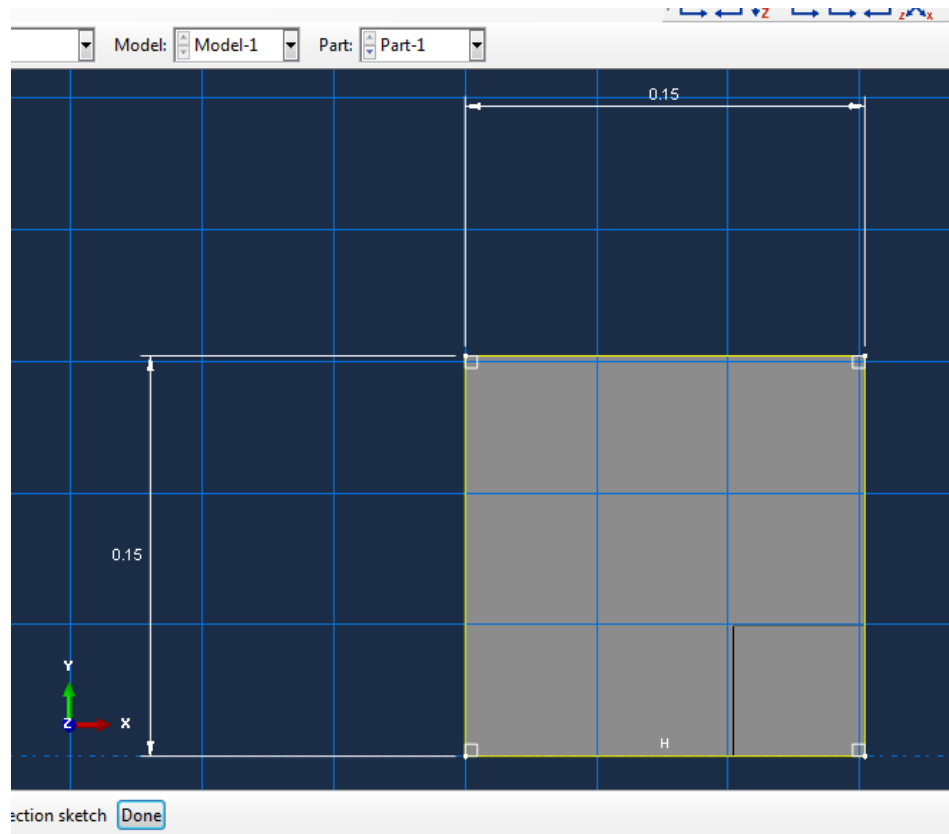


Figura 41. Dimensiones de un cuarto de placa

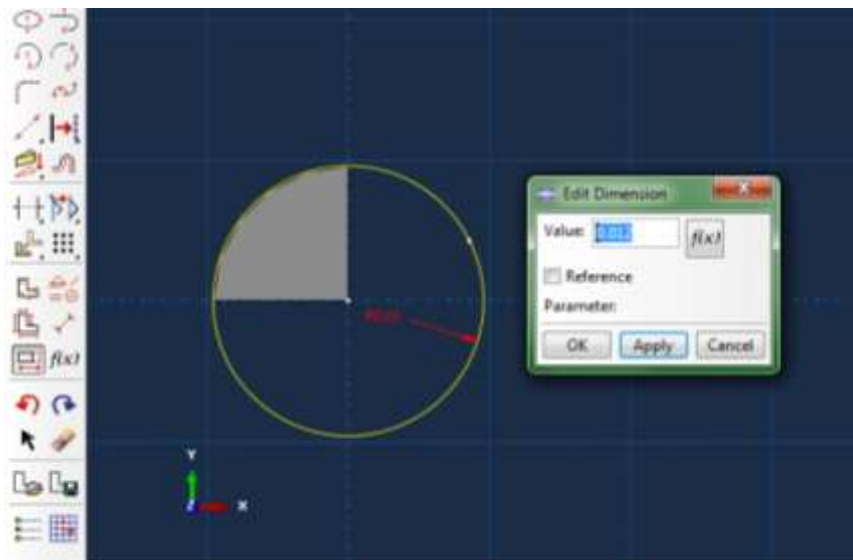


Figura 42. Radio de Grosor de la bala.

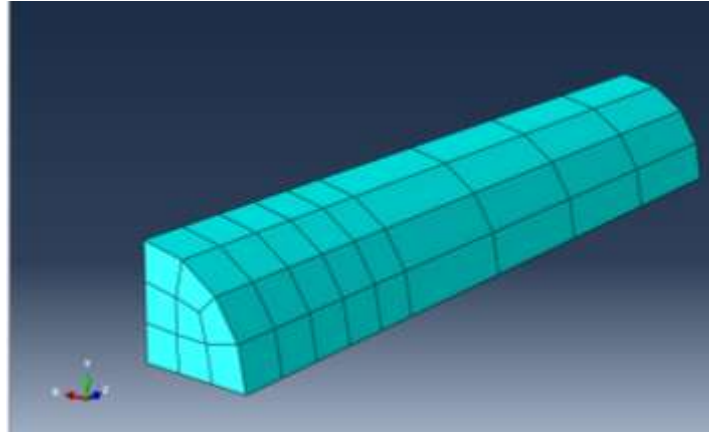


Figura 43. Malla aplicada al proyectil

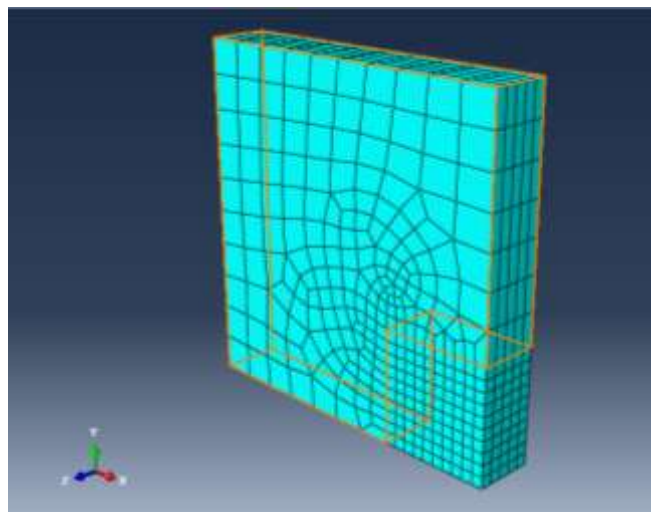


Figura 44. Malla aplicada a la placa.

El siguiente paso es designar las propiedades de los materiales de los que están formados los sólidos. Hay que distinguir dos tipos de materiales; los metales, y los materiales compuestos. Para cada uno hay que introducir un tipo de datos distintos. Estos son:

Para metales:

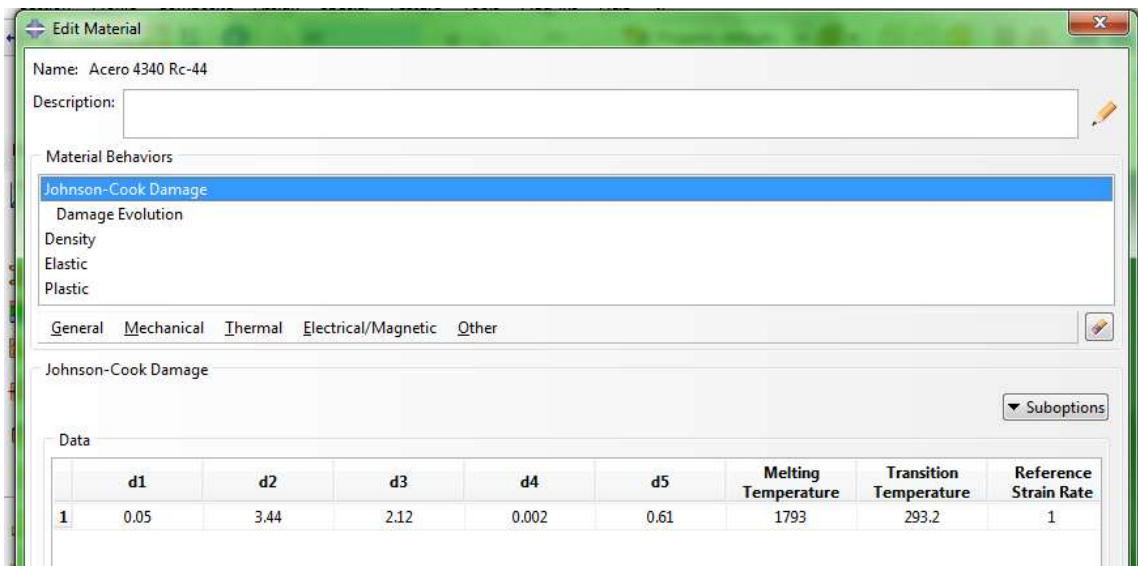


Figura 45. Johnson-Cook Damage

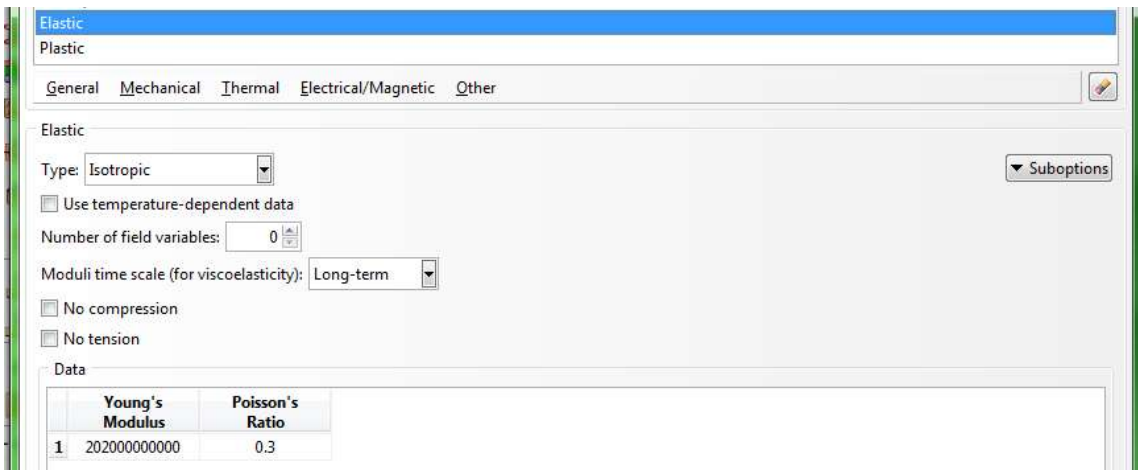


Figura 46. Propiedades elásticas isotrópicas.

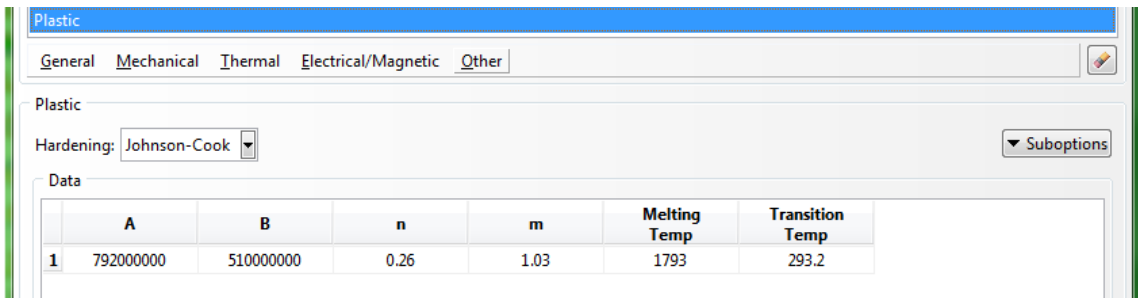


Figura 47. Propiedades plásticas de Johnson-Cook.

Para materiales compuestos:

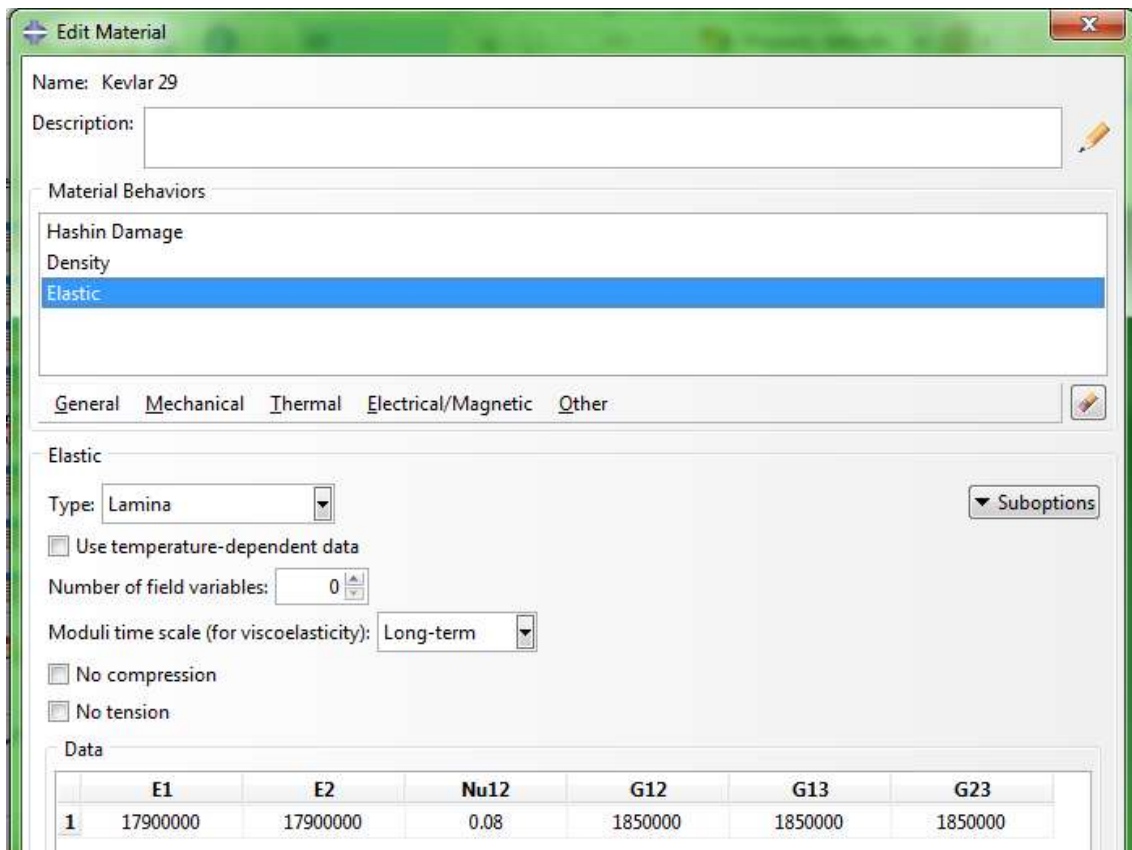


Figura 48. Propiedades elásticas de Lámina.

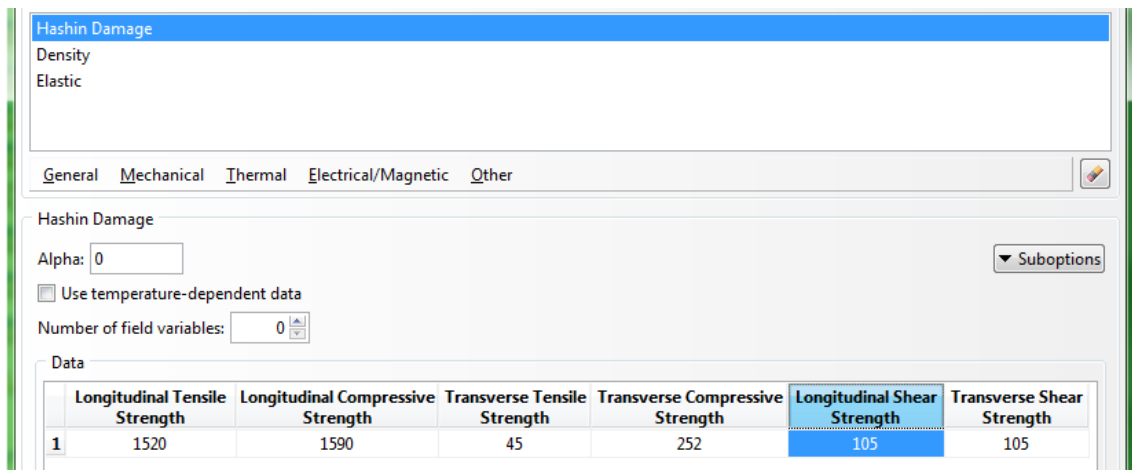


Figura 49. Hashin Damage.

Una vez designados los materiales de los que estarán formados los sólidos, hay que pasar los parts al módulo de Assembly donde es ahí donde se ejecutarán el resto de módulos que harán posible la simulación.

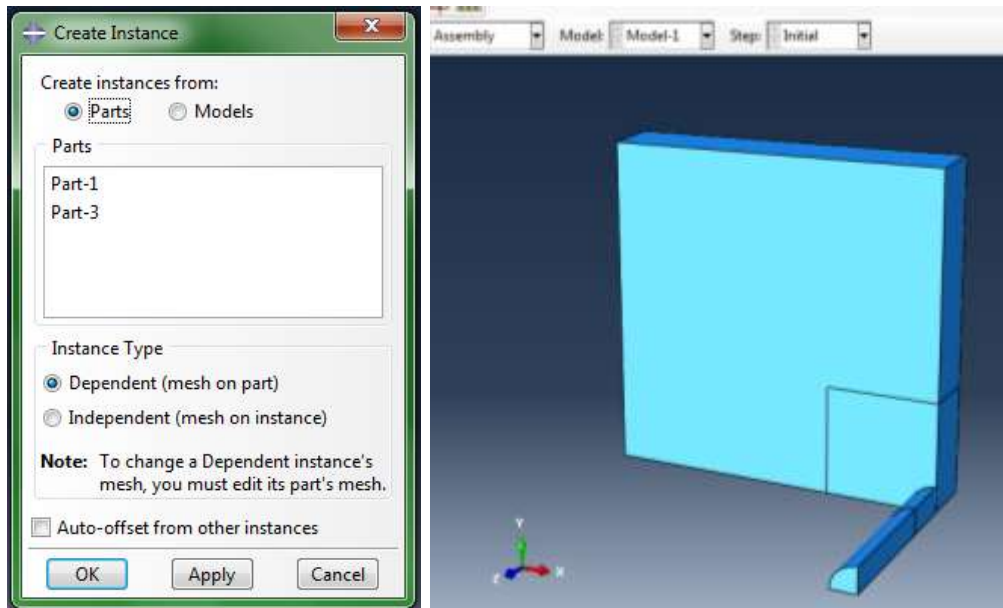


Figura 50. Placa y proyectil colocados en el modulo de Assembly

Una vez establecidos y colocados los parts en el modulo de Assembly, se pasa a la adjudicación de las restricciones existentes en el proceso de ensayo. Estas serían grosso modo:

- Al ser un análisis dinámico, hay que establecer que será un análisis dinámico y el tiempo requerido para la realización de la simulación en el modulo de Step.

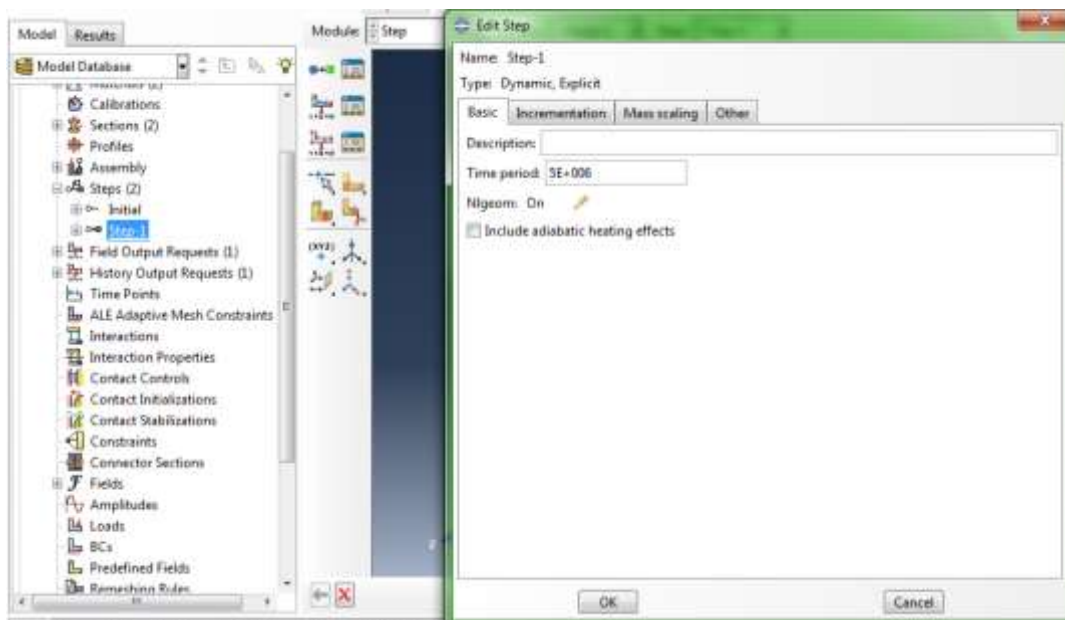


Figura 51. Módulo Step. Introducción del tiempo de ensayo.

- Condiciones y características de contacto en el punto o zona de contacto entre la bala y la placa. Para establecer como transmiten los esfuerzos de un cuerpo a otro.

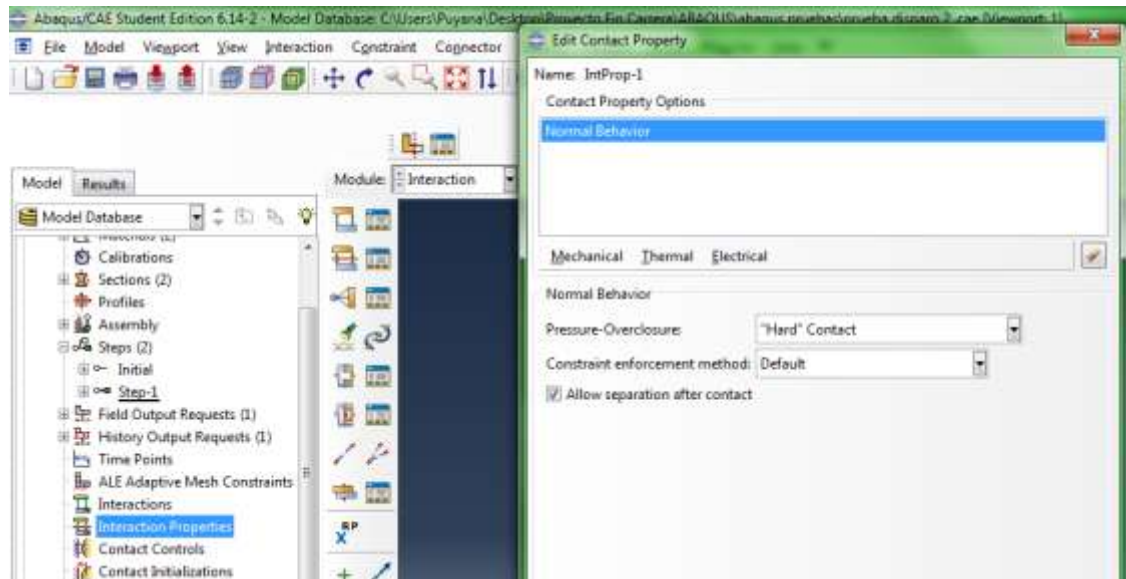


Figura 52. Características de Contacto.

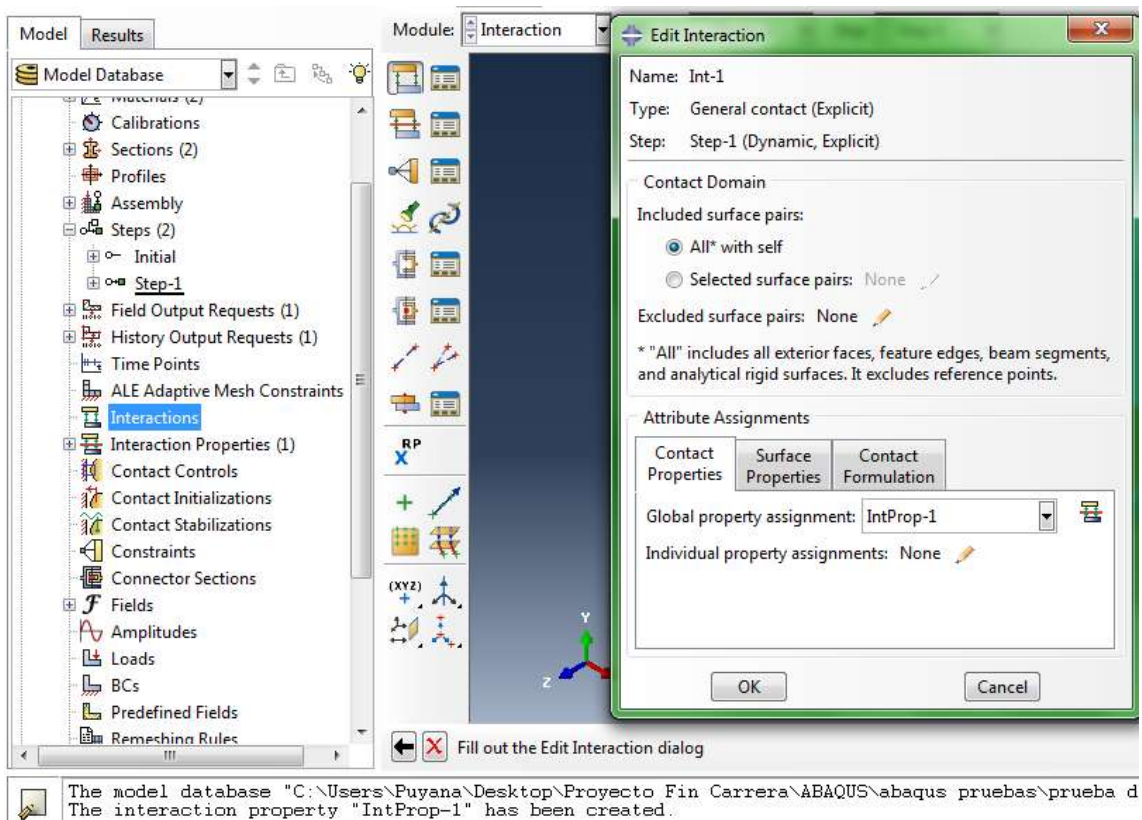


Figura 53. Condiciones de contacto.

- La velocidad de la bala. Que puede variar en función del tipo de munición que se esté usando.

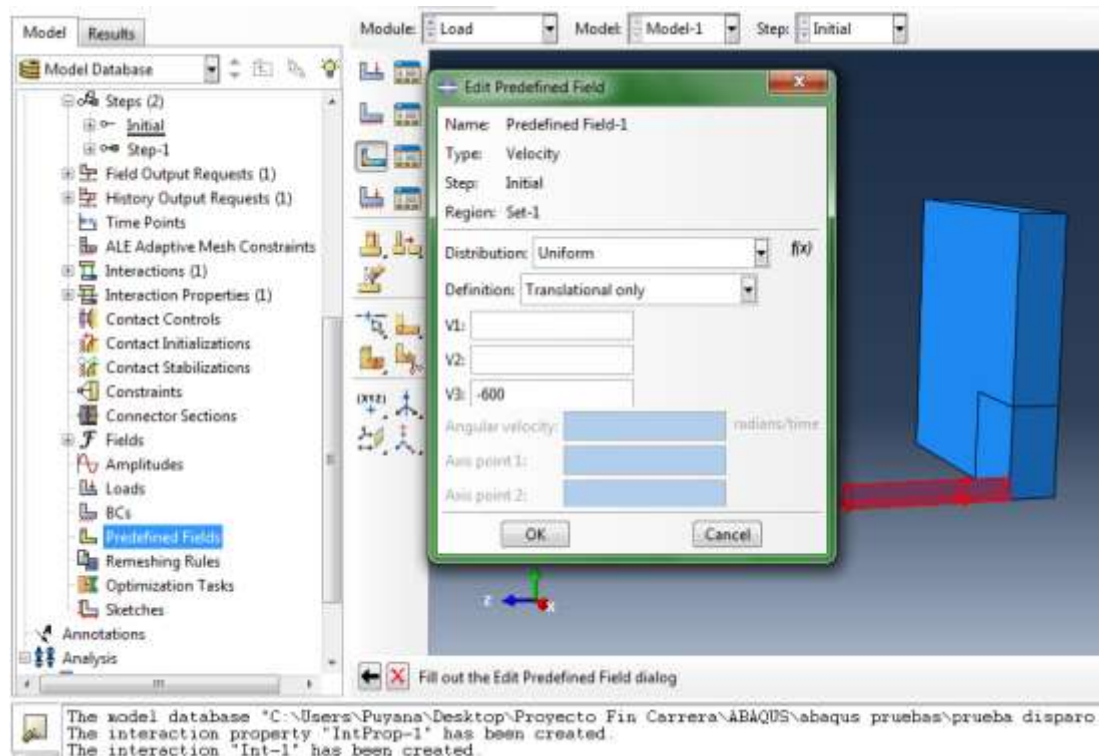


Figura 54. Establecimiento de la velocidad del proyectil.

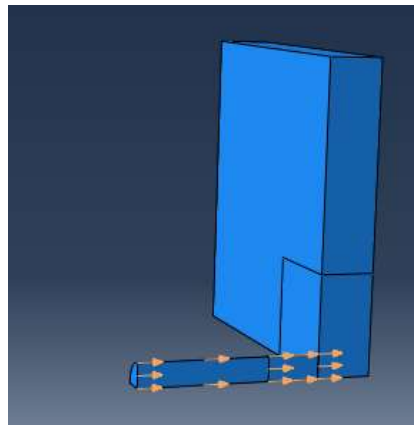


Figura 55. Imagen de la representación.

- El empotramiento de los bordes de la placa. Para evitar que al impactar la bala con esta, se pierda en el "espacio"

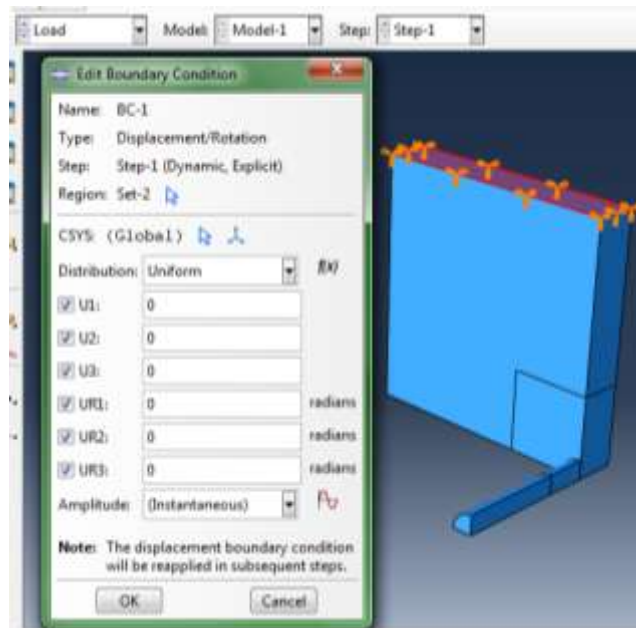


Figura 56. Condiciones de empotramiento.

- Empotramiento de los laterales de la bala. Empotrarla según que ejes para simular que no se desvía de su trayectoria.

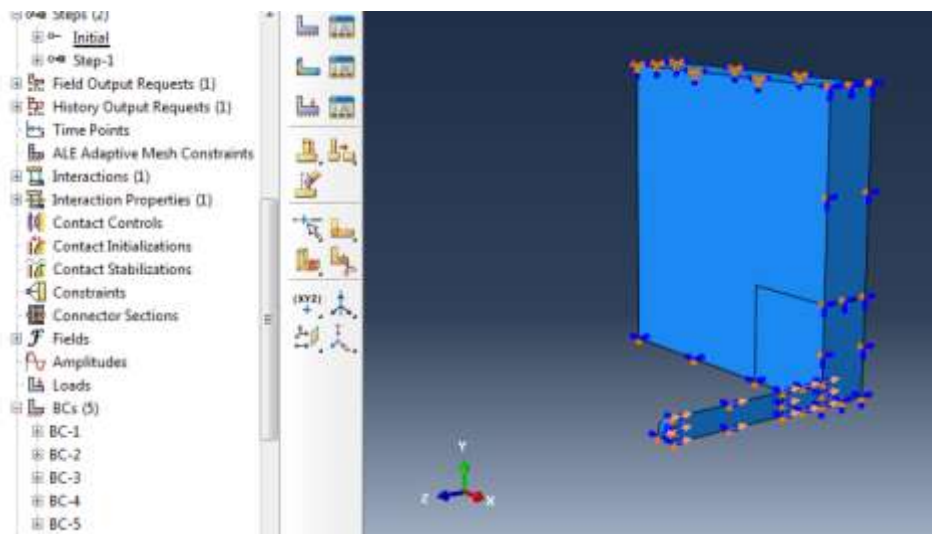


Figura 57. Imagen de los sólidos con condiciones de empotramiento.

Una vez establecidos los puntos anteriores, hay que hacer que Abaqus/Explicit genere el modelo y cree la simulación. Para ello hay que crear el "Job" para luego depurarlo. Finalmente si no hay algún tipo de fallo o similar, y si el ordenador es lo suficientemente potente para poder realizar el estudio en un tiempo medianamente rápido, Abaqus/Explicit mostrará que ya acabó con éxito la simulación. Ya por último, es posible ver los resultados del análisis con un modulo específico de Abaqus/Explicit, en el que es posible ver paso a paso como la bala, en este caso, va atravesando la placa según en el Step donde se encuentre en ese momento.

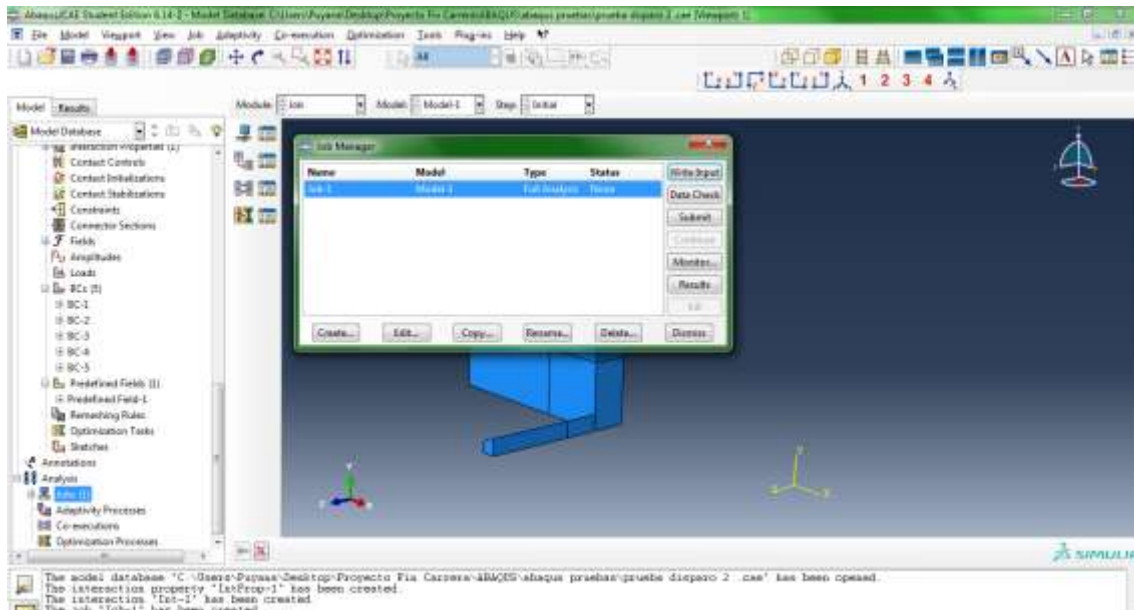


Figura 58. Módulo Job.

El resultado será satisfactorio en caso de que la bala no atravesase la placa, y negativo si la atravesase. Como se ha comentado, no se ha podido realizar correctamente la simulación debido a falta de datos de materiales específicos. Además, otro problema existente es que la versión utilizada por motivos de licencias es una versión estudiante, la cual solo permite cálculos con un máximo de 1000 nodos. Pero aun con todo ello, solo hay que seguir estos pasos para la realización de simulaciones parecidas y cambiar los datos en referencia a los materiales que el cliente desee usar. Para una mayor profundidad en el análisis hay que adentrarse más en el manejo del programa, pero es muy intuitivo si más o menos se conocen o se han usado otros programas de Análisis de Elementos Finitos.

CAPITULO 8. CONCLUSIONES

El proceso de Ingeniería Kansei dio unos parámetros de diseño que al aplicarlos en el diseño del producto consiguen que el usuario experimente ciertas emociones deseadas. Estos parámetros de diseño junto con algunos parámetros de diseño establecidos por los requerimientos del diseño y también por parte del diseñador han configurado el diseño final del producto.

La parte de diseño 3D en Catia ha sido muy gratificante, ya que era la parte más cómoda de realizar del proyecto. Fueron surgiendo diferentes ideas y diseños y se fueron aplicando al maniquí de Catia tratando de que el diseño no chocase con este y no impidiera su movimiento.

Para finalizar el proyecto, hay que dejar constancia que la realización de este ha sido un trabajo duro. No debido al hecho de que haya mucha o poca teoría, sino porque mucha de la información aquí expuesta tiene muchas horas de búsqueda en páginas de todo tipo. Encontrar información acerca de cosas concretas como materiales, datos de estos para añadir en abaqus, datos sobre empresas fabricantes, metodologías de fabricación, han provocado

que el proyecto avanzase de un modo lento. Esto es así debido a que las empresas, ya sean fabricantes o de i+d, no aportan a la red el 100% de sus datos para evitar a la competencia, y es por ello que en algunos casos es posible que falte información o simplemente sea un dato que no se haya encontrado.

Un ejemplo claro que retrasó el proyecto fue el programa Abaqus/Explicit. Abaqus es un programa de cálculo de elementos finitos que como la mayoría de los programas de este tipo, requieren de una licencia, que suele ser cara. Es por ello que se trato de buscar una licencia temporal o incluso ilegal para poder realizar el análisis adecuadamente. Al no poder hallar nada, se optó por usar la versión estudiante que Abaqus ofrece, pero ahora se tenían dos problemas. El primero era aprender a manejar la interfaz del programa junto con sus herramientas y nomenclaturas; y el segundo era que el programa, al ser la versión estudiante, el cálculo de elementos finitos solo permitía hacerlo cuando se usasen una cantidad inferior a mil nodos, y debido a ello, los resultados no son tan exactos si se hubiesen podido usar muchos más.

Otro problema que anteriormente se ha mencionado es que Abaqus, requería una serie de datos muy específicos para poder realizar el ensayo dinámico. Estos datos correspondían con las propiedades de los materiales, que en la mayoría de las ocasiones estaban incompletos por lo que un cálculo REAL del chaleco ha sido imposible y no se ha podido obtener una conclusión firme al respecto.

Como posibles mejoras a nivel material mencionar la posibilidad ya comentada de añadir una capa extra a la coraza de titanio o acero. Aunque esta le aporte un mayor peso a la coraza, proporcionará una gran resistencia antibala. O incluso el aporte de un mayor número de capas u otro material compuesto diferente. Todo esto y más dependerá de la empresa que acepte el proyecto.

CAPITULO 9. BIBLIOGRAFIA.

- [1] Diseño de un producto lumínico mediante Ingeniería Kansei para el entorno de metropol parasol. Javier Val-Carreres Azofra. Consultado en Enero de 2015.
- [2] Actividad práctica. Producto, entorno e Ingeniería Kansei. M^a Carmen Gómez Dugo. Consultado en Enero de 2015
- [3] Fuerzas Armadas Unidas. Ana Belén Álvarez Luquero. Consultado en Febrero de 2015
- [4] Tutorial de Abaqus. Carlos Santiuste de la Universidad Carlos III de Madrid. Consultado en Enero 2015
- [5] Abaqus Tutorial 9. Impact Bullet. Leonard E Schwer. Schwer Engineering & Consulting Services Windsor, CA USA. Consultado en Enero de 2015.
- [6] Abaqus Documentation. Johnson-Cook plasticity. Consultado en Febrero de 2015
- [7] Abaqus Documentation User Guide. Consultado en Febrero de 2015
- [8] Fracture lecture of Abaqus.
<http://wenku.baidu.com/view/4e726533a32d7375a417805c.html?pn=51>. Consultado en Febrero de 2015
- [9] Kevlar. Aramid Fiber. Dupont. Consultado en Marzo de 2015
- [10] Numerical Analysis of Kevlar-epoxy Composite Plate subjected to Ballistic Impact . Manish Kumar Dubey and Pathri Bhargav Prajwal, Department of Mechanical Engineering, Dehradun Institute of Technology, Dehradun 248001, India. Consultado en Marzo de 2015
- [11] Low Velocity Impact on Laminates Reinforced with Polyethylene and Aramidic Fibres. M.A.G. Silva & C. Cismaşiu, Centro de Investigação em Estruturas e Construção – UNIC, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Quinta da Torre, 2829-516 Caparica, Portugal. C.G. Chiorean, Faculty of Civil Engineering, Technical University of Cluj-Napoca, 15 C. Daicoviciu Str., 3400 Cluj-Napoca, Romania. Consultado en Abril de 2015.
- [12] Ballistic performance of nanocrystalline and nanotwinned ultrafine crystal steel. Jaime Frontán, Yuming Zhang, Ming Dao, Jian Lu, Francisco Gálvez, Antoine Jérusalem. Consultado en Abril de 2015.
- [13] Projectile Impact on a Carbon Fiber Reinforced Plate. DS Symulia. Consultado en Abril de 2015.
- [14] ¿Qué es Kevlar? Du Pont. Consultado en Abril de 2015.
- [15] Simulation of the ballistic perforation of aluminum plates with Abaqus/Explicit. DS Simulia. Consultado en Marzo de 2015

[16] Hashin's Failure Criteria for Unidirectional Fibre Composites. Department of Aerospace Engineering. Indian Institute of Technology Kanpur. AE 681 Composite Materials. Consultado en Abril de 2015.

[17] CHALECOS ANTIBALAS. Norma RENAR MA.01-A1 año 2010. Consultado en Junio de 2014

[18] Types of Kansei Engineering Technique. Taylor and Francis Group, LLC 2011. Consultado en Mayo de 2015

APENDICE

Encuesta Proyecto Fin de Carrera.

Esta es la parte de Síntesis del PFC sobre el Diseño Emocional.

Se basa en una técnica japonesa llamada Ingeniería Kansei:

"Una metodología de desarrollo de productos orientada al usuario que establece procedimientos para traducir las percepciones, gustos y sensaciones de productos existentes o conceptos, en términos de soluciones y parámetros de diseño concretos"

Mitsou Nagamachi

La siguiente encuesta va a permitir saber qué propiedad de cada producto mostrado en la foto se adecua más con cada "kansei".


Kansei es una palabra japonesa que no tiene traducción directa. Se puede expresar como el sentimiento, la reacción, el estímulo o la emoción que experimenta el observador al interactuar con el producto.

En este caso los Kansei a evaluar son: Poderoso, Futurista, Respeto y Ergonómico. El procedimiento es muy sencillo. Marca una X en el grado en que se crea que cada Kansei se adecua a la imagen mostrada.

Ejemplo:

El producto aporta un sentimiento de poder sobre al usuario, por lo tanto se le considera poderoso, 4. En cambio, no es muy ergonómica a simple vista, 2. El diseño le aporta futurismo al chaleco así que 5. Y por último no infunde mucho respeto que se diga. 2

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Poderoso | | | | X | | | |
| Futurista | | | | | X | | |
| Respeto | | X | | | | | |
| Ergonómico | | X | | | | | |



| | | | | | | |
|------|---------|--|---------|-------|---------|--|
| Sexo | Hombre | | | Mujer | | |
| Edad | 20 - 30 | | 30 - 40 | | 40 - 50 | |

1)



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Poderoso | | | | | | | |
| Futurista | | | | | | | |
| Respeto | | | | | | | |
| Ergonómico | | | | | | | |

2)



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Poderoso | | | | | | | |
| Futurista | | | | | | | |
| Respeto | | | | | | | |
| Ergonómico | | | | | | | |

3)



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Poderoso | | | | | | | |
| Futurista | | | | | | | |
| Respeto | | | | | | | |
| Ergonómico | | | | | | | |

4)



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Poderoso | | | | | | | |
| Futurista | | | | | | | |
| Respeto | | | | | | | |
| Ergonómico | | | | | | | |

5)



MODEL 1930
FIXED POUCHES-style
Bullet Proof-JACKET

Lightweight & High Performance Body Armour

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Poderoso | | | | | | | |
| Futurista | | | | | | | |
| Respeto | | | | | | | |
| Ergonómico | | | | | | | |

6)



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Poderoso | | | | | | | |
| Futurista | | | | | | | |
| Respeto | | | | | | | |
| Ergonómico | | | | | | | |

7)



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Poderoso | | | | | | | |
| Futurista | | | | | | | |
| Respeto | | | | | | | |
| Ergonómico | | | | | | | |

8)



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Poderoso | | | | | | | |
| Futurista | | | | | | | |
| Respeto | | | | | | | |
| Ergonómico | | | | | | | |

9)



| | | | | | | | |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Poderoso | | | | | | | |
| Futurista | | | | | | | |
| Respeto | | | | | | | |
| Ergonómico | | | | | | | |

10)



| | | | | | | | |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Poderoso | | | | | | | |
| Futurista | | | | | | | |
| Respeto | | | | | | | |
| Ergonómico | | | | | | | |

11)



| | | | | | | | |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Poderoso | | | | | | | |
| Futurista | | | | | | | |
| Respeto | | | | | | | |
| Ergonómico | | | | | | | |

12)



| | | | | | | | |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Poderoso | | | | | | | |
| Futurista | | | | | | | |
| Respeto | | | | | | | |
| Ergonómico | | | | | | | |

13)



| | | | | | | | |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Poderoso | | | | | | | |
| Futurista | | | | | | | |
| Respeto | | | | | | | |
| Ergonómico | | | | | | | |

14)



| | | | | | | | |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Poderoso | | | | | | | |
| Futurista | | | | | | | |
| Respeto | | | | | | | |
| Ergonómico | | | | | | | |

15)



| | | | | | | | |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Poderoso | | | | | | | |
| Futurista | | | | | | | |
| Respeto | | | | | | | |
| Ergonómico | | | | | | | |