



# Trabajo Fin de Grado

Estudio sobre la aplicación de nuevas tecnologías  
en el equipo de protección individual

Autor/es

C.A.C. D. Jaime Navarro Poncela

Director/es

Prof. D. Jorge Sierra Pérez  
Cap. D. Mariano Guillén Martín

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar  
2016

*En agradecimiento especial a mi tutor  
por su ofrecimiento y ayuda a la hora de realizar este trabajo.*

## RESUMEN

Este proyecto se centra en el estudio de los equipos de protección individual (EPI) y el equipo de combate utilizado por las unidades de Ingeniero del Ejército de Tierra (ET).

Para poder analizar las posibles formas de mejora, se hace un estudio de los riesgos a los que los miembros de dichas unidades se enfrentan durante el cumplimiento de sus misiones tanto en zona de operaciones (ZO), como en territorio nacional (TN)

Los requisitos obtenidos de confrontar los equipos actuales frente a los riesgos obtenidos, se sintetizan y priorizan para posteriormente dar sugerencias de posibles tecnologías que, entendidas como punto de partida, pudieran satisfacer dichos requisitos.

## ABSTRACT

This Project is focused on the study of both, present individual protection equipment and combat equipment use by the engineer units of the army.

In order to analyse possible improvements, an study of the risks which are involved in the missions of the units in both, national territory and operation areas is realized.

The obtained requirements from the comparison between present equipment and obtained risks are synthetized as well as prioritized in order to be able to propose possible technologies, which considered as starting points, could satisfy the selected requirements.

<b>ÍNDICE</b>
---------------

<b>1. Introducción</b>	<b>5</b>
1.1. Introducción al proyecto	5
1.2. Motivación	5
1.3. Objetivos	6
1.4. Alcance y ámbito de aplicación	6
1.5. Metodología del trabajo	7
<b>2. Análisis del EPI</b>	<b>8</b>
2.1. Definición	8
2.2. Partes Principales	8
2.3. Características Técnicas	9
2.4. Conclusiones	13
<b>3. Análisis del Equipo Combate</b>	<b>14</b>
2.1. Definición	14
2.2. Partes Principales	14
2.3. Características Técnicas	15
2.4. Conclusiones	19
<b>4. Análisis de Riesgos</b>	<b>20</b>
4.1 Riesgos Inherentes al trabajo	20
4.1 Riesgos Inherentes a la condición militar	22
<b>5. Análisis de los Equipos frente a los riesgos</b>	<b>26</b>
5.1 Confrontación de riesgos frente a EPI	26
5.2 Confrontación de riesgos frente a E. Combate	30
<b>6. Análisis de Requisitos</b>	<b>31</b>
6.1. Análisis Amfe	31
6.2. Nuevos Requisitos	34
6.3. Conclusiones	35
<b>7. Tecnologías Existentes en el Mercado</b>	<b>37</b>
<b>8. Prospectiva Tecnológica</b>	<b>43</b>
8.1 Tecnologías Base	43
8.2 Tecnologías Emergentes	47
<b>9. Conclusiones</b>	<b>50</b>
<b>10. Índice de figuras</b>	<b>51</b>
<b>11. Índice de gráficos</b>	<b>52</b>
<b>12. Bibliografía</b>	<b>53</b>

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1.- INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

La presente memoria, es la culminación del Trabajo Fin de Grado “Empleo de nuevas tecnologías en el equipo de protección individual”. En este trabajo se analizan las características del actual equipo de protección proporcionado por el Ejército de Tierra a sus unidades de ingenieros cuando estos se encuentran realizando trabajos fuera de territorio internacional. Posteriormente se extraen una serie de riesgos, derivados del entorno en el cual se realizan dichos trabajos, para enfrentarlos con las características de los actuales equipos. El resultado, son una serie de requisitos, orientados a la mejora de dichos equipos a través de la eliminación o minimización de riesgos. Por último se realizan una propuesta de posibles tecnologías tanto actuales como en desarrollo que puedan servir como punto de partida para alcanzar dichos requisitos.

## 1.2.- MOTIVACIÓN

Este trabajo nace como respuesta a las necesidades que sufren las unidades de Ingenieros durante la realización de Trabajos en zonas donde su seguridad no está garantizada

La constante evolución de los conflictos y las formas en que nuestra nación participa en ellos, ha llevado a los Ingenieros del Ejército a asumir un papel protagonista en la reconstrucción, mantenimiento y mejora de muchas infraestructuras localizada en Zona de Operaciones.

En dichas zonas, la falta de estabilidad política y la ausencia de Fuerzas armadas de la nación anfitriona, obliga a los miembros de las unidades de ingenieros a adoptar medidas de seguridad extraordinaria mientras realizan los diferentes trabajos, esto implica abandonar el equipo individual de protección y cambiarlo por el equipo de combate. Sin embargo las características del equipo de combate, no son las propicias para realizar dichos trabajos, resultando en una disminución de la eficiencia y en la aparición de nuevos riesgos derivados del uso de dichas prendas.

Por los citados motivos, resulta interesante, el desarrollo y la mejora del equipo actual para que supla las carencias de protección del actual sin perjuicio de los beneficios que nos proporciona el ya existente.

### **1.3.- OBJETIVOS**

El objetivo de este proyecto es el de analizar el equipo de protección individual desde un punto de vista de la seguridad, para finalmente realizar una propuesta de nuevos elementos del equipo de protección individual que mejoren la seguridad de estos equipos. Estas propuestas cumplirán una serie de requisitos mínimos de protección, intentado ajustarse simultáneamente lo máximo posible a las actuales características del ya existente, minimizar sus costes y sentar bases para futuras mejoras del equipo de protección en su uso en territorio nacional. Este trabajo se ha orientado al uso en zonas donde la seguridad personal no está garantizada

### **1.4.- ALCANCE**

El proyecto se centra en el análisis del actual equipo de protección (EPI). Se considera, que un EPI es cualquier conjunto de elementos destinados a proteger al trabajador durante la realización de sus actividades laborales. En el ámbito militar esta definición se hace igualmente válida, siendo el EPI, el equipo de dotación entregado por el ET. Este, en Territorio Nacional, está diseñado para hacer frente a riesgos laborales procedente de las obras de apoyo general realizados por la especialidad de Ingenieros, sin embargo, en zona de operaciones, esta únicamente pensado para hacer frente a las amenazas derivadas del combate.

Esto implica, que el diseño solo estará preparado para enfrentar una limitada cantidad de amenazas, y una limitada cantidad de trabajos.

Este trabajo, estudiará por tanto, las amenazas existentes durante la realización de las labores de apoyo general de las unidades de ingenieros, a la vez que aquellas que se derivan del combate en zonas de combate en población. El objetivo será, la generación de unos requisitos para ofrecer protección en ambos ambientes de forma simultánea, haciendo finalmente una propuesta basada en tecnologías actuales y emergentes que quedará limitada a su uso en dicho campos. Pudiendo sin embargo, servir de base para el desarrollo de nuevos equipos orientados a otros usos.

## **1.5.- METODOLOGÍA DEL TRABAJO**

El proyecto comienza con una búsqueda de la legislación y normativa, así como las características del material actualmente utilizado durante las tareas de apoyo general y durante la instrucción en zonas de combate en población. Ambos, equipos a los que personalmente tuve acceso durante la realización de las prácticas en el RPEI 12 de Zaragoza. En segundo lugar, se realiza un análisis técnico de los equipos actuales, su empleo, y la legislación que los regula. Además se realiza un análisis cualitativo de los equipos basado en entrevistas a usuarios y a las características de los diferentes elementos.

Posteriormente, se hace un estudio de los riesgos a los que se haría frente durante la utilización del nuevo equipo, extrayendo los datos de estudios estadísticos previos obtenidos por fuentes secundarias, así como de estimaciones basadas en manuales. Paralelamente, se recogen una serie de requisitos, directamente relacionados con los riesgos obtenidos, y orientados a subsanar estos últimos, así como a cumplir las expectativas que los potenciales usuarios declararon durante las entrevistas.

Por último, se buscan posibles equipos (o partes de los mismos) ya existentes que cumplan todas o la mayor parte posible de los requisitos preestablecidos, para ello se hace una búsqueda exhaustiva de empresas dedicadas tanto a la seguridad militar como a la seguridad en obra. Así mismo, se repite dicha búsqueda sobre empresas punteras en desarrollo de materiales y elementos de seguridad, convirtiendo la parte final del proyecto en un trabajo de prospectiva tecnológica, en el cual se ofrecen posible puntos de partida para desarrollar nuevos equipos de protección en base a necesidades tanto actuales como futuras. Se añaden también varias propuestas de mejora de seguridad pensadas como la expresión material de un conjunto de requisitos determinados u orientados a enfrentarse a una amenaza concreta.

## 2. ANÁLISIS DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

### 2.1.- DEFINICIÓN

La guía técnica de equipos de protección individual difundida por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INHST) [1] [3], sustentada en el REAL DECRETO 773/1997 [4], define el EPI en su segundo artículo de la siguiente forma:

“A efectos del presente Real Decreto se entenderá por «equipo de protección individual» cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.”

Esta definición, pese a ser ampliada posteriormente en el art.1, es muy difusa y apenas da una idea vaga de las características que se supone ha de cumplir un EPI, sin embargo, en artículos posteriores, se desglosan las partes del cuerpo que un equipo completo debe proteger.

### 2.2.- Partes

En el anexo 1 de la guía técnica para el EPI, se detallan las partes a proteger del trabajador, siendo las siguientes:

- Cabeza
- Oído
- Ojos y cara
- Vías respiratorias
- Manos y brazos
- Pies y piernas
- Tronco y abdomen
- Cuerpo (en general)



En el anexo 1 de la misma guía, se explican las protecciones estimadas para proteger cada una de las diferentes partes, aquí se recogen aquellas que dan una protección para trabajos generales, y que son dadas a las unidades de ingenieros como dotación:

- Cascos de protección
- Protectores auditivos (tipo: tapón, orejera,)
- Gafas de monturas universal
- Equipos aislantes de aire libre (tipo mascarilla desechable)
- Guantes contra agresiones mecánicas
- Botas de seguridad (Punta de Acero)
- Arnese de seguridad

### 2.3.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Las características técnicas que se exigen a cada uno de los elementos están recogidos como recomendaciones en diferentes NTP's publicadas por el INHST [1] y que tienen como referencia diferentes normas UNE-ISO [2]. Las dificultades encontradas para el acceso a estos documentos se solventan con la consulta a otras normas de calidad. Se exponen a continuación, los principales requerimientos técnicos de cada una de las partes nombradas en el punto 2.2, así como la legislación que las regula.

- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1. Casco de protección | Está regulado en la NTP-228 cuyas recomendaciones hacen referencia a la norma ISO-3878. Se consideran que un casco debe resistir:   |
|                        | <ul style="list-style-type: none"><li>• Caída de objetos romos con energía máxima de impacto de 4,5 Kgm (44 J) y caída de objetos puntiagudos con energía máxima de impacto de 1 Kgm (9,8 J).</li><li>• El margen de temperaturas de utilización de 5 a 50 °C.</li><li>• Las condiciones de humedad o lluvia.</li></ul> |

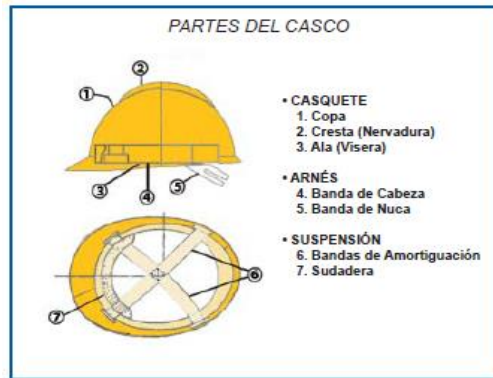



Figura 1 Partes del casco de obra

<p>2. Protectores auditivos:</p>	<p>Está regulado en las NTP-638[1] y 17. Cuyas recomendaciones hacen referencia a la norma UNE-EN 352-2 [2]. En estas notas se analiza la efectividad real de la protección en DB que se debe alcanzar, para trabajos generales y si no especifica otra cosa el valor es de:</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 84% de eficacia. La protección en DB sería la resultante de la expresión <math>APV_f = mf - 1,00\sigma</math>. Donde el término <math>mf</math> es dependiente de la frecuencia de la exposición.</li> </ul>	
	
<p>Figura 2 Imagen de orejeras</p>	

Está regulado en la NTP-262[1] cuyas recomendaciones hacen referencia a la norma UNE 81-101-85 [2]. Se especifican unos valores mínimos de resistencia, así como otros requerimientos relativos a la visibilidad y estabilidad de los materiales que lo compongan.

### 3. Gafas de protección

- Impacto de objetos romos con energía máxima de 0,0572 kg (0,56 J)
- Resistencia al agua.
- No son inflamables, ni tienen una velocidad de combustión superior a 60 mm/min por aplicación directa de llama durante 10 segundos.
- Resistencia al calor y humedad.
- Fijación de los oculares a la montura.
- Permiten como mínimo un campo visual binocular del 85% del patrón y un valor mínimo del 20% para el campo visual periférico respecto a dicho patrón.

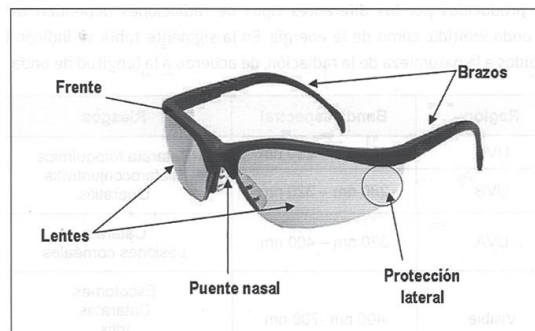


Figura 3 Partes gafas de protección

4. Equipos aislantes de aire libre
- Está regulado en la NTP-571[1]. Al no ser material específico en la protección contra agentes biológicos solo se aportan requerimientos cualitativos.
- Protección contra partículas en el aire.
  - Protección contra salpicaduras de materiales no corrosivos
  - Protección contra aerosoles.



Figura 4 Imagen mascarilla protección

5. Protectores de mano:
- Para riesgos mecánicos está regulado en la NTP-747[1] cuyas recomendaciones hacen referencia a la norma UNE EN 420:2004 [2]. Se consideran que deben proteger frente a las siguientes exposiciones (Valores cuantitativos mínimos\*):

- Resistencia a la abrasión (Número de ciclos) 100\*
- Resistencia al corte por cuchilla (Índice) 1.5 \*
- Resistencia al rasgado (N) 10\*
- Resistencia a la perforación (N) 20\*



Figura 5 Pares guantes de protección.

6. Botas de seguridad: La NTP-773 [1] define el calzado de seguridad como

Calzado que incorpora elementos para proteger al usuario de riesgos que puedan originar accidentes, equipado con tope de seguridad, diseñado para ofrecer protección contra el impacto cuando se ensaya con un nivel de energía de, al menos, 200 J y contra la compresión cuando se ensaya con una carga de al menos 15 kN.

Además, la nota técnica, lista una serie de riesgos a los que tiene que hacer frente y de los elementos de la bota que harían frente a ese riesgo. Estos estarían clasificados en Mecánicos, Eléctricos, Químicos y Térmicos.

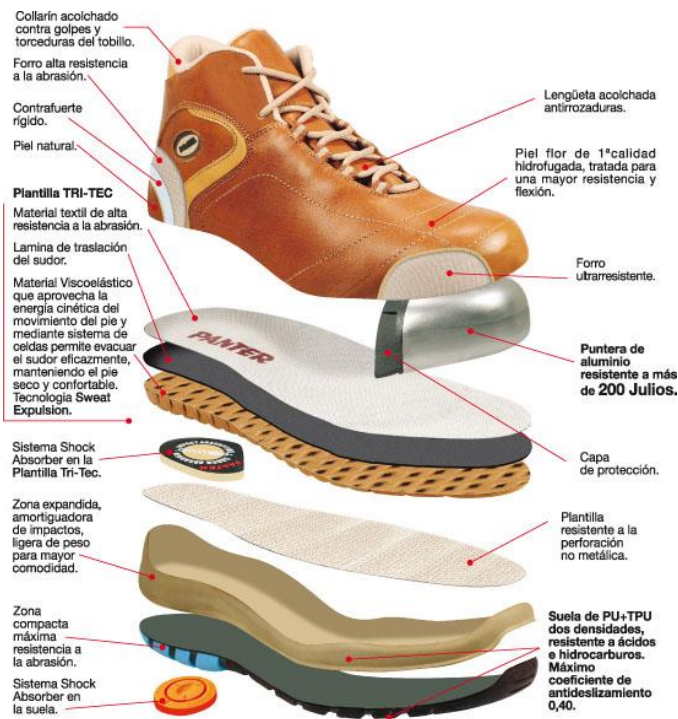


Figura 6 Partes de bota de seguridad

7. Arnés de seguridad:

:

Están regulados en la norma UNE-EN 361. Deben estar compuestos por las siguientes partes.

En este apartado, solo se consideran los arneses, no así, las cuerdas utilizadas en sujeción vertical ni los elementos de unión entre estas y los arneses.

- Anilla de anclaje
- Banda de cintura
- Anclaje para sujeción
- Anillos para material
- Perneras

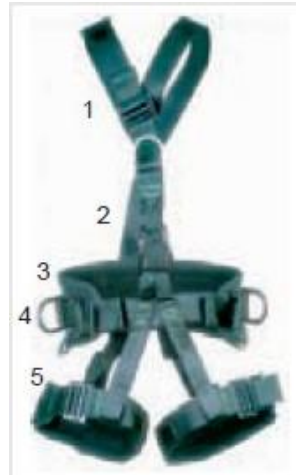


Figura 7 Partes de Arnés de seguridad

Siendo estas partes las mínimas y principales, pudiendo ser ampliadas o desglosadas en otras. Debe además resistir, un esfuerzo mínimo de 15 KN

## 2.4.- CONCLUSIONES

En primer lugar, es necesario señalar que todos los elementos de seguridad anteriormente expuestos, son siempre, la última barrera en la prevención de riesgos, estando siempre por delante la minimización de los propios riesgos, así como la utilización de procedimientos y técnicas que protejan al propio trabajador.

Como se indicó con anterioridad, estos elementos son los componentes del EPI [3], con los que dota el ET a sus unidades de ingenieros[4] para trabajos en territorio nacional acorde a la Ley de prevención de riesgo laborales (LPRL) [5], todos por tanto, cumplen los mínimos establecidos en dicha ley. Sin embargo, están pensados para territorio nacional.

## 3. ANÁLISIS DEL EQUIPO DE COMBATE

### 3.1.- DEFINICIÓN

No existe una definición reglada, sobre los elementos de protección que compondrían un equipo de combate, sin embargo, cualquier definición sobre equipos de protección generales, sería válida, puesto que siguen siendo “equipos destinados a ser llevados o sujetados por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad”. Definición esta última que hacía referencia a los EPI.

### 3.2.- Partes

Actualmente el Ejército de Tierra dota a sus unidades desplegadas en zonas de operaciones con los siguientes elementos [4]:

- Casco balístico tipo Marte
- Protectores auditivos (Taponos)
- Gafas balísticas
- Guantes de Combate
- Botas de Trabajo
- chaleco Antibalas - antifrags
- Uniforme de Campaña
- Rodilleras y Coderas

### 3.3.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Las características técnicas que se exigen a cada uno de los elementos están recogidos en los Pliegos de Prescripciones Técnicas (PPT's) [6] que el ejército distribuye cuando se licita públicamente la adquisición de materiales. Sin embargo, no es posible el acceso a algunos de los Pliegos, en dichos casos, se recurre a las características técnicas de otros elementos de protección similares.

En este apartado, se excluyen tanto las gafas de protección como los guantes de combate y los taponos de protección, debido a las similitudes técnicas con sus homólogos en el EPI, como se explicó en el apartado 2.4



1. Casco tipo Marte

En el año 2014, a raíz de una licitación para la compra de cascos tipo Marte, el ejército de tierra, hacia público el PPT. Este pliego hace muchas referencias a normas y STANAG's (Principalmente STANAG 2902) [7] no incluidos en el propio documento, debido a esto es difícil extraer un resumen de requerimientos del casco.

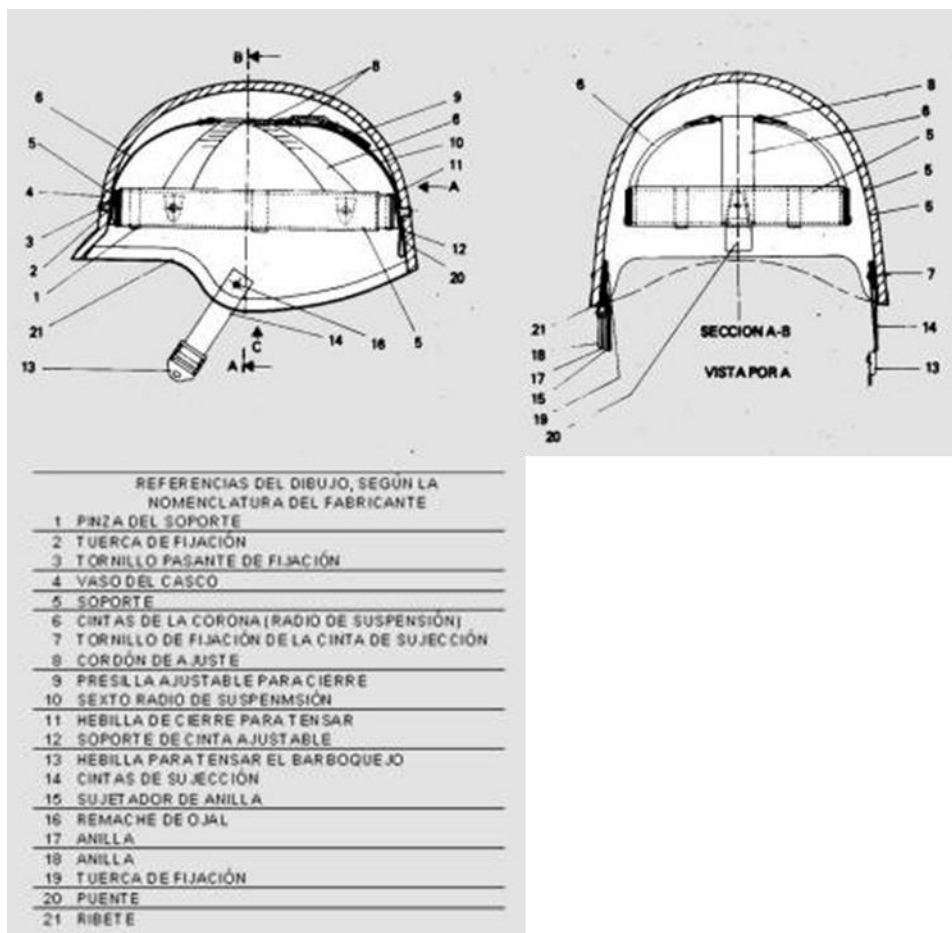


Figura 8 Partes de Casco de combate

Los principales aspectos que se regulan en el pliego son:

- Aspectos Generales (Forma, parte, peso, espesores, flotabilidad)
- Calota (Composición, Dimensiones, Color, reflectancia)
- Sist. Amortiguación (Dimensiones, Materiales, Distribución)
- Atalaje (Dimensión, Formas, Componentes, Puntos de Ajuste)
- Protección Balística: - proyectiles antifrags: No perforación frente a un proyectil normalizado de 1'1 gr a 650 m/s No perforación frente a proyectil 9mm ordinario a 425 ± 15 m/s Ante el impacto de proyectil 9mm ordinario a 425 ± 15 m/s no abrá una deformación interna superior a 20 mm

El pliego, detalla además, normas relativas a la calidad, así como las pruebas y el muestreo que se realizaran a los lotes. Es importante recalcar, lo mucho que el PPT insiste en los dos aspectos esenciales del casco, la capacidad de cobertura y el peso.

2. Botas de trabajo:
- Las botas de las que dota el ET a sus unidades son muy variadas, en este apartado, se analizan los requisitos de la bota goretex suministrada por la compañía ITURRI[8], si bien sus características son de dominio público la composición de la misma así como otros datos técnicos, están protegidos como secreto empresarial.

Los aspectos más innovadores de esta bota son:

- Piel: Oleofóbica, Hidrófoba (durante un min. De 2h), gran transpirabilidad
- Forro Interno: Membrana Goretex (Impermeable y transpirable)
- Palmilla Antitacos: Palmilla de Poliéster antiperforación (máx. 1500N)
- Puntera: Tope termoplástico (máx. resistencia al golpe de 500N)
- Suela:
  - Caucho de Nitrilo (aguante altas temperaturas y buen agarre)
  - Distribución de Tacos: (Maximizar antideslizamiento y facilitar evacuación de barro y piedras)
  - Interior suela: Entreplanta de poliuretano (gran absorción de energía)



Figura 9 Bota goretex Iturri



Figura 10 Bota Árida Iturri

3. chaleco antibalas  
- Antifragmentos:

En el año 2012, el Ejército de Tierra, hace una licitación para la compra de chalecos antibalas-antifragmentos mod.2008, con el número de expediente 209112012001300 [6]. Pese a hallarse ya resuelta la licitación, no se ha publicado el PPT que la acompañaba. Sin embargo, en el expediente 618/2014 de la armada, se licitan también chalecos de las mismas características, estando publicado el PPT de las mismas, de donde se extraen los datos técnicos.

- Composición:
  - Cuerpo delantero y trasero.
  - Cuello y cubre pelvis desmontables.
  - Sistema extracción rápida (Extracción en menos de 1 segundo)
  - Panel Balístico nivel III A (9mm ordinario a 440 m/s)
  - Protección a través de placas cerámica nivel NIJ IV (7.62 NATO a 830 m/s ó 5.56 NATO a 930m/s)
  
- Peso: 8.6Kg aprox.
- Capacidad de enganchar bolsillos porta-equipo de combate



Figura 11 Partes principales de chaleco antibalas - antifrAGMENTOS

#### 4. Uniforme Campaña

El uniforme de campaña que se utiliza en el ejército de tierra, debe cumplir una serie de características, respecto a su resistencia que hacen que se tenga en cuenta como equipo de protección, debido a su gran ligereza y durabilidad. En el documento 20100730132152PPT [6] viene recogidas, características técnicas de dicho uniforme..

Las principales características son:

- Composición: 70% Algodón 30% Poliamida
- Resistencia Tracción: Urdimbre 85 daN Trama 70 daN
- Resistencia Desgarre: Urdimbre 8.5 daN Trama 10 daN

#### 5. Rodilleras y Coderas:

En la licitación con expediente 2094413017101 (011/2013) [6] se establece la compra de rodilleras y coderas cuyo suministrados será la empresa El Corte Ingles. Es por esto que se deduce que dichos elementos tienen los mismos requerimientos que unas rodilleras y coderas de uso civil, por lo que no se profundizará más en las características técnicas, aunque si cabe subrayar que se precise en varios puntos la necesidad de ambos elementos sean altamente ergonómicos.

### **3.4.- CONCLUSIONES**

Se pueden observar dos diferencias fundamentales entre este equipo y el EPI recogido en el apartado 2. En primer lugar la protección que ofrecen es mucho mayor, a excepción de las botas de trabajo, así mismo y en segundo lugar, es fácil apreciar un aumento del peso en casi todos los materiales como consecuencia directa del aumento de protección..

## 4. ANÁLISIS DE RIESGOS

Para la consecución de nuevos elementos de protección que sean realmente eficaces es necesario realizar anteriormente un análisis de las causas que motivan esta actualización de materiales. Es por tanto un primer paso primordial la recolección de estudios referentes a los dos riesgos principales que sufriría el usuario para el cual está pensado este nuevo equipo. Por una parte tendríamos los riesgos inherentes al propio trabajo desempeñado, es decir, riesgos laborales relativos a construcción e industria, por ser estos dos sectores los que engloban la mayor parte de trabajos realizados por las unidades de Ingenieros militares. Sin embargo, la condición militar, implica que fuera de Territorio Nacional, estos cometidos se desarrollarían en zonas de inestabilidad y de inseguridad, por tanto, es fundamental tener a su vez estudios que puedan predecir en que entornos se desarrollarían probablemente estas tareas y cuáles son las principales amenazas a las que debería hacer frente un equipo de protección personal. Durante este apartado, se estudiarían por tanto, ambos condicionantes

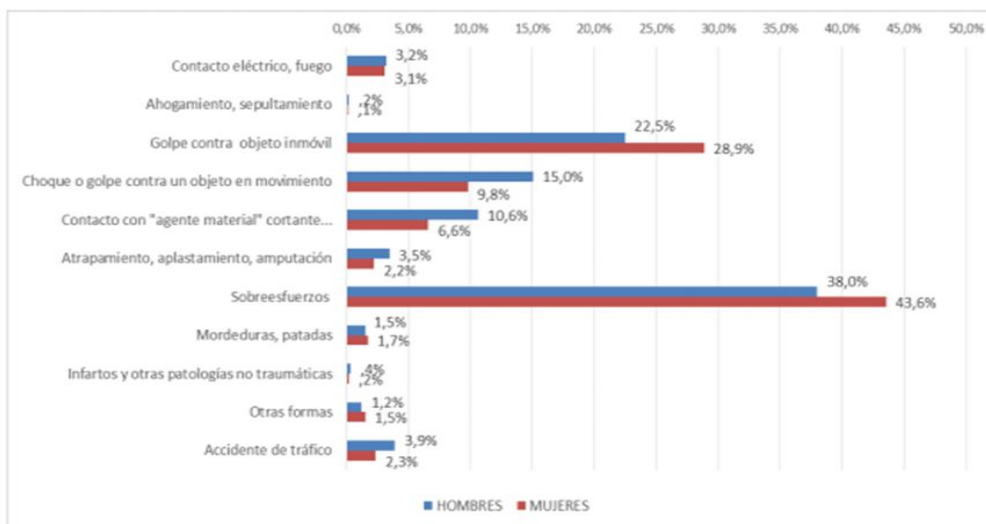
### 4.1.- Análisis de Riesgos Inherentes al Trabajo

Las misiones de Ingenieros relativas a apoyo general, suelen ir ampliamente ligadas a conceptos de construcción y reparación, tanto de estructuras horizontales como verticales, además de reparaciones e instalaciones específicas también de obra como pueden ser Instalaciones eléctricas, Instalaciones de tratamiento y almacenamiento de Agua etc...

A continuación se exponen estudios centrados en la localización de dos tipos de riesgos en el entorno de la construcción, los riesgos que producen lesiones leves que obligan al trabajador a abandonar el trabajo durante pequeños periodos de tiempo, pero cuya frecuencia es muy alta, y aquellos que pese a tener un índice de aparición muy bajo, producen accidente laborales mortales.

En el informe anual de Accidente de trabajo en España del año 2014[9], realizado y publicado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo se recogen numerosos gráficos que muestran causas de accidentes y su relación con diferentes variables, para este proyecto, son de especial relevancia dos de ellos.

En este primer gráfico, se recogen accidentes laborales que sin llegar a causar graves lesiones, ocasionaron la baja por lesión de los trabajadores que la sufrieron, son destacables la gran cantidad producida en ambos sexos debido a sobreesfuerzos realizados así como los golpes contra objetos inmóviles.



**Gráfico 1 Accidentes laborales leves [9]**

Este segundo gráfico sin embargo, se centra en accidentes que terminaron siendo mortales para la persona afectada, si bien es cierto que la primera causa es claramente relativa a Infartos y derrames, para la temática tratada en este trabajo son mucho más relevantes las segunda y tercera causa, accidentes de tráfico y aplastamientos o atrapamientos respectivamente. En ambos casos se especifica que ambos accidentes tienen lugar en la propia zona de trabajo y no de camino al mismo, lo cual es muy importante en el caso de los accidentes de tráfico, donde se recoge los atropellos o choques que se sufran con cualquier vehículo implicado en el trabajo.



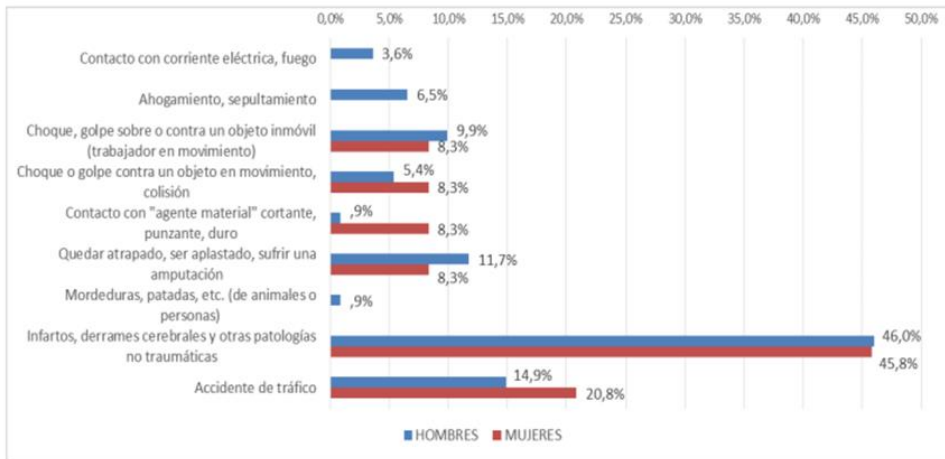


Gráfico 2 Accidentes laborales mortales [9]

E

estas estadísticas sin embargo, no están recogidas de forma exclusiva para el sector de la construcción, y su periodo de estudio es relativamente corto. Debido a esto, se hace uso de un estudio realizado para los años 2008 2009 y 2010 por el mismo organismo, y que discrimina por sectores.

Estos gráficos, representan los motivos de accidentes mortales durante los citados años, uno relativo a los contactos que provocaron la muerte, y el otro a motivos genéricos. Se puede observar claramente que los aplastamientos, caídas de personal y golpes contra objetos en movimiento son un muy elevado porcentaje con respecto al total. Este mismo estudio, obtienes además una fundamental conclusión, la no identificación de los riesgos por parte de los trabajadores que sufrieron estos accidentes es la principal causa de que finalmente sucedieran.

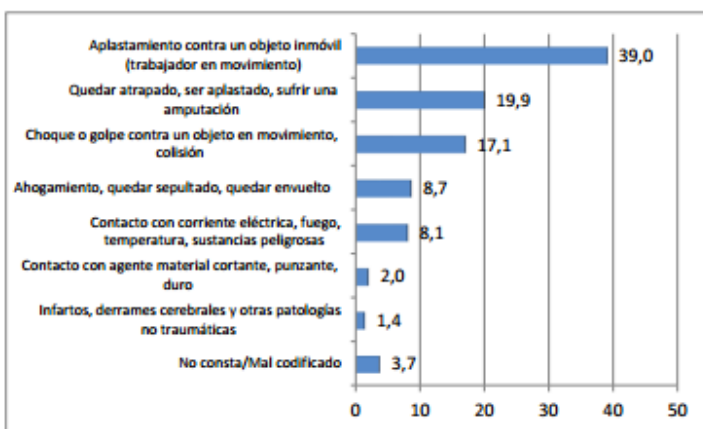


Gráfico 3 Motivos accidentes laborales por contacto [9]

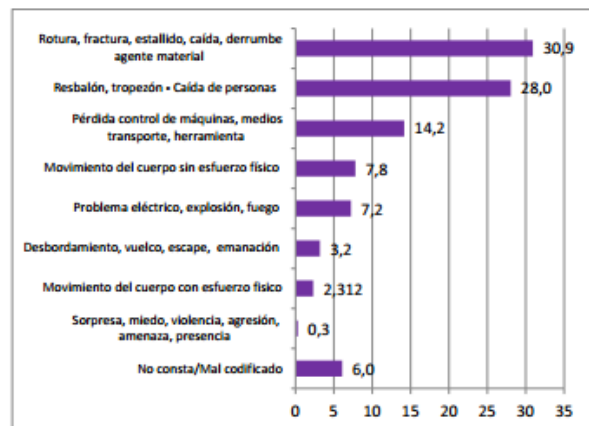


Gráfico 4 Motivos accidentes laborales [9]

#### 4.2.- Análisis de Riesgos por Condición Militar

Los riesgos derivados de la condición militar, son muy dependientes de la zona donde las operaciones se realicen, puesto que ello condiciona gran parte de los conflictos en la mayoría de sus elementos, tales como armamento, tácticas, vehículos etc...

En la actualidad, existe una tendencia a nivel global sobre el desplazamiento de los habitantes de un país hacia zonas urbanas y el consecuente crecimiento de estas zonas. Prueba de ello, son los estudios estadísticos que el Banco Mundial (BM) [10], definido como un organismo especializado del sistema de las Naciones Unidas, publica de forma continua sobre la urbanización tanto global como por países. Los últimos datos recogidos entre 2006 y 2015 muestran un aumento de casi el 4% en la urbanización a nivel mundial.

La interpretación de estos datos como indicador del establecimiento de las ciudades como nuevas zonas de conflicto es ampliamente apoyada por diferentes especialistas en conflictos como son la profesora Alice Hills [11] especializada en conflictos y política y el profesor Stephen Graham [12], dedicado al estudio de las ciudades su evolución y la forma de vida en ellas cuyas obras afirman un desplazamiento de los enfrentamientos armados hacia los núcleos urbanos debido a su constante ampliación y desarrollo.

Para determinar que riesgos específicos pueden derivarse del combate en estas zonas, se hace referencia a dos estudios realizados en Estados Unidos y basados en lecciones aprendidas [13] [14]. Ambos están centrados en la interacción entre fusilería y metralleta con los diferentes elementos de protección que viste un soldado en zonas de combate en población, llegando ambos a las mismas conclusiones.

- La cabeza y cuello se convierten en las zonas más vulnerables
- La mejora de la protección craneal no lleva asociada una disminución de muertes en los impactos dirigidos a la cabeza
- La protección tanto de pecho como espalda se vuelve fundamental.
- Sí existe una disminución de bajas por el uso de chalecos antibalas
- Las diferencias en las deformaciones en los proyectiles que consiguen atravesar los chalecos con respecto a las que penetran sin atravesar dichas protecciones son mínimas, lo que sugiere que los chalecos deben ser capaces de detener totalmente los proyectiles.

### 4.3.- Conclusiones

Los análisis de riesgos anteriores, demuestran que tanto un militar desplegado en zona de operaciones como un trabajador del sector de la construcción, están sometidos a una serie de amenazas a su seguridad. La conjunción de ambos trabajos, sin embargo, no resulta en la suma de todas las amenazas.

Los Ingenieros militares en operaciones fuera de territorio nacional, han tenido y es previsible que sigan teniendo un papel fundamental en las acciones de apoyo general y protección, por encima de la movilidad y la contramovilidad. Si bien es cierta que su labor de apoyo puede ser ampliamente asimilada a los trabajos de construcción y sus consiguientes riesgos, hay que establecer ciertas diferencias.

Las obras de ingenieros suelen ser limitadas en cuanto a su tamaño por ejemplo respecto a su altura, lo que disminuiría ampliamente la posibilidad de accidente mortal por caídas, por otra parte, la gran cantidad de movimientos de material y de tierra que realizan simultáneamente a otros trabajos, produciría un gran aumento en la probabilidad de sufrir un accidente de esas características.

También es necesario, limitar las similitudes de riesgos que sufre un ingeniero en apoyo general en una zona urbana frente a un militar en combate. El apoyo generalmente se hará en zonas con un perímetro asegurado, y en momentos en los que no se esté realizando un enfrentamiento en la zona. Esto hace al ingeniero menos propenso a sufrir impactos de bala en general, e impactos a corta distancia más específicamente.

Finalmente, tras estos razonamientos y a la vista de los apartados anteriores podemos extraer una serie de importantes conclusiones:

- Los accidentes mortales sufridos por caídas, son, debido a la disponibilidad de material de seguridad, producidos por un uso incorrecto del mismo o por no usarlo.
- Los accidentes referentes a impacto contra objetos móviles, objetos en caída (en zonas señaladas) así como accidentes con máquinas en movimientos, son producidos por no respetar o no ser conscientes de las zonas donde estos actuaban. Esto implicaría una deficiencia en la detección de riesgos.
- Las lesiones leves son principalmente causadas por sobreesfuerzos cortos pero intenso o leves de larga duración.
- Los impactos directos a la zona de la cabeza o cuello no son detenidos

## 5. Análisis de los Equipos frente a los riesgos identificados

Para comprobar y poder determinar qué elementos tanto del EPI actual como del equipo de combate, no hacen frente de forma eficaz a los riesgos y amenazas a los que se enfrenta el usuario, se realiza muestran en este apartado los resultados de confrontar dichos materiales y los riesgos expuestos en el apartado 4.

### 5.1.- Confrontación de riesgos con EPI

- El mayor limitante en lo referente a protección que posee el actual casco proporcionado como dotación para la realización de trabajos de Apoyo general es su nivel de protección frente a impactos de fragmentos o munición.
1. Casco:

Con el fin de probar esta limitación, en la unidad donde realice las prácticas, se ha efectuado un ejercicio de tiro sobre un casco de dotación. Las características del ejercicio fueron las siguientes.

- Disparo frontal
- Distancia de 300m
- Munición tipo OTAN 5'56

Los resultados fueron los siguientes:



**Figura 13 Casco con impacto de munición Fuente: Autor**

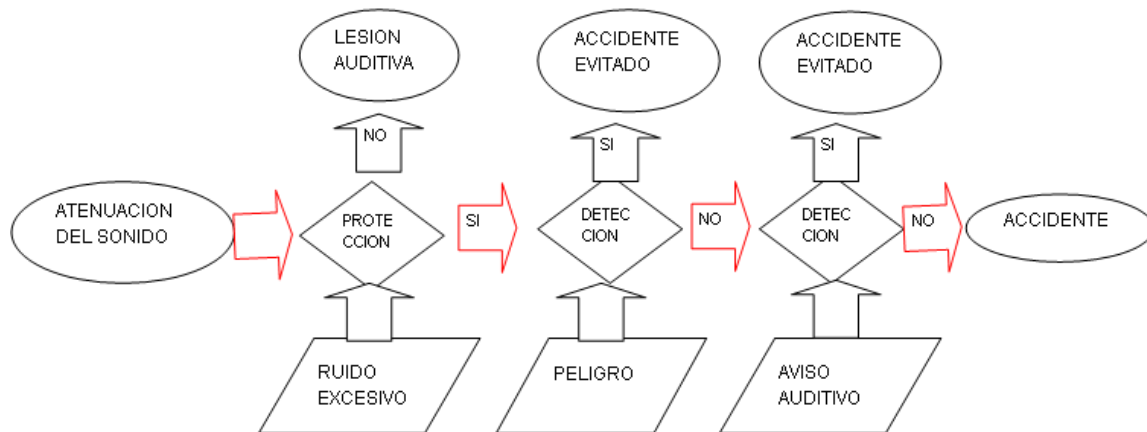


**Figura 12 Casco con impacto de munición 2 Fuente: Autor**

Como puede observarse en las imágenes, el impacto de entrada es totalmente limpio y sin apenas oposición o deformación, sin embargo, hay múltiples orificios de salida, producidos por fragmentos desprendidos del propio casco. Al ser de plástico, y a la vista de los resultados, puede deducirse, que dichos fragmentos iban parcialmente fundidos. Esto demuestra la gran limitación protectora de este elemento, frente a una de las principales amenazas en las zonas urbanas.

## 2. Protectores Auditivos

Los protectores auditivos que proporciona en la actualidad el ET, son de los denominados, tipo pasivo. Esta denominación, hace referencia a que atenúan todos los sonidos independientemente de su nivel. Si bien protegen al usuario de ruidos que podrían ser perjudiciales para su sistema auditivo, es fácil relacionar esto, con los riesgos asociados a la no detección de los peligros con un sencillo diagrama de flujo.



**Figura 14 Diagrama de flujo Fuente: El autor**

Como puede observarse, en el diagrama viene señalada la línea de sucesos que se obtendría del uso de tapones pasivos, si bien protegen frente a ruidos de alto nivel, no permiten escuchar avisos o detectar peligros que ocurran fuera de nuestro campo visual.

### 3. Gafas de montura universal.

Las gafas que proporciona el ET a sus unidades, tienen como objetivo proteger contra impactos leves de fragmentos. Sin embargo, tiene varias limitaciones de uso.

- Su goma de retención, impide quitárselas rápidamente si se usa simultáneamente el casco
- Durante su transporte por parte del usuario, si no se llevan puestas, son altamente frágiles.
- No tienen capacidad de protección frente a polvo, o materiales que, suspendidos en el aire que pudieran afectar a la visión.

4. Aislante de aire libre. Los aislante de aire libre proporcionados por el ET, con objetivo de aislar las vías respiratorias del usuario de partículas suspendidas en el aire, es de tipo mascarilla desechable. Esto se debe principalmente a su bajo coste, pues se le da consideración de material fungible.

Sin embargo, este material, por si solo, es supuestamente la única protección asignada a la zona inferior de la cara. La cual queda totalmente desprotegida contra cualquier tipo de impacto leve, o fragmento. Siendo como se vio en el apartado 4, una de las zonas más vulnerables y que más lesiones acumulaba

5. Guante de protección. Los guantes de Protección están ideados para proteger frente a agresiones mecánicas o abrasivas. Sin embargo, en el apartado 4.1, una de las principales causas de lesiones con baja necesidad, eran los impactos por caída de objetos pequeños, o aplastamiento de extremidades. Riesgo que queda totalmente sin cobertura alguna

6. Botas de protección. La consideración de bota de protección suele llevar asociada tres aspectos mínimos: Punta de acero, suela antideslizante, y suela antiperforaciones.

Sin embargo, pese a tener cierta ergonomía, no tienen las capacidades de transpirabilidad y comodidad que requiere su uso prolongado, o su utilización como botas para la realización de marchas.

Esto, está directamente asociado con los riesgos derivados por pequeños sobreesfuerzos debidos al uso de material no ajustado a las necesidades, en este caso, el uso prolongado de estas botas para realizar marchas, podría dar lugar a la baja del usuario debido a heridas en los pies.

7. Arnesede Seguridad

Los arneses utilizados para trabajos en altura, esta orientados a la sujeción del usuario, en caso de caída. Deteniendo la caída a una corta distancia, y distribuyendo el impacto por todo el cuerpo, principalmente en zonas de gran resistencia como la zona del pecho y hombros o la zona de la cadera.

De ser utilizada, es una protección altamente eficaz, sin embargo, la principal causa de accidentes de este tipo, derivados de tropiezo o resbalones, suele ser la no utilización de estos equipos. Esto es aún más frecuente, cuando se realiza en zonas de combate.

La principal razón, es la dificultad asociada a su instalación y uso simultáneo con los chalecos antifrags, y el equipo de combate, y al tiempo necesario para desprenderse del mismo en caso de que fuera necesario



## 5.2.- Confrontación de riesgos con Equipo de Combate

1. Casco de combate

La protección otorgada por el casco de combate actual, es de un nivel alto para la zona craneal. Sin embargo su elevado peso (1375 g) supone un aumento aproximado del 300% frente a los pesos de los cascos de protección. Este aumento, aplicado a largos periodos de tiempo, puede da lugar a lesiones musculares. Además, en caso de accidentes sobre vehículos o impactos, el hecho de portar esa gran cantidad de peso en la cabeza, puede producir graves lesiones en el cuello.

2. Botas de trabajo

Actualmente, las botas entregadas por el ejército de tierra, tienen consideración de botas de trabajo, esto, implica dos importantes limitaciones, no poseen capacidad de protección frente a impactos o aplastamientos en la zona de la puntera. Lo que deja especialmente vulnerable esta zona del cuerpo.

3. chaleco Antifragmentos - Antibalas

La protección otorgada por el chaleco actual, es de clase IV, una de las mejores protecciones posibles a ese respecto. Sin embargo esta protección la otorga a cambio de un gran peso y una importante reducción de movilidad. Esta sobrecarga constante puede producir lesiones leves a nivel muscular en la espalda. Además la falta de movilidad derivado de su uso entorpece y enlentece al usuario que queda más expuesto a cierto tipo de accidente.

- Estos tres elementos, implicados en la protección del usuario frente lesiones leves, como rozaduras, encuentran su mayor defecto en su ergonomía. Esto es todavía más acentuado en coderas y rodilleras, cuyo uso, por encima del uniforme, provoca molestias, se desplaza de forma constantes y no permite su uso prolongado de forma confortable.
4. Uniforme de trabajo, coderas y rodilleras.

## 6. ANALISIS DE REQUISITOS

El establecimiento de nuevos requisitos, ha sido realizado conforme a dos métodos. Uno centrado en la resolución total o parcial de los principales riesgos descritos en el apartado anterior, utilizando para ello una herramienta de calidad. El segundo método, está basado en la síntesis de una serie de entrevistas realizadas a usuarios de los equipos actuales durante mi estancia en el RPEI 12 de Zaragoza.

### 6.1.- Análisis AMFE

El Análisis Modal de Fallos y Efectos está recogido en la NTP 679 del INHST [1] como una de las técnicas más avanzadas de prevención que se puede aplicar en distintos ámbitos de la empresa y que permite reconocer priorizar y actuar sobre las causas del fallo de un producto o proceso en su etapa de diseño.

Este Análisis estaba basado en el estudio de tres factores, Gravedad, Ocurrencia Detección.

-Gravedad (G): Índice que refleja numéricamente los efectos que se producen en relación a su impacto.

-Ocurrencia (O): Índice que refleja numéricamente la reincidencia de cada uno de los riesgos.

-Detección (D): Índice que refleja numéricamente la capacidad que se tiene para localizar preventivamente cada uno de los riesgos.

Estos son aplicados sobre cada uno de los riesgos que anteriormente distinguimos como importantes, asignándose un valor numérico en función de cómo de importante es cada factor siguiendo las tablas proporcionadas en la norma [ ], siendo esta asignación de valores orientada en la propia NTP. Es importante recalcar, que pese a la fuerte parte analítica que posee esta herramienta, existe una parte que se basa en estimaciones apoyadas en los estudios del apartado 4.1.

En esta tabla, se puede observar cómo, una vez establecidos los valores de G O y D, estos se multiplican para obtener como producto final el NPR (Numero de Prioridad de Riesgo), un índice de prioridad que nos indica si es mayor de 100 la necesidad de actuar sobre el riesgo en cuestión, y la recomendación de actuar si es menos de 100 pero próximo a este.

A continuación, se presenta una tabla con los resultados de la aplicación de esta herramienta sobre los diferentes riesgos:

RIESGO	EFEECTO	G	CAUSAS	O	CONTROLES ACTUALES	D	NPR	ACCIONES RECOMENDADAS
ATROPELLO	MUERTE/ LESION GRAVE	10	NO VER A LA PERSONA	3	INDICADORES DE PELIGRO	6	180	MEJORAR SITSTEMAS DE DETECCIÓN
CHOQUE VEHICULO	LESION GRAVE	8	PERIDAD DE CONTROL	2	-	5	80	MEJORA DE SEGURIDAD
CAIDA OBJETO	LESION GRAVE/MUERTE	8	ENTRAR EN ZONA PELIGRO	2	INDICADORES DE PELIGRO	5	80	MEJORAR SISTEMAS SEÑALIZACION
CAIDA OBJETO(PEQ)	LESIONES LEVES	5	NO LLEVAR MATERIAL PROTECCION	5	-	8	200	INCLUIR NUEVO EQUIPO
GOLPE OBJETO MOVIL	LESION GRAVE	8	ENTRAR ZONA PELIGRO	2	INDICADORES DE PELIGRO	5	80	MEJORAR SITSTEMAS DE SEÑALIZACION
IMPACTO CABEZA (MUNCION)	MUERTE	10	ATAQUE	2	CASCO	3	60	-
IMPACTO TORSO (MUNCION)	HERIDA GRAVE	9	ATAQUE/ NO LLEVAR EQUIPO	2	ANTIFRAGMENTOS	3	54	-
SOBRESFUERZOS PUNTUALES	LESION LEVE	5	EXCESO PESO	5	-	2	50	-
SOBRESFUERZOS PUNTUALES	LESION LEVE	4	EXCESO PESO	5	-	8	160	ALIGERAR y ERGONOMIZAR EQUIPO DE PROTECCION

Para actuar sobre los riesgos señalados se hace una propuesta general en la última columna, esta propuesta intenta influir sobre los coeficientes más elevados, pues cada grado de disminución produce una variación geométrica sobre el resultado final. Se obtienen por tanto, 3 resultados que requieren actuación inmediata:

- Atropellos por parte de vehículos o maquinaria de trabajo, debido principalmente a lo grave del riesgo, y por la relativa dificultad de que el conductor sea capaz de detectar que hay una persona no autorizada en las proximidades del vehículo.
- Caídas de objetos pequeños. Esto hace referencia a caídas de herramientas, u objetos que sin ser capaces de provocar la muerte del afectado, si puede provocar lesiones en extremidades. Su difícil detección, así como su relativamente alta frecuencia y gravedad lo convierten en un riesgo potencial.
- Sobreesfuerzos. Hace referencia a toda clase de pequeños excesos que se realizan de forma continua, dando lugar a largo plazo a lesiones de tipo articular y muscular. Son muy difíciles de detectar y ocurren con relativa frecuencia

Así mismo, se detectan riesgos, que sin ser de extrema preocupación, es recomendable actuar sobre ellos:

- Choque de un vehículo. Ocurre con baja frecuencia y suele producirse por despiste o pérdida de control debido a inclinaciones del terreno o cargas máximas. La problemática se encuentra no tanto en la detección como en la gravedad de dichos accidentes
- Accidentes por Caídas de objetos e Impactos con objetos móviles: Si bien la ocurrencia de ambos es bastante baja, es destacable la gravedad de ambos, y la detección. La zonas con estos peligros suelen estar señalizadas (escombreras, zonas derrumbarles etc.) , sin embargo es complicado confirmar si un militar ha entrado por error e dichas zonas.

## 6.2.- Entrevistas

Las entrevistas a miembros del RPEI están contempladas como un método para la planificación de las características de un producto basado en la Mercadotecnia. Obteniendo la información de fuentes primarias, en forma de entrevistas a usuarios finales y consultas a expertos en la materia. El objetivo final era conocer a través de un cuestionario de respuestas abiertas y multirespuesta los requisitos que se consideran importantes para futuras mejoras en ambos equipos.

### 6.2.1. – Formato de la entrevista

Las entrevistas fueron realizadas sobre la siguiente muestra.

-Ámbito: Local (RPEI 12, Zaragoza)

-Universo: Personal militar usuario de los equipos (Todas las escalas)

-Sexo: Ambos sexos

-Edad: De 21 años en adelante

-Tamaño: 30 personas

-Método: Se realiza a todos los miembros de la sección de construcción vertical, incluido cuadros de mando, por ser estos los principales usuarios de ambos equipos.

El cuestionario está basado en preguntas de respuesta abierta y multirespuesta.

- Pregunta 1: ¿Cree usted necesaria una mejora en los aspectos de peso y comodidad? ¿Cuáles?

- Pregunta 2: ¿Qué partes del EPI está peor adaptado al combate? ¿Qué nuevos requisitos necesitaría?

- Pregunta3: ¿Considera usted que es posible actualmente utilizar simultáneamente ambas protecciones? ¿En caso negativo, lo considera importante?

- Pregunta 4: ¿Considera usted el coste económico un aspecto clave para la consecución de nuevos equipos compatible para ambos ambientes?

- Pregunta 5: ¿Considera usted importante conseguir una protección simultánea en zona de operaciones?

### 6.2.2. - Resultados

Las siguientes respuestas obtuvieron en todos los casos un índice de respuesta de más del 80%

- Pregunta 1: El 100% de los encuestados, respondió afirmativamente a la primera pregunta.  
El 60% dio prioridad al peso sobre la comodidad.  
El 80% recalco la importancia de mejorar la movilidad
- Pregunta 2: El 80% eligió el arnés de seguridad. El 10% las botas de seguridad y otro 10% el casco de obra.  
En la segunda parte de la pregunta: Los que eligieron el arnés consideraron como fundamental la existencia de suelta rápida y posibilidad de ajustarlo con el equipo de combate
- Pregunta 3: El 70% respondió no. El 30% respondió sí, pero con limitaciones.  
En la segunda parte de la pregunta el 100% respondió afirmativamente.
- Pregunta 4: El 100% de los encuestados respondió afirmativamente.  
Consideraban el aspecto económico como uno de los principales limitantes.
- Pregunta 5: El 80% respondió afirmativamente. Un 20% consideraba que dependía de la situación táctica
- 

### 6.3.- Conclusiones

Los análisis de riesgos y requisitos, dan una idea de los principios generales y objetivos que deberían cumplir los diferentes elementos de un Equipo de Protección Individual para los Ingenieros militares, sin embargo es necesario materializar esos requisitos de forma que sean aplicables.

De todos los análisis anteriores, se extraen por tanto el siguiente conjunto de exigencias que deberán cumplir las nuevas características tanto de mejora de elementos existentes como de propuesta para la creación de nuevos elementos.

### Requisitos Generales

- **RG1:** Se requiere que todos los elementos citados anteriormente sean fácilmente transportables.
- **RG2:** Se requiere que todos los elementos citados anteriormente sean minimizados en coste.
- **RG3:** Se buscara, para la minimización de costes sin perjuicio de la calidad, que todos los elementos sean, modulables e intercambiables.

### Requisitos Particulares

- **RP1:** Se requieren, medios que permitan aislar al militar de los ruidos externos que puedan afectarle negativamente, sin imposibilitarle escuchar las diferentes órdenes y avisos.
- **RP2:** Se requieren, elementos más ligeros en los equipos de combate cuando estos se usen en los trabajos de apoyo general, sin perjuicio de la protección en caso de combate.
- **RP3:** Se requieren, botas que garanticen la protección frente a impactos de objetos por caída o aplastamientos sin perjuicio de la movilidad.
- **RP4:** Se requieren arneses compatibles con la protección de combate, manteniendo su eficacia y facilitando su liberación en caso de ser necesario, consiguiendo de esta forma, una disminución de los accidentes por la no utilización de estos arneses por motivos de falta de tiempo o celeridad en las actividades.
- **RP5:** Se requieren medios que protejan mejor a los usuarios de vehículos de transporte y maquinaria de movimiento de tierras en caso de accidente, compatibles con los equipos de combate
- **RP6:** Se requieren elementos que faciliten la identificación de personal que haya entrado en zonas de movimiento de vehículos o zona de caída de objetos por error.

Todos estos requisitos, se materializaran en los dos apartados siguientes, bien en forma de equipamiento ya disponible, o desarrollable partiendo de tecnologías actuales y presentes en otros equipos, o bien en tecnologías y materiales que se encuentren actualmente en fases de diseño o prueba.



## **7. TECNOLOGIAS EXISTENTES EN EL MERCADO**

En este apartado, se exponen los datos resultantes de la búsqueda de tecnologías presentes en el mercado, que tienen la capacidad de cubrir parte de los requisitos obtenidos en el apartado 4.2.

Los subsiguientes apartados contendrán por tanto una de las tecnología encontradas, es importante subrayar que estos elementos pueden responder únicamente a un solo requisito, siendo sin embargo contrarios a la consecución de otro, es por esto, que tras la presentación de cada tecnología, se realiza un análisis de la utilidad del mismo, y una propuesta empleo, pudiendo estar esta última limitada a ser un punto de partida para futuros equipos y no tener por tanto aplicación directa por sí misma, o a una utilización en los EPI de dotación para uso en territorio nacional.

### **7.1.- CASCOS DE COMBATE**

La utilización de los cascos de combate Marte actualmente suministrados por ET proporciona al combatiente una protección eficaz en la zona del cráneo frente a impacto de fragmentos o munición. Sin embargo su excesivo peso, produce que su uso como caso de protección durante tareas de apoyo general resulte en la aparición de lesiones a largo plazo, además de reducir notablemente el campo de visión. Así mismo, como se ha documentado en apartados anteriores, la utilización de los cascos actuales en zonas de combate en población, no ha visto sin embargo disminuida el índice de bajas relacionadas con esta zona del cuerpo, debido principalmente a que la cara y el cuello siguen quedando irremediabilmente al descubierto.

Por esto mismo, se hace la propuesta de empleo de los siguientes tipos de protección craneal.

## 1.1.1. - USMC LIGHTWEIGHT BALLISTIC PROTECTIVE HELMET [15]

## Casco USMC

Este casco de la casa GENTEX utiliza tecnología existente en torno a las para-aramidas, disponiendo capas de las mismas en una configuración especial, de esta forma obtiene el USMC LWH, cuyas propiedades de detención balística igualan a la de los cascos actuales logrando sin embargo una leve reducción del peso, estando la media (dependiente de los tamaños) en 1'20gr.

Además de mantener el nivel de cobertura de anteriores modelos debido a su forma, la casa GENTEX presume de gracias a sus sistema de correas en X, sus 4 puntos de anclaje y su forro interno haber conseguido uno de los cascos más cómodos ajustables y ergonómicos del mercado .Esto lo hace sin duda alguna, muy apto para su uso prolongado y continuo.

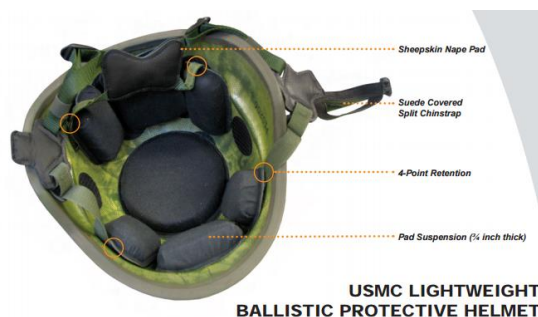


Figura 15 Casco USMC vista exterior [15]



Figura 16 Casco USMC vista interior [15]

### 7.1.2.- LASA AC914 Helmet [16]

#### Casco AC914

Morgan Defence System ha desarrollado un casco de protección para combate a partir de la tecnología existente en composites híbridos. El resultado ha sido un casco de resistencia balística III-A equivalente a los actuales, pero cuyo peso medio es de 1,15gr. Además dota a este casco de varios railes para el acople de diferentes elementos. Su cobertura lateral y posterior es ligeramente menor.



Figura 17 Casco LASA AC914 [16]

## 7.1.3. – ULTRA LIGHT HELTMET ACH [17]

## Casco ACH

El casco con los menores índices de peso lo ha desarrollado la empresa NIDEC Defense Group. Este casco presenta un índice balístico III-A y una protección antifragmentos acorde al STANAG 2920 sin embargo consigue un peso total de 850gr, lo cual supone una disminución del 45% respecto a la protección actual. Por otra parte, pese a presentar una cobertura trasera completa, la cobertura lateral se ve ampliamente disminuida.



Figura 18 Casco  
ACH vista lateral [17]



Figura 19 Casco  
ACH vista frontal  
[17]



Figura 20 Casco  
ACH vista  
posterior [17]

A la vista de las características de esta tecnología, se puede resolver que esta sería un posible punto de partida que cumpliría los siguientes requisitos

**RP2** Se requieren, elementos más ligeros en los equipos de combate cuando estos se usen en los trabajos de apoyo general, sin perjuicio de la protección en caso de combate

## 7.2.- TAPONES DEPENDIENTES DEL NIVEL

Existen en el mercado una serie de tapones de protección, con elementos electrónicos que regulan la atenuación acústica dependiendo del ruido. Estos sistemas son conocidos como protectores acústico activos, y son capaces de proteger con la misma eficacia que lo haría un sistema pasivo. La legislación española los contempla en la NTP-980. [1]

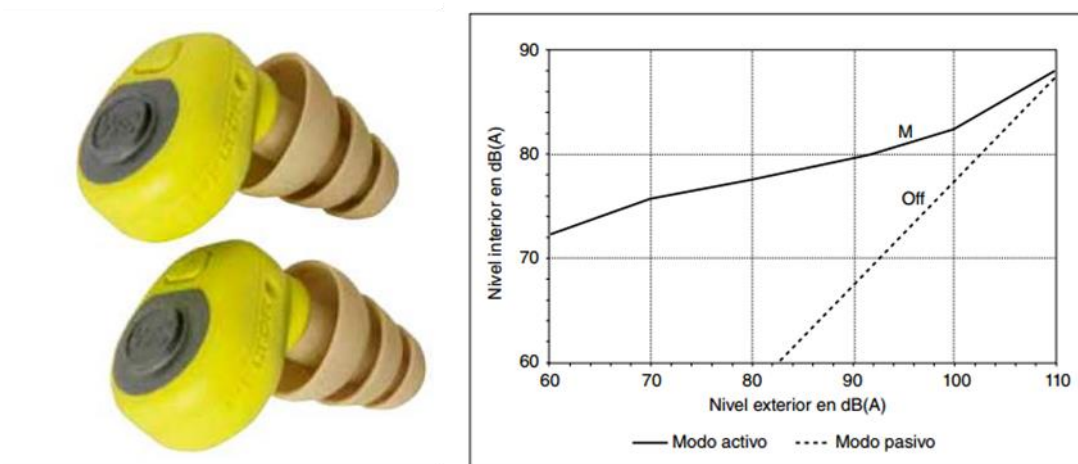


Figura 21 Tapones Activos junto a su gráfica de funcionamiento [18]

Estos tapones cuyo uso se ha expandido en el mercado laboral no son sin embargo dado por el ET como material de protección, siendo esta profesión una de las que mas se beneficiaría de sus efectos, permitiendo al usuario, aislarse de sonidos externos de gran nivel a la vez que es capaz de escuchar órdenes y avisos del exterior.

A la vista de las características de esta tecnología, se puede resolver que esta sería un posible punto de partida que cumpliría los siguientes requisitos

**RP1** Se requieren, medios que permitan aislar al militar de los ruidos externos que puedan afectarle negativamente, sin imposibilitarle escuchar las diferentes órdenes y avisos.

### 7.3.- CHALECOS CON AIRBAG INCORPORADO

Desde hace unos años el sector del motociclismo ha visto aumentada su protección gracias a estos chalecos con airbag incorporado. Su funcionamiento se basa en la activación por tensión de un mecanismo de iniciación que abre una pequeño depósito de CO<sub>2</sub>. Una vez abierto, infla de forma casi inmediata todo el chaleco.

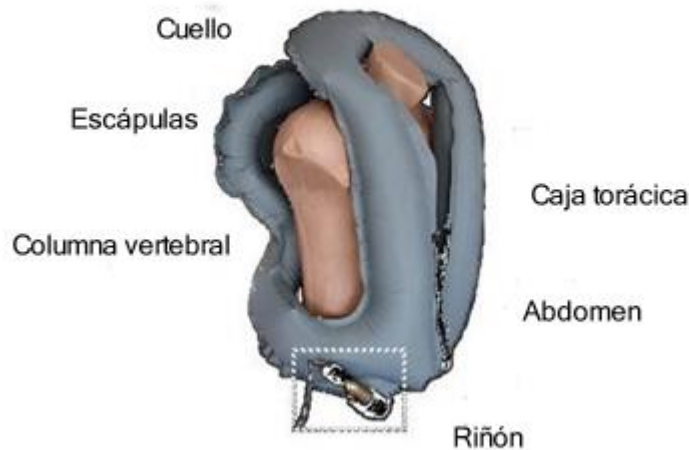


Figura 22 Partes protegidas por chaleco con airbag [19]

Su aplicación, para máquinas de movimiento de tierra, logísticas y medios del ejército que no disponen de airbag en el vehículo, es obvia. Este chaleco en caso de accidente, sujetaría el cuello del usuario, que es una de las partes más sensibles y que el cinturón de seguridad no protege. Así mismo, mejoraría la sujeción del conductor entre el cinturón y el asiento evitando daños derivados por compresión contra el cinturón o por movimientos bruscos. Su mantenimiento es relativamente barato, pues una vez usado, simplemente cambiando la bombona de CO<sub>2</sub> el chaleco puede ser reutilizado. Este sería además perfectamente compatible con los chalecos reflectantes obligatorios, pudiendo estar incluso fusionado con los mismos.

A la vista de las características de esta tecnología, se puede resolver que esta sería un posible punto de partida que cumpliría los siguientes requisitos

**RP5** Se requieren medios que protejan mejor a los usuarios de vehículos de transporte y maquinaria de movimiento de tierras en caso de accidente, compatibles con los equipos de combate

## 7.4.- CHALECOS ANTIBALAS-ANTIFRAGMENTOS

Existe varias clasificaciones sobre resistencia de los materiales frente a impactos de bala, las más utilizada globalmente y a la que se ha hecho numerosas referencias en este proyecto es la ESTÁNDAR NIJ 0101.03 1987 [20]. De estos estándares, los interesantes a nivel militar son como mínimo el III-A y el IV habiendo una diferencia notable entre ambos, tanto en protección como en materiales y peso.

El chaleco actual del ET proporciona una protección IV gracias a sus placas de cerámica, sin embargo sin esas placas, el chaleco pierde totalmente su capacidad de protección balística.



**Figura 23 Modelo de chaleco sin placas de cerámica [21]**

Este chaleco, sin placas de cerámica pesaría 1'6Kg, tendría un grosor de 6mm, proporcionaría una protección eficaz contra fuego de pistolas y subfusiles así como fragmentos o munición de fusil disparada a gran distancia.

Este tipo de chaleco permitirá a las unidades de Ingenieros que trabajan en zonas seguras y con protección exterior, disminuir hasta 7Kg el peso de sus equipos dándoles mayor libertad de movimiento y aumentando su rendimiento.

A la vista de las características de esta tecnología, se puede resolver que esta sería un posible punto de partida que cumpliría los siguientes requisitos

**RP2** Se requieren, elementos más ligeros en los equipos de combate cuando estos se usen en los trabajos de apoyo general, sin perjuicio de la protección en caso de combate

**RG2** Se requiere que todos los elementos citados anteriormente sean minimizados en coste

**RG3** Se busca, para la minimización de costes sin perjuicio de la calidad, que todos los elementos sean, modulables e intercambiables

## 8. PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

En este apartado final, se hace un estudio dividido en dos partes. Primero, se analizan tecnologías presentes y para orientar sobre cómo estas podrían evolucionar para ser útiles en el desarrollo de EPI's. Es decir, se parte de tecnologías de base ya existentes y conocidas, y se proponen usos que cubran requisitos de los expresado en el apartado 4. En una segunda parte, se analizan dos tecnologías emergentes, es decir que actualmente están en fase de desarrollo o diseño, para estudiar cómo podrían ser utilizadas en caso de que finalmente fueran desarrolladas.

### 8.1.- Aplicaciones de Tecnologías Base.

#### 8.1.1. – Chalecos Antifragmentos con Arnés Incorporado

Existen en la actualidad, chalecos reflectantes o porta herramientas que llevan incorporado un arnés. Los únicos elementos necesarios, son cintas de enganche en la parte delantera y trasera.

Esto mismo podría implementarse en los chalecos antifragmentos, añadiéndoles dichas cintas, con una gran resistencia.

Además, podrían añadirse unas perneras opcionales, pues como se ve en la figura, solo es necesario una cinta en la parte delantera y un enganche en la trasera para instalarlas de forma

Rápida.



Figura 25 Chaleco reflectante con arnés



Figura 24 Perneras para arnés



Esto resultaría en un arnés incorporado del que un podría soltarse fácilmente, su uso estaría limitado a caídas de poca altura, que es precisamente la utilización buscada

A la vista de las características de esta tecnología, se puede resolver que esta sería un posible punto de partida que cumpliría los siguientes requisitos

**RP4** Se requieren arneses compatibles con la protección de combate, manteniendo su eficacia y facilitando su liberación en caso de ser necesario, consiguiendo de esta forma, una disminución de los accidentes por la no utilización de estos arneses por motivos de falta de tiempo o celeridad en las actividades.

**RG2** Se requiere que todos los elementos citados anteriormente sean minimizados en coste

#### 8.1.2. – Casco con elementos modulares.

El mercado y los sistemas de producción están ya orientándose hacia una tipo de productos, de carácter modular, es decir, con piezas fácilmente intercambiables, además de permitir obtener de una misma base, una gran variedad de modelos, reduce drásticamente los costes. La propuesta en este campo sería aplicar esta filosofía a casco de protección de las siguientes formas:

Enganches como este, permitirían, la utilización de protectores, para tareas que requirieran una protección total de la cara sin necesidad de quitarse el caso, y con un sistema de acople y desacople muy rápido



**Figura 26** Modelo casco con pantalla protectora

Este modelo, es un casco para escalada que incorpora enganches para linterna, gafas y protectores auditivos, todos ellos con un fácil acople y desacople. Se puede observar como el punto de enganche de las gafas es muy similar al de la pantalla protectora anterior.



Figura 27 Casco escalada [22]

A la vista de las características de esta tecnología, se puede resolver que esta sería un posible punto de partida que cumpliría los siguientes requisitos

**RG1** Se requiere que todos los elementos citados anteriormente sean fácilmente transportables.

**RG2** Se requiere que todos los elementos citados anteriormente sean minimizados en coste

**RG3** Se buscara, para la minimización de costes sin perjuicio de la calidad, que todos los elementos sean, modulares e intercambiables

#### 8.1.2. – Arnés de protección Botas.

Actualmente, las botas que utilizar el ET, están consideradas a nivel protección como bota de trabajo, esto es debido a que carecen de protección real en caso de un impacto o aplastamiento del pie, por no tener punta de acero. Sin embargo es una carencia lógica, pues las botas deben estar orientadas a ser transpirables, cómodas y aptas para andar con ellas durante largos periodos.

Por eso mismo, se propone el, de arneses, o cubre botas que tengan punta de acero y opcionalmente una suela con mayor agarre.

Actualmente, se están empezando a desarrollar, elementos parecidos orientados a su uso sobre zapatos corrientes.



**Figura 28 Protectores para zapatos  
[23]**

El objetivo, sería crear estos mismos elementos con un sistema de cintas, para aumentar su resistencia y durabilidad, y fusionarlos, con un sistema de suelas antideslizantes.



**Figura 29 Suelas antideslizantes**

Estos sistemas de suelas antideslizantes, si están más presentes en el mercado. Pero sus agarres deberían ser igualmente cambiados por materiales más resistentes.

Esta sencilla medida, permitiría ahorrar un 100% de las bajas producidas por este motivo, sin detrimento de la calidad de las botas actuales y con un coste relativamente bajo debido a la estandarización del implemento y su facilidad para ser intercambiado.

A la vista de las características de esta tecnología, se puede resolver que esta sería un posible punto de partida que cumpliría los siguientes requisitos

**RP3** Se requieren, botas que garanticen la protección frente a impactos de objetos por caída o aplastamientos sin perjuicio de la movilidad.

**RG2** Se requiere que todos los elementos citados anteriormente sean minimizados en coste

**RG3** Se buscara, para la minimización de costes sin perjuicio de la calidad, que todos los elementos sean, modulables e intercambiables

## 8.2.- Tecnologías Emergentes.

### 8.2.1. – Material D3O

Este material, desarrollado por la empresa homónima, es un fluido no newtoniano, lo que implica que su viscosidad varía con la temperatura y la tensión cortante. El resultado es un material que en reposo es líquido o ligeramente viscoso, y ante un impacto, o ante una fuerza, obtiene propiedades de los sólidos absorbiendo el golpe, para posteriormente, ante la ausencia de la fuerza, volviera al estado inicial.

La empresa D3O lleva años investigando con estos materiales, sin embargo recientemente ha decidido dar un paso adelante, e implementar esta tecnología en elementos destinados a protección balística, como son cascos y chalecos.



Figura 30 Casco D3O [24]

El resultado es una gama de productos que actualmente están siendo testados y perfeccionados que combinan aspectos claves para su uso en combate y en trabajos que requieran movimiento constante.



**Figura 31 Plantilla D3O**

Los productos que proponen van desde trajes interiores, con rodilleras y coderas incorporados, cascos de combate, chalecos de protección antibala, hasta plantillas para botas que dotarían a estas de protección antiperforaciones mientras simultáneamente absorben una gran cantidad de impacto y energía en las pisadas y saltos.

A la vista de las características de esta tecnología, se puede resolver que esta sería un posible punto de partida que cumpliría los siguientes requisitos

**RP2**Se requieren, elementos más ligeros en los equipos de combate cuando estos se usen en los trabajos de apoyo general, sin perjuicio de la protección en caso de combate

**RP3**Se requieren, botas que garanticen la protección frente a impactos de objetos por caída o aplastamientos sin perjuicio de la movilidad.

### 8.2.1. – Emisor de señales Bipper

Esta tecnología estaría basada en emisores de frecuencia, que interactuaran entre ellos. El diseño base tendría un tamaño de pocos centímetros e iría acoplado al casco por la parte externa.

Su funcionamiento se basaría en la existencia de dos modos de empleo, principal y secundario.

-En el modo principal, se emitiría una señal con un radio de acción variable de fábrica pero relativamente pequeño que solo afectaría a aquellos en modo secundario.

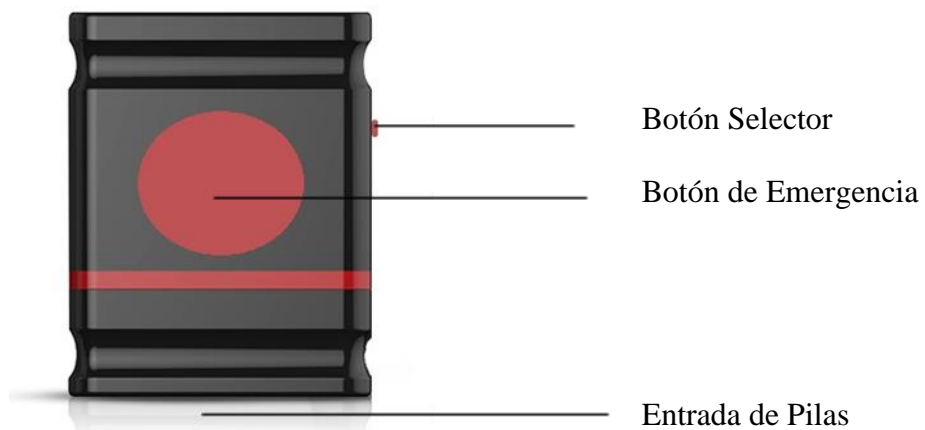
-Los elementos en modo secundario, no emitirán, sin embargo, cuando captaran la señal emitida por uno en modo principal, ambos, tanto secundario como principal, emitirían pitidos y vibraciones alertando de la entrada en el radio de acción.

Este sistema, contaría además con varios implementos.

- Botón selector: Permite elegir entre tres posiciones, principal, secundario y off.
- Botón de emergencia: Este botón, de tamaño sensiblemente grande, provocaría al ser pulsado, que el implemento emitiera una señal que activara el resto de implementos en un radio mayor al de trabajo normal durante un tiempo prolongado si no se vuelve a pulsar. Esto pondría en aviso al resto de usuarios, de que una persona necesita ayuda o se encuentra en peligro en un área pequeña.
- La localización del implemento en el casco, responde así mismo, a la facilidad con la que puede detectarse si se lleva puesto o no, permitiendo un control visual de si se porta el sistema o no.



**Figura 32 Localización bipper en casco**



**Figura 33** Partes principales bipper

A la vista de las características de esta tecnología, se puede resolver que esta sería un posible punto de partida que cumpliría los siguientes requisitos

**RP6** Se requieren elementos que faciliten la identificación de personal que haya entrado en zonas de movimiento de vehículos o zona de caída de objetos por error.

## 9. CONCLUSIONES

Este proyecto se centra en el análisis de los materiales disponibles en ET para la protección del personal, tanto del EPI como del equipo de combate para posteriormente poder detectar los elementos que necesitan ser rediseñados para poder enfrentarse eficientemente a los principales riesgos y amenazas que el usuario podría sufrir.

Estos resultados, son aplicables también a trabajadores del ámbito industrial o del sector de la construcción, así como a los militares de otras especialidades distintas de Ingenieros.

Los requisitos extraídos, están orientados al soldado de Ingenieros desplegado en zona de operaciones. Y se pueden resumir en mejoras de protección, comodidad tanto de uso como de transporte, y reducción de los costes.

Los nuevos elementos presentados sin embargo, basados en tecnologías tanto presentes como en desarrollos, pueden ser puntos de partida útiles para mejorar las condiciones laborales y de seguridad de los trabajadores en múltiples profesiones, tanto de ámbito civil, como en las Fuerzas y cuerpos de seguridad del estado.

Parte de estas tecnologías, están actualmente en desarrollo, o están centradas en ámbitos distintos al militar, esto hace que su coste sea difícilmente estimado, sin embargo, si es estimable, que la idea de modularidad y su implantación a nivel general serían factores claves para la rentabilidad económica y minimización de costes.

Por todos estos motivos, la propuesta de mejora en los equipos de protección, EPI y equipo de combate, se considera una solución eficaz a largo plazo en relación a la seguridad y protección de las Unidades de Ingenieros en sus misiones de apoyo general.



## 10. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Partes del casco de obra .....	- 11 -
Figura 2 Imagen de orejeras .....	- 11 -
Figura 3 Partes gafas de protección .....	- 12 -
Figura 4 Imagen mascarilla protección .....	- 13 -
Figura 5 Pares guantes de protección .....	- 14 -
Figura 6 Partes de bota de seguridad .....	- 15 -
Figura 7 Partes de Arnés de seguridad .....	- 16 -
Figura 8 Partes de Casco de combate .....	- 18 -
Figura 9 Bota goretex Iturri .....	- 20 -
Figura 10 Bota Árida Iturri .....	- 20 -
Figura 11 Partes principales de Chaleco antibalas - antifrags .....	- 22 -
Figura 12 Casco con impacto de munición 2 Fuente: Autor .....	- 30 -
Figura 13 Casco con impacto de munición Fuente: Autor .....	- 30 -
Figura 14 Diagrama de flujo Fuente: El autor .....	- 31 -
Figura 15 Casco USMC vista exterior [15] .....	- 43 -
Figura 16 Casco USMC .....	- 43 -
Figura 17 Casco LASA AC914 [16] .....	- 44 -
Figura 18 Casco ACH vista lateral [17] .....	- 45 -
Figura 19 Casco ACH vista frontal [17] .....	- 45 -
Figura 20 Casco ACH vista posterior [17] .....	- 45 -
Figura 21 Tapones Activos junto a su gráfica de funcionamiento [18] .....	- 46 -
Figura 22 Partes protegidas por chaleco con airbag [19] .....	- 47 -
Figura 23 Modelo de chaleco sin placas de cerámica [21] .....	- 47 -
Figura 24 Chaleco reflectante con arnés .....	- 47 -
Figura 25 Perneras para arnés .....	- 47 -
Figura 26 Modelo casco con pantalla protectora .....	- 47 -
Figura 27 Casco escalada [22] .....	- 47 -
Figura 28 Protectores para zapatos [23] .....	- 47 -
Figura 29 Suelas antideslizantes .....	- 47 -
Figura 30 Casco D30 [24] .....	- 47 -
Figura 31 Plantilla D30 .....	- 47 -
Figura 32 Localización bipper en caco .....	- 47 -
Figura 33 Partes principales bipper .....	- 47 -

## 11. ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Accidentes laborales leves .....	- 25 -
Gráfico 2 Accidentes laborales mortales.....	- 26 -
Gráfico 3 Motivos accidentes laborales por contacto.....	- 26 -
Gráfico 4 Motivos accidentes laborales.....	- 26 -

## 12. BIBLIOGRAFIA

- [1] Página web oficial del INHST. <http://www.insht.es/portal/site/Insht/>
- [2] Página web de Aenor <http://www.aenor.es/aenor/normas>
- [3] Página web oficial del ministerio de empleo y seguridad social
- [4] Página web Boletín Oficial de Estados
- [5] Página web oficial Agencia Europea de seguridad y salud en el trabajo (OSHA)
- [6] Página web de contratación del estado [www.contrataciondelestado.es](http://www.contrataciondelestado.es)
- [7] Pagina web de documentos STANAG [everyspec.com/NATO/NATO-STANAG/](http://everyspec.com/NATO/NATO-STANAG/)
- [8] Pagina de la casa Iturri [www.iturri.es](http://www.iturri.es)
- [9] Página web del Observatorio estatal de condiciones de trabajo [www.oect.es](http://www.oect.es)
- [10] Página web del Banco Mundial [Bancomundial.org](http://Bancomundial.org)
- [11] *Future War in Cities: Rethinking a Liberal Dilemma*, 2004  
Oxford University, Alice Hills
- [12] *Out of the Mountains: The Coming Age of the Urban Guerrilla*, 2013  
Oxford University, David Kilcullen
- [13] *United States Army Rangers in Somalia: An Analysis of Combat Casualties on an Urban Battlefield* [Versión electrónica]  
Mabry, Robert L. MD; Holcomb, John B. MD; Baker, Andrew M. MD; Cloonan, Clifford C. MD; Uhorchak, John M. MD; Perkins, Denver E. MD; Canfield, Anthony J. MD; Hagmann, John H. MD
- [14] *Influence of Personal Armor on Distribution of Entry Wounds: Lessons Learned from Urban-Setting Warfare Fatalities* [Versión electrónica]  
Kosashvili, Yona MD; Hiss, Jehuda MD; Davidovic, Nadav MD; Lin, Guy MD; Kalmovic, Boaz MD; Melamed, Eitan MD; Levy, Yehezkel MD; Blumenfeld, Amir MD
- [15] Página web empresa Gentex [www.gentex.com](http://www.gentex.com)
- [16] Página web empresa Nidec Defense Group [www.nidec.es](http://www.nidec.es)
- [17] Pagina web empresa Morgan defences system [www.morgandefencesystem.com](http://www.morgandefencesystem.com)
- [18] Página web empresa Duerto [www.duerto.com](http://www.duerto.com)

[19] Página web empresa Tech4riders [www.tec4riders.com](http://www.tec4riders.com)

[20] Página web National Justice Reference Service [www.ncjrs.com](http://www.ncjrs.com)

[21] Página web empresa Petzl [www.petzl.com](http://www.petzl.com)

[22] *Influence of Personal Armor on Distribution of Entry Wounds: Lessons Learned from Urban-Setting Warfare Fatalities*

[23] Página web empresa Proiseg [www.proiseg.com](http://www.proiseg.com)

[24] Página web empresa D3O systems [www.D3O.com](http://www.D3O.com)