



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

La defensa NBQR en las unidades mecanizadas

Autor

CAC D. Adrián Gimeno Pueyo

Directores

Director académico: Dr. Miguel Ángel Urbiztondo Castro

Director militar: Capitán Don Francisco Jesús Partera Pérez

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
Año 2019

Resumen

El Regimiento de Infantería ‘La Reina’ nº 2, encuadrado en la Brigada ‘Guzmán el Bueno’ X, donde he realizado las prácticas externas durante el período comprendido entre el 2 de septiembre al 18 de octubre del 2019, está compuesto por dos batallones mecanizados, los cuales cuentan con vehículos como el Vehículo de Combate de Infantería (VCI) Pizarro y el Transporte Oruga Acorazado (TOA), sobre los que se va a centrar este proyecto. Cabe aclarar que en este trabajo cuando se haga referencia al VCI Pizarro nos referiremos a su última versión, la fase 2.

El problema planteado desde esta unidad, el cual se va a abordar en este proyecto, trata acerca de la capacidad de defensa nuclear, biológica, química y radiológica (NBQR) de estos dos vehículos, pues se ha detectado que el sistema de defensa del TOA ante estas situaciones es insuficiente o inexistente, ya que dicho vehículo ha quedado obsoleto en comparación con otros vehículos mecanizados más actuales (se espera que sea repuesto en un futuro próximo por los nuevos 8x8 Dragón), y el del Pizarro podría mejorarse de alguna manera implementando algún cambio o actualización.

Básicamente, se ha tratado de analizar la capacidad actual de Defensa NBQR con la que cuentan los vehículos mecanizados TOA y VCI Pizarro, con el objetivo de vislumbrar si realmente están preparados ante situaciones de ambiente NBQR y finalmente proponer a través de distintas herramientas alguna mejora.

El proyecto se ha estructurado en tres líneas de investigación para cada vehículo: detección, protección y descontaminación de agentes NBQR. En cada una de ellas se describe por separado la capacidad de la que disponen los dos vehículos contra este tipo de agentes en las distintas fases ya mencionadas. De esta manera, el proyecto adquiere un aspecto de análisis integral de cada vehículo en las distintas fases NBQR.

Finalmente, se han llegado a una serie de conclusiones mediante un análisis de la información obtenida:

1. La nula capacidad de Defensa NBQR del TOA y por tanto la necesidad de que sea sustituido cuanto antes por un vehículo mecanizado más moderno y con más aptitudes en este aspecto.
2. Sería aconsejable incluir alguna posible mejora o adquisición para la Defensa NBQR del VCI Pizarro.
3. Una serie de recomendaciones que debería incluir el nuevo 8x8 para su sistema NBQR en base a las deficiencias que hemos observado tanto en el TOA como en el VCI Pizarro.

Palabras clave: Infantería, unidades mecanizadas, Transporte Oruga Acorazado (TOA), Vehículo de Combate de Infantería (VCI) Pizarro, NBQR.

Abstract

The Infantry Regiment 'La Reina' nº 2, framed in the 'Guzmán el Bueno' X Brigade, where I have carried out external practices during the period from September 2 to October 18, 2019, is composed of two mechanized battalions, which have vehicles such as the Pizarro Infantry Combat Vehicle (VCI) and the Armored Caterpillar Transport (TOA), on which this project will focus. It should be clarified that in this work when referring to the VCI Pizarro we will refer to its latest version, phase 2.

The problem proposed from this unit, which is going to be tackled in this project, deals with the chemical, biological, radiological and nuclear defense capacity (CBRN) of these two vehicles, since it has been detected that the TOA defense system in these situations is insufficient or non-existent, because of this vehicle has become obsolete compared to other more current mechanized vehicles (it is expected that it will be replaced in the near future by the new 8x8 'Dragon'), and the one of the Pizarro could be improved in some way by implementing some changes or updates.

Basically, we have tried to analyze the current CBRN Defense capacity that the TOA and VCI Pizarro mechanized vehicles have, with the aim of envisioning whether they are really prepared for CBRN environment situations and finally proposing some improvement through different tools.

The project has been structured in three lines of research for each vehicle: detection, protection and decontamination of CBRN agents. In each of them the capacity of the two vehicles against this type of agents in the different phases already mentioned is described separately. In this way, the project acquires an integral analysis aspect of each vehicle in the different CBRN phases.

Finally, a series of conclusions have been reached through an analysis of the information obtained:

1. The null CBRN Defense capability of the TOA and therefore the need for it to be replaced as soon as possible by a more modern mechanized vehicle with more skills in this regard.
2. It would be advisable to include any possible improvement or acquisition for the CBRN Defense of the VCI Pizarro.
3. A series of recommendations that the new 8x8 should include for your CBRN system based on the deficiencies we have observed in both the TOA and the VCI Pizarro.

Keywords: Infantry, mechanized units, Armored Caterpillar Transport (TOA), Infantry Combat Vehicle (VCI) Pizarro, CBRN.

Agradecimientos

Quisiera expresar mis agradecimientos...

...a mis dos tutores, el Capitán Don Francisco Jesús Partera Pérez y el Doctor Miguel Ángel Urbiztundo Castro, por guiarme y ayudarme en la realización de este proyecto.

...a los Oficiales, Suboficiales y Tropa de la 1^a Compañía del Batallón 'Princesa' del Regimiento de Infantería 'La Reina' nº 2 encuadrado en la Brigada 'Guzmán El Bueno' X, por acogerme durante mi periodo de Prácticas Externas, mostrarme el verdadero espíritu de una compañía de fusiles y enseñarme el 'día a día' en una unidad puntera del Ejército de Tierra.

...a todo el personal de la Academia General Militar, tanto civil como militar, por haber contribuido en mi formación como Oficial, enseñándome todo lo que se de esta profesión.

...y por último, a mi familia y a mis compañeros de la LXXV promoción, en especial a los pertenecientes a la especialidad fundamental de Infantería, por acompañarme en los buenos y malos momentos implícitos en el camino hacia la consecución de las 'dos estrellas'.

Índice

RESUMEN	III
ABSTRACT.....	V
AGRADECIMIENTOS.....	VII
ÍNDICE	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
LISTA DE ACRÓNIMOS	XVI
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ¿QUÉ ES LA DEFENSA NBQR?	1
1.2 ORÍGENES, ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DE LAS ARMAS NBQR.....	2
1.3 HISTORIA DE LAS UNIDADES MECANIZADAS HASTA LA ACTUALIDAD.....	3
1.4 SITUACIÓN ACTUAL	3
1.5 PROBLEMA Y MOTIVACIÓN DEL PROYECTO	4
1.6 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA	4
1.7 OBJETIVOS Y ALCANCE	5
2 METODOLOGÍA	6
3 ANÁLISIS DEL TOA	10
3.1 DETECCIÓN DE AGENTES NBQR	10
3.2 PROTECCIÓN DE AGENTES NBQR	11
3.3 DESCONTAMINACIÓN NBQR	13
4 ANÁLISIS DEL VCI PIZARRO.....	16
4.1 DETECCIÓN DE AGENTES NBQR	16
4.2 PROTECCIÓN DE AGENTES NBQR	17
4.3 DESCONTAMINACIÓN NBQR.....	21
5 CONCLUSIONES PARCIALES DE LOS ANÁLISIS	22

6	PROPUESTA Y VALORACIÓN DE SOLUCIONES PARA EL VCI PIZARRO	24
6.1	CUESTIONARIOS	24
6.2	AHP	26
6.3	DAFO.....	28
7	CONCLUSIONES FINALES Y LÍNEAS FUTURAS	29
8	REFERENCIAS.....	31
9	ANEXOS.....	33
1)	PRODUCTOS AHP.....	33
2)	ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA	48
3)	CUESTIONARIOS	49
4)	AHP	53
5)	AHP EXCEL.....	56
6)	CÁLCULO DE CONSISTENCIA DEL MÉTODO AHP	64
7)	DETECTORES EPI	66
8)	SCCA	68
9)	CONJUNTO NBQ DEL SCCA	70
10)	DISTRIBUCIÓN DEL AIRE EN EL VCI PIZARRO	71
11)	PROTOCOLO ANTES DE ACTIVAR SISTEMA NBQR EN EL VCI PIZARRO.....	72
12)	ALARMAS Y TESTIGOS DEL SCCA.....	74
13)	MEDIDAS DEL CONTENEDOR ISO 20 TIPO 1C	75
14)	DIMENSIONES TOA	76
15)	DIMENSIONES VCI PIZARRO	77

Índice de figuras

Figura 1. M-90 (arriba) y GID 3 (abajo).....	10
Figura 2. Tripulación del TOA con el EPI.....	12
Figura 3. Componentes del EPI	13
Figura 4. Manopla.....	14
Figura 5. Servilleta de descontaminación	14
Figura 6. Vista superior	16
Figura 7. Conjunto SCCA.....	17
Figura 8. Conjunto SCCA (lado izquierdo)	17
Figura 9. Conjunto SCCA (lado derecho)	18
Figura 10. Conjunto NBQ (filtros y turbina)	18
Figura 11. Distribución del aire	19
Figura 12. Sistema NBQ	19
Figura 13. Sistema NBQ (entrada de aire y salida de partículas gruesas)	20
Figura 14. Filtro NBQ en su embalaje	20
Figura 15. Comutador rotativo sistema NBQ	20
Figura 16. Medidor de sobrepresión del vehículo y saturación del filtro	21
Figura 17. FFA 400-426	34
Figura 18. M93 GPFU	36
Figura 19. Air 390 Castellex	38
Figura 20. AFU 180	39
Figura 21. HAPSITE ER	41
Figura 22. RUGGED ENVI BIOSCOUT	41
Figura 23. CHP 5	42
Figura 24. CHEMPRODM	43
Figura 25. ALPHATEC 66-320.....	44
Figura 26. ALPHATEC ACT	46
Figura 27. ALPHATEC LIGHT	47
Figura 28. Detector de agentes neurotóxicos.....	66
Figura 29. Librillo de papel detector y ejemplo de uso	66
Figura 30. Dosímetro individual de radiactividad	67
Figura 31. Conjunto SCCA.....	68
Figura 32. Conjunto SCCA (lado izquierdo)	68
Figura 33. Conjunto SCCA (lado derecho)	69
Figura 34. Filtros NBQ	70
Figura 35. Conjunto NBQ (filtros y turbina)	70
Figura 36. Distribución del aire	71
Figura 37. Comutador rotativo sistema NBQ	72
Figura 38. Medidor de sobrepresión del vehículo y saturación del filtro	73

Índice de tablas

Tabla 1. Resultados de cuestionarios tipo abierto. Fuente: elaboración propia.....	24
Tabla 2. Criterios más valorados según encuestas (Sistemas de Protección NBQR)	24
Tabla 3. Criterios más valorados según encuestas (detectores NBQR).....	25
Tabla 4. Criterios más valorados según encuestas (traje de protección y máscara NBQR).....	25
Tabla 5. Ponderación de resultados de cuestionarios tipo cerrado. Fuente: elaboración propia	25
Tabla 6. Matriz comparación de criterios (Sistemas NBQ).....	26
Tabla 7. Matriz de comparación de criterios (detectores NBQ)	26
Tabla 8. Matriz de comparación de criterios (EPI).....	26
Tabla 9. Matriz normalizada de comparación de criterios (Sistemas NBQ)	26
Tabla 10. Matriz normalizada de comparación de criterios (detectores).....	26
Tabla 11. Matriz normalizada de comparación de criterios (EPI)	27
Tabla 12. Matriz de comparación final (Sistemas Defensa NBQR). Fuente: elaboración propia	27
Tabla 13. Matriz de comparación final (detectores NBQR). Fuente: elaboración propia	27
Tabla 14. Matriz de comparación final (trajes de protección NBQR). Fuentes: elaboración propia	27
Tabla 15. Análisis DAFO de la decisión tomada. Fuente: elaboración propia.....	28
Tabla 16. Sistemas AFU	39
Tabla 17. Escala fundamental de comparación de pares (Saaty, 1980).....	56
Tabla 18. Tabla de consistencia aleatoria	64
Tabla 19. Elementos de la figura 31	68
Tabla 20. Elementos de las figuras 32 y 33	69
Tabla 21. Elementos de figura 34	70
Tabla 22. Estado del filtro NBQ según lectura del manómetro	74

Lista de Acrónimos

A/A	Aire Acondicionado
AHP	Proceso de Análisis Jerárquico
CBRN	Chemical, biological, radiological and nuclear
Cía	Compañía
Cte	Comandante
CUD	Centro Universitario de la Defensa
DAFO	Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades
EPI	Equipo de Protección Individual
ET	Ejército de Tierra
IC	Índice de Consistencia
NBQR	Nuclear, biológico, químico y radiológico
OTAN	Organización del Tratado Atlántico Norte
QFD	<i>Quality Function Display</i> (Demostrador de Función de Calidad)
SCCA	Sistema Compacto de Control Ambiental
TFG	Trabajo Fin de Grado
TIC	<i>Toxic Industrial Chemical</i>
TIM	<i>Toxic Industrial Material</i>
TO	Teatro de Operaciones
TOA	Transporte Oruga Acorazado
VCI	Vehículo de Combate de Infantería
VCR	Vehículo de Combate sobre Ruedas

1 Introducción

1.1 ¿Qué es la Defensa NBQR?

Primeramente, antes de comenzar con el desarrollo del tema de este proyecto es conveniente puntualizar el significado de las siglas NBQR: la ‘N’ significa Nuclear, referido a la radiación que procede de los procesos nucleares que tienen lugar durante una explosión nuclear¹ (compuesta por rayos gamma, neutrones, partículas beta y una pequeña proporción de partículas alfa [1]); la ‘B’ hace referencia a Biológico, incluyendo tanto a todos los agentes biológicos como son los virus, bacterias, hongos y protozoos, como a los agentes del espectro medio (toxinas y sustancias biorreguladoras), y sus sistemas de diseminación; la ‘Q’ se refiere a Químico, que engloba las sustancias químicas tóxicas² y sus precursores³; y por último, la ‘R’ de Radiológico, que incluye a los agentes radiológicos. Sin embargo, como argumenta el por aquel entonces Comandante (Cte.) Don José María Pérez Cardona⁴ en su publicación *Defensa NBQ en España*, ‘la postura nacional de los especialistas NBQ ha sido considerar la “R” incluida en la “N”, pues la defensa radiológica es parte de la nuclear’. Explica que ‘de todas formas cualquier especialista en este campo considere sinónimas NBQ y NRBQ’ [2].

La Defensa NBQ puede ser tanto individual como colectiva, sin embargo, este proyecto se va a centrar fundamentalmente en la segunda. Según el manual de *Orientaciones Defensa NBQ*, ‘la protección colectiva NBQ se define como la protección que se proporciona a un grupo de individuos en un ambiente NBQ y que permite disminuir la protección NBQ individual. El propósito fundamental de cualquier sistema de protección colectiva es permitir a sus ocupantes mantener el máximo rendimiento operativo en un ambiente NBQ, evitando los efectos psicológicos y fisiológicos que el uso del EPI conlleva’ [3].

Dentro de los sistemas de protección colectiva, se distinguen 3 tipos:

- Móviles
- Transportables
- Estáticos

¹ Liberación rápida de energía debido a una reacción nuclear que se produce intencionadamente a elevada velocidad [25].

² Sustancia que debido a su acción química sobre los procesos vitales, puede causar la muerte, la incapacidad temporal o lesiones permanentes a seres humanos o animales [24].

³ Cualquier reactivo químico que intervenga en cualquier fase de la producción por cualquier método de una sustancia química [24].

⁴ Comandante de Artillería con una dilatada experiencia en Defensa NBQ y que estuvo destinado en el 2011 en la Escuela Militar de Defensa NBQ como analista de organización y materiales.

Centrándonos ahora más en profundidad en el objeto de estudio de este proyecto, los dos vehículos por excelencia de los cuales se nutren las unidades mecanizadas del ET, son el Vehículo de Combate de Infantería (VCI) Pizarro y el Transporte Oruga Acorazado (TOA). El VCI Pizarro estaría considerado dentro del grupo de los sistemas de protección colectiva móviles a diferencia del TOA, puesto que el primero es un vehículo terrestre que dispone de dispositivos de cierre hermético contra la contaminación y está equipado con sistemas de filtro de aire.

1.2 Orígenes, antecedentes y evolución de las armas NBQR

Por otro lado, es también importante entender los orígenes de las armas NBQR. Según relata el Cte. Don Juan C. Trujillo Sorazu en su Monografía Fin de Curso, con título *Defensa NBQ en el conflicto de Irak* [4], los antecedentes históricos de las armas no convencionales se remontan hasta la antigüedad. Ya durante las guerras del Peloponeso (año 431 antes de Jesucristo) los griegos emplearon mezclas de brea y azufre con el fin de crear gases sofocantes. Asimismo, los romanos arrojaban cadáveres a los pozos para envenenar el agua, siendo éste uno de los primeros métodos para erradicar a una población asentada en una determinada zona. Más adelante, en el año 1346, los tártaros empleaban un procedimiento que consistía en lanzar cadáveres infectados mediante catapultas al interior de las ciudades amuralladas que estaban asediando.

Sin embargo, fue durante la Primera Guerra Mundial (1914 - 1918) cuando se utilizaron las armas químicas a gran escala, siendo el ejército alemán los que iniciaron su uso en el conflicto, seguidos por los británicos y franceses. Los agentes empleados fueron los clorados, fosfatos y agentes vesicantes (gas mostaza).

En 1925 se firma el Protocolo de Ginebra, que supuso la prohibición del uso de armas químicas, pero no su posesión. En el período que comprende los años 20 y 30, se diseñaron nuevos agentes, que emplearon las fuerzas británicas e italianas en Afganistán y Etiopía correspondientemente.

En la Segunda Guerra Mundial (1939 – 1945), a diferencia de la Gran Guerra, no existió un uso masivo de armas químicas, pero si se utilizaron por primera vez las armas nucleares en un conflicto armado. Estados Unidos lanzó una bomba atómica y otra de plutonio sobre las ciudades japonesas de Hiroshima y Nagasaki respectivamente, lo que causó un gran impacto psicológico en el pueblo japonés y la posterior rendición del mismo.

Durante la Guerra Fría (1947 – 1991), se perfeccionaron los agentes nerviosos y los métodos para contrarrestarlos, empleados en Vietnam y Afganistán.

Si hablamos de ataques con armas químicas perpetrados por organizaciones independientes, el año 1995 en Tokyo la secta religiosa Aum Shinrikyo fue el responsable del primer ataque a gran escala. Lanzaron gas sarín en el metro causando 12 muertos y más de 5000 heridos.

1.3 Historia de las unidades mecanizadas hasta la actualidad

Como bien explica el manual [5] del VCI Pizarro, fue durante la Segunda Guerra Mundial cuando nació la necesidad de acompañar a los fusileros con los carros de combate durante el movimiento, pues el uso masivo de éstos en el conflicto hizo necesario proteger las tropas a pie. Además, esto permitió poder ocupar el terreno por los combatientes a pie cuando fuese necesario después del choque del combate (del que se ocupan los carros debido a su mayor potencia de fuego).

Inicialmente, se intentó poner solución a este problema con el empleo de vehículos de Caballería como acompañamiento o montando a los fusileros en el mismo carro, pero en ambos casos quedaban muy expuestos al fuego enemigo, quedando a la luz la necesidad de un vehículo polivalente, apto para el transporte de tropas y capaz de combatir. Es entonces cuando nacen los primeros vehículos de transporte de tropas, que no estaban pensados más que para acompañar a retaguardia a los carros de combate y posteriormente desembarcar a los fusileros en las proximidades de las posiciones enemigas.

Sin embargo, en los años 60, quedó en evidencia la escasa protección de estos transportes ante el fuego enemigo debido a su débil coraza, su inadecuada configuración del armamento para combatir desde el vehículo y su nula protección NBQ, entre otras carencias.

Llegados a este punto, es importante puntualizar o aclarar la diferencia entre un vehículo de transporte y un vehículo de combate, la cual cito textualmente del manual del VCI Pizarro: ‘la misión del vehículo de transporte es llevar al soldado de un lugar a otro de la zona de acción, para que desembarque y luche pie a tierra. Sin embargo, el vehículo de combate ha sido diseñado para aumentar la capacidad de combate de las unidades acorazadas de infantería y Caballería y permitir una más eficaz cooperación fusileros-carros’ [5].

Combinando las características de potencia de choque y fuego de los carros y su amplia movilidad, sumado a la posibilidad de ocupar el terreno de la infantería ligera, acabaron naciendo las primeras unidades mecanizadas en 1957 en el ejército galo hasta las que conocemos a día de hoy, fundamentadas en vehículos de transporte y de combate, como son el TOA y el VCI Pizarro respectivamente, en el caso del ejército español.

1.4 Situación actual

En la actualidad, las probabilidades de que tenga lugar un suceso NBQR son más altas de lo que pensamos, sólo hace falta fijarse en los recientes casos de la epidemia de Ébola en África, la industrialización que ha provocado que vivamos rodeados de industrias en las cuales se trabajan con peligrosos productos químicos, las centrales nucleares cada vez más requeridas por sus beneficios energéticos, etc. Este tipo de sucesos se denominan de tipo *toxic industrial material* (TIM). La prueba de que estos incidentes ocurren en nuestros tiempos y de las fatídicas consecuencias que se derivan

de éstos, son los ejemplos más recientes de este tipo de eventos como son la explosión del reactor número 4 de la central nuclear de Chernóbil, la inundación de la central nuclear de Fukushima y su consecutivo escape radiactivo o la explosión nuclear que ocurrió en el norte de Rusia a inicios de agosto y que generó una nube radioactiva [6]. ‘Una emisión accidental de alguno de estos productos... puede resultar una amenaza en las operaciones militares’ [7].

1.5 Problema y motivación del proyecto

Uno de los problemas detectados en las actuales unidades mecanizadas, el cual se va a abordar en este proyecto, trata de la incertidumbre que existe acerca de la capacidad de defensa nuclear, biológica, química y radiológica (NBQR) de los vehículos que las componen, en una situación real. Pues como ya es bien sabido el sistema de defensa del TOA ante estas situaciones es insuficiente o inexistente, ya que dicho vehículo ha quedado obsoleto (en todos los sentidos) en comparación con otros vehículos mecanizados más actuales (se espera que sea repuesto en un futuro próximo por los nuevos 8x8 Dragón), y el del Pizarro podría mejorarse de alguna manera implementando algún cambio o actualización.

Una de las razones por las cuales se ha decidido estudiar este problema, es debido a la creciente preocupación que se ha suscitado estos últimos años en los diferentes países miembros de la OTAN, a causa de los cada vez más frecuentes acontecimientos de ataques con agentes NBQR a la población civil por parte de grupos terroristas [8]. Esta situación de aparente indefensión ante estos ataques por parte de los gobiernos, ha acabado convirtiéndose en una de las amenazas más temidas y peligrosas para las naciones. Además, no se puede pasar por alto que desde la Guerra Fría la probabilidad de un ataque con armas de destrucción masiva no ha dejado de crecer, pues cada vez más países disponen de acceso a éstas. Sin embargo, la razón principal y de más interés a nivel interno, consiste básicamente en saber si realmente las unidades mecanizadas del Ejército de Tierra, concretamente los vehículos TOA y Pizarro, estarían preparadas hoy en día para actuar en cualquier Teatro de Operaciones (TO) bajo cualquier nivel de alerta NBQR con garantías de seguridad, si así se lo requieren.

1.6 Estructura de la memoria

En primer lugar, en el apartado *Objetivos y alcance*, se definen los objetivos que se plantea conseguir en el trabajo y el alcance del mismo, es decir, de donde se parte y hasta donde se quiere llegar.

Seguidamente, en el capítulo titulado *Metodología*, se va a proceder a explicar todas las herramientas utilizadas en el proyecto para la consecución de los objetivos planteados en el correspondiente apartado.

La estructura principal que se ha seguido en el cuerpo de la memoria, está basada en 3 líneas de investigación, las cuales corresponden a los 3 posibles campos de cualquier actuación a desarrollar en situaciones o ambientes NBQR:

- Detección de agentes NBQR
- Protección contra agentes NBQR
- Descontaminación de agentes NBQR

En cada una de ellas se describe por separado la capacidad actual de la que disponen los dos vehículos contra este tipo de agentes en las distintas fases ya mencionadas. De esta manera, el proyecto adquiere un aspecto de análisis integral de cada vehículo en las distintas fases NBQR.

A continuación, se procede a explicar cada una de las herramientas utilizadas durante el desarrollo del TFG y sus resultados. Para finalmente acabar con una serie de conclusiones elaboradas una vez realizado los diferentes análisis de la información. Además, se incluyen un conjunto de propuestas de cara a incluir en el sistema de Defensa NBQR del nuevo Vehículo de Combate sobre Ruedas (VCR) 8x8 ‘Dragón’, en base a las conclusiones de los análisis de información y las entrevistas realizadas a personal experto en la materia.

1.7 Objetivos y alcance

Los objetivos principales que se buscan alcanzar con la realización de este Trabajo Fin de Grado (TFG) son:

- Descripción de la situación de la Defensa NBQR en unidades mecanizadas e identificación de carencias.
- Planteamiento de posibles soluciones, en base a déficits identificados.

Básicamente, se ha tratado de investigar hasta qué punto tanto el VCI Pizarro como el TOA estarían preparados hoy en día ante cualquier ataque NBQR. Además, se ha considerado conveniente proponer un cambio que favorezca la eficiencia del sistema de defensa NBQR en ambos vehículos y permita una mejoría en cualquiera de las tres líneas de investigación ya mencionadas.

2 Metodología

Con la finalidad de alcanzar el objetivo, se utilizaron una serie de herramientas que permitieron facilitar la investigación y hallar una solución lo más acertada posible.

En primer lugar, para determinar el verdadero estado actual de la Defensa NBQR en las unidades mecanizadas del ET, se realizó una recopilación de información siguiendo un criterio temático (NBQR en unidades mecanizadas) procedente de noticias, bibliografía tanto civil como militar y Publicaciones Militares del ET para identificar los diversos medios a analizar, además de una entrevista semiestructurada con personal cualificado perteneciente a una Compañía NBQ.

La bibliografía consultada (ver en la sección *Referencias*) para la realización del TFG ha sido muy variada, pues se ha revisado y buscado información procedente tanto del mundo militar como del civil. Siendo en el aspecto militar en su mayoría documentos de tipo: manuales, publicaciones doctrinales, artículos, páginas webs de órganos de Defensa... Para ello ha sido de gran ayuda la biblioteca virtual del ET, a través de la cual se ha recabado casi el total de la información empleada en el análisis integral del TOA y el VCI Pizarro. En cuanto al material bibliográfico civil consultado, corresponde generalmente con: artículos, patentes, sitios web de diferentes empresas relacionadas con material y tecnología militar...

En cuanto a las entrevistas realizadas, debemos definir primero qué es una entrevista: ‘es una técnica de investigación cualitativa que consiste en hacer preguntas para conversar con los encuestados y recopilar datos sobre un tema’. Básicamente, ‘las entrevistas ofrecen una plataforma para incitar a sus participantes y obtener de ellos la información deseada’ [9]. Hay tres tipos de entrevistas fundamentales en la investigación, la elegida en este proyecto es la *entrevista semiestructurada*.

Las entrevistas semiestructuradas dan la posibilidad al investigador de contar con un margen de maniobra considerable para sondear a los encuestados, además de mantener la estructura básica de la entrevista. Incluso si se trata de una conversación guiada entre investigadores y entrevistados, existe flexibilidad. ‘A través de estas entrevistas se pueden recopilar datos cualitativos fiables’ [9].

Las entrevistas se realizaron a personal experto en materias de NBQR, perteneciente a la Cía. NBQ de la Brigada ‘Guzmán El Bueno’ X. La gran mayoría de personal encuestado además contaba con experiencia en unidades mecanizadas, lo que aportó información de gran valor a la hora de realizar el posterior análisis de los sistemas de Defensa NBQR de los vehículos TOA y Pizarro. Las preguntas se prepararon antes de programar la entrevista, lo que permitió disponer de tiempo suficiente para analizarlas con detenimiento. Las preguntas efectuadas durante las entrevistas están recogidas en la parte de *Anexos*, en la sección de *Entrevista semiestructurada*.

El objetivo de estas entrevistas era recoger información detallada sobre las capacidades actuales NBQR de las unidades mecanizadas que no se pudieron encontrar a través de la bibliografía, además de contar con la opinión de expertos en la materia

sobre diferentes cuestiones vitales para facilitar el posterior análisis integral que se iba a realizar sobre los sistemas de defensa NBQR del TOA y el VCI Pizarro.

Una vez hecho esto, y con los datos recogidos, se llevó a cabo un análisis integral de los sistemas de Defensa NBQR tanto del TOA como del VCI Pizarro. El análisis realizado de ambos vehículos, se sustenta en la información extraída procedente de los numerosos documentos consultados en la biblioteca virtual del ET y de las entrevistas tanto a expertos en la materia NBQR como a expertos en los vehículos ya mencionados.

A continuación, tras determinar exactamente la situación actual de los sistemas de Defensa NBQR en las unidades mecanizadas, concretamente en los vehículos que las componen, se llevó a cabo una búsqueda de posibles medios que mejorasen la eficiencia o implementasen una novedad beneficiosa de cara al rendimiento de los sistemas NBQR, o simplemente cumpliesen mejor sus funciones que los medios existentes. Esto se hizo estudiando vehículos similares al VCI Pizarro (pues del TOA se determinó que no tenía sentido hacer modificación alguna debido a su pronta sustitución por el 8x8 ‘Dragón’), o medios aislados que pudieran ser integrados en un vehículo. Con toda esta información, se elaboró una evaluación numérica de los medios (ver en anexos el apartado *AHP*), en base a los requisitos y valoraciones obtenidos en dos cuestionarios diferentes realizados a personal experto en la Unidad, que permitió determinar con veracidad cuáles son los requisitos más importantes, con la finalidad de hacer la decisión lo más empírica posible y adecuada a las necesidades operativas reales de las unidades mecanizadas.

Por tanto, los cuestionarios han sido una valiosa herramienta que se ha utilizado en este TFG con el propósito de determinar mediante consenso de expertos cuáles eran los criterios/características más importantes a la hora de valorar la calidad del material NBQR.

En este caso, en un primer momento se realizaron cuestionarios abiertos, ‘en los que se pregunta al sujeto algo y se le deja la libertad de responder como quiera. Este tipo de cuestionario es muy útil y proporciona mucha información, pero requiere más tiempo por parte del informante y es más difícil de analizar y codificar por parte del investigador’ [10]. Posteriormente, una vez se obtuvieron los resultados de éstos, se realizaron cuestionarios cerrados, que consistían en una valoración numérica en base al grado de importancia considerado por el encuestado de los criterios seleccionados en el primer cuestionario según una escala del 1 al 10, para comprobar la veracidad de las respuestas del primer cuestionario.

Las encuestas se han realizado tanto a personal profesional de las Fuerzas Armadas destinada en una compañía de fusiles como en una compañía NBQ de expertos en el tema NBQR. El número total de encuestados fueron 33 personas. Ambos cuestionarios completos se encuentran en la sección de *Anexos* en su correspondiente apartado.

Una vez obtenidos los resultados, es decir, las respuestas más repetidas y por tanto las características/criterios más valoradas por el personal experto, y luego de haber comprobado la veracidad de las respuestas gracias al segundo cuestionario, se utilizaron

a posteriori dichos criterios para realizar la evaluación en el análisis AHP de los diferentes productos seleccionados como posibles productos a implementar en el VCI Pizarro o como sustitución del EPI.

A continuación, vamos a definir qué es el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP): se trata de un ‘método basado en la evaluación de diferentes criterios que permiten jerarquizar un proceso y su objetivo final consiste en optimizar la toma de decisiones gerenciales (Saaty, 1980). Esta metodología se utiliza para resolver problemas en los cuales existe la necesidad de priorizar distintas opciones y posteriormente decidir cuál es la opción más conveniente. Las decisiones a ser tomadas con el uso de esta técnica, pueden variar desde simple decisiones personales y cualitativas hasta escenarios de decisiones muy complejas y totalmente cuantitativas’ [11].

Los fundamentos teóricos del AHP se resumen en que dicho análisis es ‘una herramienta de toma de decisiones multi-critierio, utilizada en problemas en los cuales necesitan evaluarse aspectos tanto cualitativos como cuantitativos. La técnica AHP ayuda a los analistas a organizar los aspectos críticos de un problema en una estructura jerárquica similar a la estructura de un árbol familiar, reduciendo las decisiones complejas a una serie de comparaciones que permiten la jerarquización de los diferentes aspectos (criterios) evaluados’ [11].

En primer lugar, como ya se dijo anteriormente, se procedió a buscar una serie de medios relacionados con el tema de la Defensa NBQR (detectores, trajes y sistemas de protección NBQR), con el objetivo de que se pudiesen implementar en el VCI Pizarro o como sustitución del actual EPI. Los productos específicos encontrados e incluidos en el método AHP, se encuentran en la sección de *Anexos* en el apartado correspondiente a *Productos AHP*.

Seguidamente, en base a las fichas técnicas de éstos, se le dieron una serie de valoraciones numéricas a cada producto para los criterios seleccionados en las encuestas (ver tablas en la sección *Anexos* en el apartado *AHP*). Una vez hecho esto y definidos los criterios (características), se han ponderado, es decir, se ha determinado si todos ellos influyen de la misma forma en la alternativa o en porcentajes distintos, para ello se ha empleado la escala de comparación pareada de Saaty (ver la tabla nº 17 en el apartado de *AHP Excel* de *Anexos*).

La comparación entre un criterio y otro se ha hecho en base al número de votos en las encuestas de cada uno (ver *AHP Excel* en *Anexos*). En cambio, la comparación de un producto con otro se ha hecho mediante las valoraciones obtenidas por las fichas técnicas de los mismos productos y con la opinión de expertos en la materia. El AHP se ha realizado mediante tablas de Excel, para así facilitar y automatizar los cálculos de las matrices (ver tablas en el apartado *AHP Excel* de la sección *Anexos*)

Finalmente, una vez aplicado el método AHP, han salido elegidos 3 productos como posibles adquisiciones (se especifican en la sección *Resultados*, apartado *AHP*). Además, se comprobó posteriormente la consistencia de todas las matrices que componen el análisis AHP (dando como resultado que los coeficientes de razón de

consistencia de todas las matrices se encuentran por debajo de 0,1), con el fin de evaluar el grado de coherencia de los resultados obtenidos (ver el apartado *Cálculo de consistencia del método AHP* en la sección de *Anexos*).

Una vez tomada la decisión mediante la herramienta de Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), se realizó un análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO), para evaluar las capacidades de la configuración obtenida.

Finalmente, se procedió a determinar qué era exactamente lo que necesitaba el nuevo 8x8 ‘Dragón’. Esto es, en qué requisitos debía centrarse su sistema de Defensa NBQR. Por ello, los requisitos se obtuvieron en consenso con personal cualificado mediante entrevistas y en base a las carencias detectadas en el análisis integral del TOA y del VCI Pizarro.

A pesar de que lo idóneo era, como se planteó en un principio, tener en cuenta el aspecto económico en el AHP, la realidad es que determinar el coste real de un proceso adquisitivo de estas dimensiones es complejo. Esto se debe a que no solo hay que tener en cuenta el precio del material, sino su implementación en el propio vehículo, su traslado desde fábrica o su proceso de pruebas. Es por eso por lo que el coste no se tuvo en cuenta ni en los requisitos, ni en la toma de decisión, únicamente se emplearon las capacidades técnicas para ello.

3 Análisis del TOA

3.1 Detección de agentes NBQR

Generalmente, las unidades no específicas de Defensa NBQ, como son las unidades mecanizadas, disponen de equipos con capacidad de detección NBQ limitada, según la Jefatura de la Escuela Militar de la Defensa NBQ [12].

Es en este campo donde más deficiencias tiene el TOA, pues no incorpora ningún detector NBQR en el propio vehículo y tampoco cuenta con un soporte preinstalado para ello. Únicamente cuenta con los componentes individuales para la detección que incluye el EPI: el detector de agentes neurotóxicos, el librillo de papel detector y el dosímetro de radiactividad (información detallada en el apartado de *Detectores EPI* en la sección *Anexos*). Es decir, en la fase de *detección* estarían cubiertos frente a agentes químicos (neurotóxicos y vesicantes) y radiactivos.

La idea de mejora en este aspecto, estaría basada en usar un detector NBQR que no obligara a la tripulación ni al ECP a bajar del vehículo, según expertos en la materia. Dicho detector debería poderse instalar directamente como elemento fijo en el exterior del TOA o mediante un soporte desmontable, y conectarse al sistema o panel de alarmas que puede observar el conductor o jefe de vehículo desde su puesto, para así evitar exponer al personal a que tenga que salir al exterior del vehículo para ver la información que recoge dicho detector.

A día de hoy, en el Ejército de Tierra simplemente existen dos detectores químicos para instalar en los vehículos (mediante un soporte especial), el detector M-90 y el GID 3 (figura 1). El M-90 es capaz de detectar agentes neurotóxicos, vesicantes y hemotóxicos; el GID 3 sólo detecta neurotóxicos y vesicantes. Estos detectores funcionan con una sonda que permite tener el cuerpo del detector dentro del vehículo (con las lecturas de las muestras que se van obteniendo) y la sonda por fuera (a través de un orificio) recogiendo muestras en el exterior.



Figura 1. M-90 (arriba) y GID 3 (abajo)

Una posible solución sería simplemente adaptar un orificio para estos detectores ya existentes, pero no estaríamos cubriendo las necesidades de defensa ante todo tipo de agentes NBQ, pues recuerdo que estos dos detectores sólo leen algunos agentes químicos. Es decir, no estaríamos cubiertos ni frente a la detección de amenazas biológicas ni radiológicas.

Otra posible solución, sería obtener un detector de última generación que cubriese contra el mayor número posible de agentes NBQ y fabricar un soporte específico para integrar en el TOA.

Sin embargo, ninguna de estas soluciones tendría sentido alguno, pues este vehículo no es completamente estanco y por tanto el aire entra en el interior, perdiendo de esta forma cualquier tipo de ventaja que proporcionase dicha “adaptación”, así que da lo mismo detectar los agentes NBQR desde dentro que desde fuera del TOA. Además, debido a que este vehículo está tan obsoleto y ya se ha aprobado en el ET que el nuevo 8x8 Dragón reemplace a éste, no sería rentable invertir en ello.

3.2 Protección de agentes NBQR

La capacidad de defensa NBQR del TOA en líneas generales es muy escasa. Este vehículo cuenta con protección contra radiación de tipo alfa y beta debido al material de su blindaje (dispone de un blindaje de grosor de 5 cm de aluminio) [13], sin embargo no frenaría la radiación gamma y ni los neutrones. Además, al ser un vehículo no estanco en su totalidad, no dispone de protección contra agentes químicos ni biológicos, pues así queda reflejado en el manual MI - 008:

‘Los TOA son anfibios, aunque no completamente estancos; las bombas de achique eliminan sobradamente el agua por vadeo o lluvia, pero no se los puede considerar estancos desde el punto de vista de circular por zonas gaseadas o contaminadas’ [13].

La única medida que tiene la tripulación de este vehículo para protegerse ante una situación de ataque con agentes químicos o biológicos es cerrar las escotillas y ponerse el Equipo de Protección Individual (EPI) (figura 2):

‘En situaciones de ambiente NBQ será necesario el movimiento con todas las escotillas cerradas, procurando salir lo antes posible de la zona contaminada, pues en este caso el vehículo queda totalmente desprotegido por no poder hacer fuego desde el mismo’ [14].

Tanto el conductor como el jefe del vehículo, tendrían que conducir y dirigir respectivamente mediante el uso de los periscopios.



Figura 2. Tripulación del TOA con el EPI

Por tanto, el personal del TOA sólo estaría protegido contra los agentes de los que protege el EPI, es decir, frente a la penetración de agentes químicos, biológicos, polvo radiactivo y los efectos térmicos de las explosiones nucleares.

Sin embargo, sólo preserva contra ciertos agentes químicos (agentes químicos de guerra: gas sarín, iperita, somán...), pero no contra agentes de tipo *Toxic Industrial Chemical* (TIC)⁵ como vapores de amoníaco, sulfuros, fluoruros, humos, etc... ni contra monóxido de carbono (CO) o ambientes en los que la concentración de oxígeno sea inferior al 18%. Esto se debe a que el cartucho filtrante de la máscara NBQ del EPI, (que consta de una carcasa hermética de aluminio endurecido en cuyo interior existen dos elementos filtrantes: un filtro de carbón activo impregnado con sales metálicas que adsorben los agentes químicos que pueda contener el aire, y un filtro mecánico que impide el paso de partículas mayores de 0,06 µm con una eficacia del 99,999%) [15] no está preparado para actuar contra ellos. Por tanto, los cartuchos filtrantes protegen ‘contra los agentes NBQ en forma de gas, vapor o aerosol, ya sean partículas sólidas, líquidas o polvo radiactivo’ [15]:

‘Los cartuchos filtrantes de la máscara reglamentaria proporcionan una protección muy limitada contra las emisiones TIC,s., y sólo deben usarse para alejarse del área de peligro; los TIC,s. pueden desplazar el oxígeno, resultando en estos casos totalmente ineficaz el empleo de la máscara y del cartucho filtrante’ [16].

‘Generalmente, los equipos de detección y protección química militares están diseñados para hacer frente a los agentes químicos de guerra, pero no a los TIC. En estos casos es importante identificar estos TIC, así como sus propiedades y efectos. El personal que por necesidades de la misión tenga que entrar dentro del área de peligro, debe disponer de equipos específicos de protección adecuados para dicho TIC’ [17].

Además de su toxicidad, los peligros de los TIC también proceden de sus propiedades explosivas, inflamables o simplemente a que su liberación supone el desplazamiento del oxígeno y por lo tanto la muerte por asfixia.

El EPI se compone de los siguientes elementos:

⁵ Enlace con listado de químicos tóxicos industriales: <https://es-static.z-dn.net/files/df5/892fc291caf0c576f1b9ae5f50570dc0.doc>

- 1 uniforme de protección NBQ
- 1 poncho NBQ
- 1 máscara con dos cartuchos filtrantes NBQ
- 1 envase de comprimidos de bromuro de piridostigmina
- 3 autoinyectables AJP con antídotos contra agentes neurotóxicos
- 1 detector de agentes neurotóxicos en forma de vapor. En ciertas circunstancias se puede dotar de un detector de agentes vesicantes en forma de vapor, a nivel individual o colectivo, semejante al anterior
- 1 librillo de papel detector de agentes químicos en forma líquida
- 2 manoplas de descontaminación química
- 1 paquete de servilletas de descontaminación radiológica
- 1 dosímetro individual de radiactividad



Figura 3. Componentes del EPI

Las funciones del EPI van desde la *detección* hasta la *descontaminación*, pasando claramente por la *protección*. De la *protección* se encargan los siguientes elementos: el uniforme de protección NBQ (chaqueta con capucha, pantalón, cubrebotas y guantes), el poncho NBQ, la máscara con el cartucho filtrante, los comprimidos de bromuro y los autoinyectables AJP. De la *detección* se ocupan: el detector de agentes neurotóxicos, el librillo de papel detector y el dosímetro individual de radiactividad. Por último, de la *descontaminación* se encargan la manopla y las servilletas de descontaminación.

3.3 Descontaminación NBQR

En cuanto a la descontaminación, podemos hablar tanto a la referida al personal como a la que seguiría el TOA una vez llegase a la estación de descontaminación. El propio EPI como ya hemos visto, cuenta con materiales para la descontaminación individual: la manopla de descontaminación química (figura 4) y las servilletas de descontaminación radiológica (figura 5).



Figura 5. Manopla



Figura 4. Servilleta de descontaminación

Hay que tener en cuenta que tanto las servilletas como las manoplas de descontaminación química no destruyen el agresivo, únicamente lo retiran, por lo que estos artículos deberán tratarse como altamente contaminados.

Por otro lado, según *el Libro de Defensa NBQ nivel básico – operativo* (Escuela Militar de Defensa NBQ), en la línea de descontaminación de vehículos se realizarán las siguientes acciones:

1. **1er CONTROL.** Personal de la línea efectuará la detección de la contaminación. Los vehículos no contaminados, seguirán la señalización y por una ruta limpia se dirigirán a la zona de reunión. Los vehículos contaminados se dirigirán al siguiente punto.
2. **FILIACION.** A los vehículos contaminados se le tomarán los datos, y se comprobará que están listos para la descontaminación.
3. **1er TRATAMIENTO.** En este punto se eliminará la contaminación gruesa y la suciedad del vehículo dejándolo en condiciones de aplicar las soluciones descontaminantes.
4. **2º TRATAMIENTO.** Es el punto más importante de la descontaminación. En él se aplicarán los productos descontaminantes elegidos en función del agente contaminante. Se prestará especial atención a las zonas del vehículo donde se puede acumular más contaminación, como son en especial los bajos del vehículo (pasos de rueda, sistema de amortiguación, etc.). Sería en este paso cuando se realizaría la descontaminación del interior de vehículo, teniendo en cuenta que pudiera ser necesario tratar ciertas partes y componentes como material sensible.

Las deficiencias que se han detectado, según expertos en la materia NBQ, en el proceso de descontaminación realizado en las estaciones preparadas para ello, tanto de vehículos como de personal, son las siguientes:

- Gran gasto de agua en el proceso.
- Generación de gran cantidad de residuos contaminados (como el agua usada para lavar vehículos).
- Proceso muy lento, se emplea demasiado tiempo, debido a que el combatiente viene cansado tanto física como psicológicamente, pues el combate en ambiente NBQR supone un elevado desgaste.

Una de las opciones que se usa hoy en día como alternativa del agua, es el peróxido de hidrógeno con amoníaco en forma de vapor. Una patente de invención española [18] del año 2012, que trata sobre un sistema integrado independiente de descontaminación caracterizado por comprender un contenedor en el que la descontaminación biológica y química se realiza mediante peróxido de hidrógeno y amoniaco en forma de vapor. El contenedor contiene:

- Una cámara de descontaminación química y biológica con dos accesos opuestos entre sí para zona limpia y zona sucia.
- Una cámara de descontaminación radiológica que remueve el polvo radiactivo, con dos accesos opuestos entre sí para zona limpia y zona sucia.

La invención se refiere a un sistema de descontaminación capaz de realizar las tareas de descontaminación biológica, química y nuclear de material sensible e individual, interiores de plataformas, interiores de instalaciones y realizar una auto-descontaminación del propio sistema. Sus principales ventajas son:

- Para realizar la descontaminación no utiliza agua.
- El funcionamiento está automatizado.
- No genera residuos, con lo que se gana en operatividad ya que se reduce el personal necesario y los tiempos de actuación.
- Se trata de un equipo "respetuoso" en lo que al medio ambiente se refiere.
- Todos los equipos necesarios para la descontaminación se ubican dentro de un contenedor ISO de 20 pies tipo 1 C "aerotransportable" acondicionado, de forma que pueda ser transportado por cualquiera de los medios de transporte, tanto terrestre como aéreo.

Este sistema satisface las carencias planteadas anteriormente según expertos en el tema NBQR, por tanto resolvería el problema. Únicamente habría que adaptar el contenedor para que cupiese el TOA, concretamente aumentar el ancho y la altura interior (ver medidas exactas en los apartados correspondientes de la sección de *Anexos*).

4 Análisis del VCI Pizarro

4.1 Detección de agentes NBQR

Es en este campo donde más carencias presenta el VCI Pizarro, pero no tantas como el TOA. Pues a pesar de tampoco incorporar ningún detector NBQR en el propio vehículo, sí dispone de unos orificios preparados ya (figura 6, nº 23) para usar los detectores M-90 y GID 3 desde el interior del vehículo y sacar la sonda de detección por fuera. Además, al igual que el personal embarcado en el TOA, también cuenta con los componentes individuales para la detección que incluye el EPI: el detector de agentes neurotóxicos, el librillo de papel detector y el dosímetro de radiactividad.

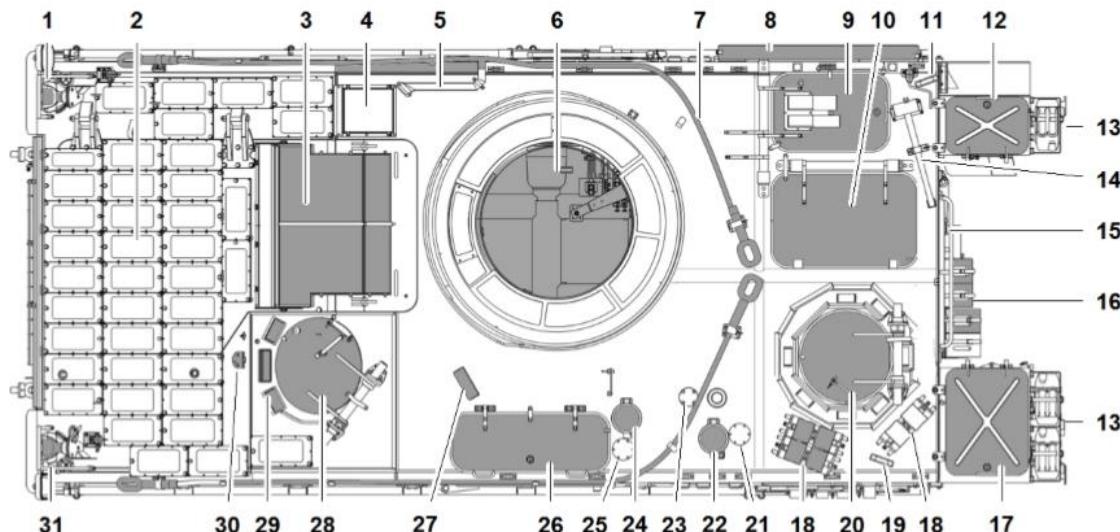


Figura 6. Vista superior

Es decir, el VCI Pizarro tiene casi las mismas deficiencias que el TOA en la fase de *detección* de agentes NBQ, exceptuando que éste primero si que tiene posibilidad de usar los detectores ya existentes en el ET de manera que no haya que exponer al combatiente a que tenga que salir al exterior del vehículo para ver la información que recoge dicho detector.

Por tanto, la idea de mejora del vehículo en este aspecto, estaría centrada básicamente en dos alternativas:

- Incorporar un detector NBQR capaz de:
 - poderse instalar directamente como elemento fijo en el exterior del VCI Pizarro o mediante un soporte desmontable
 - conectarse al sistema o panel de alarmas que puede observar el conductor o jefe de vehículo desde su puesto
- Adquirir un nuevo detector NBQR más eficiente y moderno que los que ya están en uso para este cometido en el ET (M-90 y GID 3), con la condición de que dispongan de una sonda que se pueda sacar por el orificio del vehículo.

4.2 Protección de agentes NBQR

El VCI Pizarro, tanto el modelo fase 1 como la fase 2, tienen las mismas capacidades de defensa NBQR. Cuenta con un sistema de protección NBQ que proporciona protección eficaz tanto a la tripulación (jefe de vehículo, tirador y conductor) como al ECP (Elemento de Combate a Pie) sin necesidad de llevar el EPI, a diferencia del TOA. Esto es posible debido a:

- La creación de una sobrepresión en la cámara de personal que impide la penetración al interior del vehículo de aerosoles, gases o vapores cuando se encuentra en zonas contaminadas.
- El filtrado del aire exterior eliminando agentes biológicos, químicos y partículas radiactivas.

Además, el espesor y composición de su blindaje, lo protegen contra las radiaciones de explosiones nucleares y polvo radiactivo, lo que unido a la utilización del Sistema Compacto de Control Ambiental (SCCA), en el cual se encuentra el sistema de protección NBQ, le posibilita seguir combatiendo en este tipo de ambiente durante un cierto periodo de tiempo, así como hacer frente a cualquier ataque con armas biológicas.

El SCCA (figuras 7, 8 y 9) está compuesto por: (información detallada en *Anexos*)

- El sistema de ventilación
- El aire acondicionado
- La calefacción
- El sistema NBQ



Figura 8. Conjunto SCCA

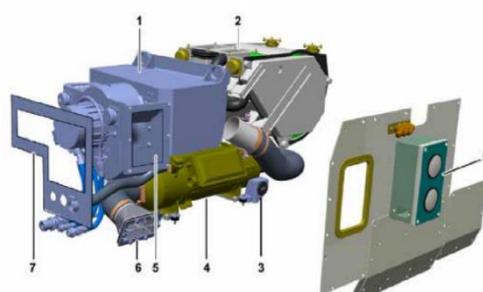


Figura 7. Conjunto SCCA (lado izquierdo)

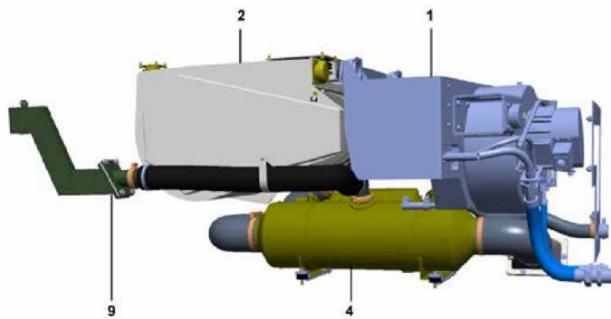


Figura 9. Conjunto SCCA (lado derecho)

Este sistema es el encargado de suministrar aire limpio a la temperatura adecuada a las distintas cámaras del vehículo, mediante la renovación, filtrado y adecuación de la temperatura del aire del vehículo, integrando las funciones de ventilación, calefacción, A/A (Aire Acondicionado) y protección NBQ. Desempeña estas funciones mediante las siguientes acciones:

- Filtrado del aire tomado desde el exterior a través de:
 - Filtros de paz
 - Filtros de guerra para NBQ
- Distribución y recirculación del aire

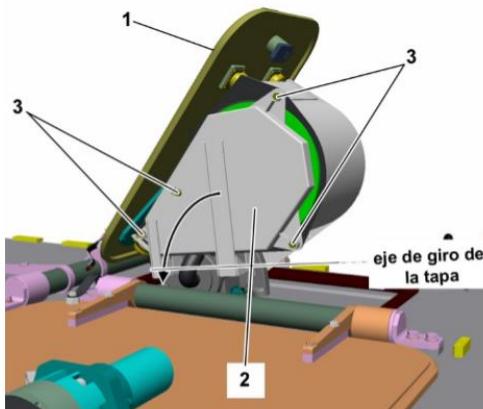


Figura 10. Conjunto NBQ (filtros y turbina)

Es importante comprender como funciona el sistema de ventilación del Pizarro, pues interviene de forma directa en el sistema de protección NBQ. La ventilación la proporciona una turbina del SCCA y el sistema de canalización de aire. Del SCCA parten los conductos de circulación del aire (figura 11) que reparte el mismo por todos los orificios de ventilación. Por ellos saldrá aire a temperatura ambiente, caliente o fría en función de que se activen o no el calefactor y el sistema de aire acondicionado (ver información más detallada de la distribución del aire del VCI Pizarro en *Anexos*).

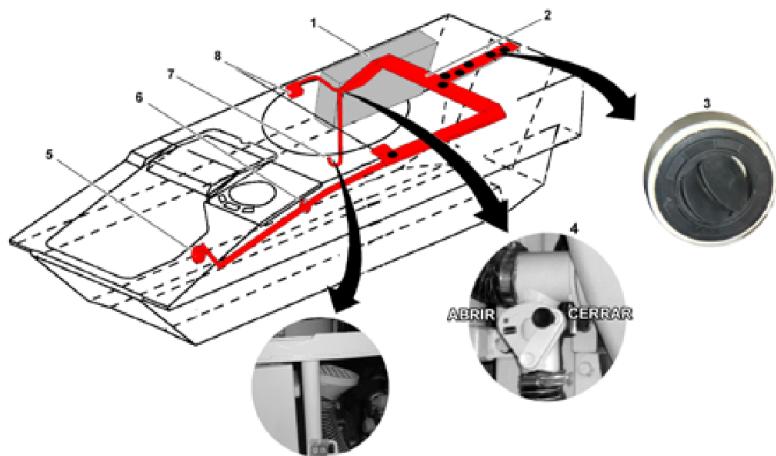


Figura 11. Distribución del aire

Llegados a este punto, vamos a hablar de cómo desempeña el sistema de protección NBQ sus funciones de crear sobrepresión y filtrado del aire del exterior. Básicamente, el sistema aspira el aire del exterior mediante una turbina (figura 12, nº 5) a través de la toma situada sobre la puerta de filtros (figura 12, nº 2), y lo hace pasar a través de un prefiltrado ciclónico y un filtro ubicado en un alojamiento cilíndrico (figura 12, nº 4), expulsando el polvo y partículas gruesas al exterior por la salida existente en la tapa de filtros (figura 12, nº 1) y el aire limpio por la salida de la turbina (figura 12, nº 6). Este caudal de aire filtrado penetra en la cámara de personal a través de la rejilla de comunicación con la cámara de personal (figura 12, nº 3), hasta una sobrepresión de 7 mbar.

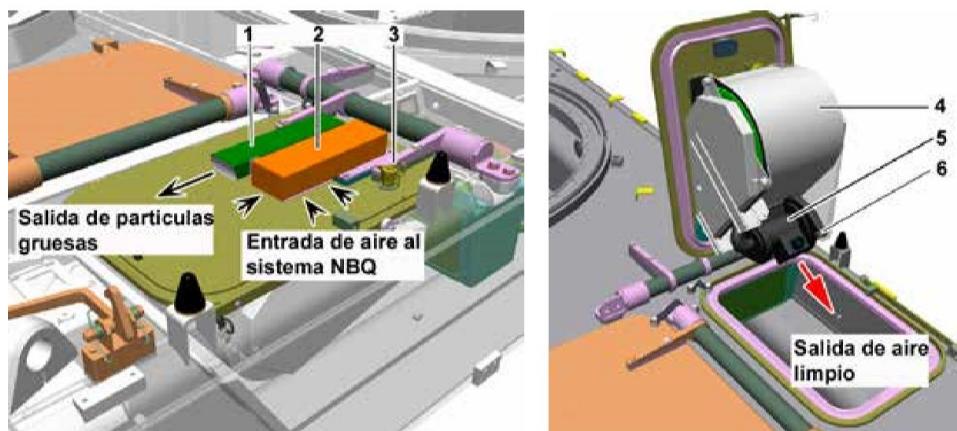


Figura 12. Sistema NBQ



Figura 13. Sistema NBQ (entrada de aire y salida de partículas gruesas)

Por tanto, el sistema NBQ está conformado por un prefiltro ciclónico con expulsor individual y un filtro NBQ cilíndrico compuesto (figura 14). Además, dispone de un control de 3 velocidades (figura 15), y un medidor de sobrepresión y saturación de filtro (figura 16). Cabe señalar que el sistema se maneja desde el panel de instrumentos del conductor, siendo el único que lo puede activar bajo expresa orden del jefe de vehículo.



Figura 14. Filtro NBQ en su embalaje

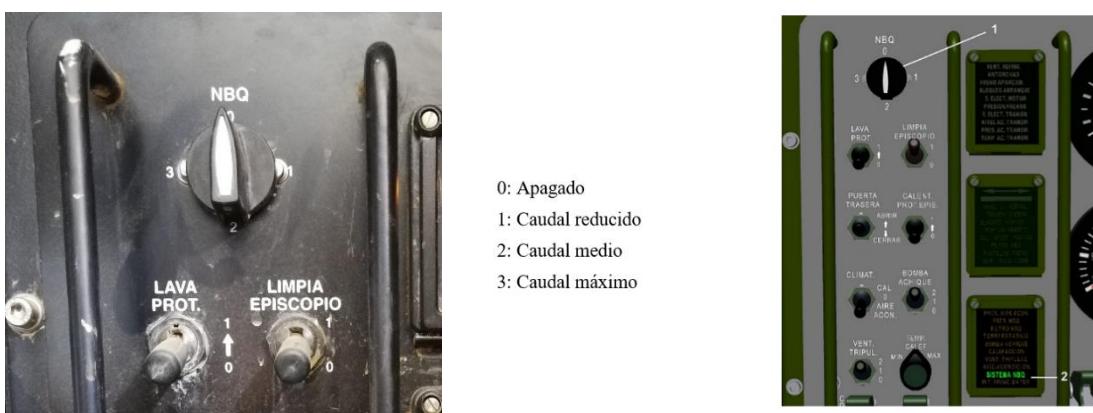


Figura 15. Comutador rotativo sistema NBQ



Figura 16. Medidor de sobrepresión del vehículo y saturación del filtro

Antes de activar el sistema NBQ, hay que comprobar una serie de condiciones previas importantes para que funcione correctamente (ver apartado *Protocolo antes de activar Sistema NBQR en VCI Pizarro* en la parte de *Anexos*). Las diferentes alarmas o testigos que se pueden activar durante el servicio del sistema SCCA también están reflejadas en la sección de *Anexos*.

4.3 Descontaminación NBQR

En cuanto a la fase de *descontaminación*, el VCI Pizarro debe seguir el mismo procedimiento que el TOA para su descontaminación en una estación NBQ preparada para ello. Existiendo entonces las mismas carencias que se explicaron en la fase de descontaminación del TOA:

- Gran gasto de agua en el proceso.
- Generación de gran cantidad de residuos contaminados (como el agua usada para lavar vehículos).
- Proceso muy lento, se emplea demasiado tiempo, debido a que el combatiente viene cansado tanto física como psicológicamente, pues el combate en ambiente NBQR supone un elevado desgaste.

Por tanto, la solución propuesta para el TOA en este aspecto, es decir, la de la patente española que consistía en un sistema integrado independiente de descontaminación (caracterizado por comprender un contenedor en el que la descontaminación biológica y química se realiza mediante peróxido de hidrógeno y amoniaco en forma de vapor) también sería válida para este otro vehículo, solamente habría que adaptar el contenedor a las dimensiones y peso del VCI Pizarro (ver información detallada en los apartados *Dimensiones VCI Pizarro* y *Medidas del contenedor ISO 20 tipo 1C* en la sección *Anexos*).

Por otro lado, referente al personal del VCI Pizarro, contaría únicamente con elementos de descontaminación propios del EPI (la manopla de descontaminación química y las servilletas de descontaminación radiológica).

5 Conclusiones parciales de los análisis

Como resultado de la suma de las entrevistas semiestructuradas y la investigación personal en profundidad del objeto de estudio del proyecto, se han determinado una serie de conclusiones que pueden llegar a entender mejor el problema.

Sin embargo, antes de nada, es importante resaltar el hecho de que las entrevistas a expertos en materia NBQR y componentes profesionales de una compañía de infantería mecanizada, han proporcionado una cantidad de información acerca del VCI Pizarro, del TOA y de sus correspondientes medios de Defensa NBQR, que no hubiese sido posible encontrar en los manuales, puesto que éstos han aportado sus experiencias, argumentos y vivencias además de su opinión como expertos sobre las diferentes preguntas realizadas. Esto ha permitido conocer de primera mano como ven la situación actual los propios integrantes de las unidades mecanizadas con respecto a la capacidad de Defensa NBQR con la que cuentan dichas unidades.

Conclusiones sintetizadas sobre el TOA:

- Su nula protección NBQR debido a que no es estanco
- Su nula capacidad de detección NBQR
- La necesidad de retirar el TOA y sustituir por un vehículo de combate más moderno
- La escasa rentabilidad que tendría realizar modificaciones en su sistema de detección o protección NBQR, puesto que es un vehículo muy obsoleto y va a ser sustituido próximamente por el VCR 8x8

Conclusiones elaboradas sobre el VCI Pizarro:

- La necesidad de un detector NBQR
- El buen funcionamiento probado de su sistema de sobrepresión
- La posibilidad de incorporar detectores ya existentes en el ET mediante alguna modificación o soporte:
 - M-90 y GID-3
- El funcionamiento de su SCCA
- Cómo activar desde el puesto de conductor del vehículo el sistema de Defensa NBQR

Conclusiones sobre material NBQR:

- Los requisitos para un detector NBQR eficaz y eficiente:
 - Detección del mayor número posible de agentes NBQR
 - Detector ideal: uno capaz de detectar agentes químicos, biológicos y radiológicos al mismo tiempo
 - Es mejor que tenga la capacidad de detección de una gama más amplia de agentes NBQR que la capacidad de determinar exactamente qué agente es, pues para unidades de combate no es necesario información tan específica

- Si va en vehículo, que permita leer los positivos desde el interior, es decir, que permitan detectar agentes NBQR desde dentro sin exponer al personal
- Que tengan un fácil mantenimiento
- Los requisitos para un sistema de Defensa NBQR eficaz y adecuado para un VCI
 - Que el vehículo sea estanco
 - La existencia de un sistema capaz de generar una sobrepresión dentro del vehículo que no permita entrar aire del exterior
 - Protección contra todo tipo de agentes NBQR: agentes químicos (incluidos los TIC), biológicos y radiológicos
 - Que tenga un fácil mantenimiento
- Los requisitos para un traje de protección y una máscara NBQR eficaces:
 - Que sea tipo “mono”, es decir, una sola prenda para todo el cuerpo
 - Botas tipo “pescador” en lugar de los actuales cubrebotas del EPI
 - La máscara permita comunicarse por radio de manera nítida y cómoda
 - Reutilizable una vez ha entrado en zona contaminada
- Los problemas y deficiencias existentes en el proceso actual de descontaminación de vehículos y personal contaminado del ET:
 - Abundante gasto de agua en el proceso
 - Falta de instrucción a las unidades acerca de cómo deben pasar la estación de descontaminación, por tanto se enlentece el proceso en gran medida
 - El gran desgaste físico y psicológico que supone el combate en ambientes NBQR hace que se llegue cansado a la estación de descontaminación y se cometan fallos en los protocolos a seguir

6 Propuesta y valoración de soluciones para el VCI Pizarro

6.1 Cuestionarios

En la siguiente tabla, se muestran los resultados de los cuestionarios de tipo abierto que se realizaron. En la columna *Características*, se pueden observar todas las respuestas que dieron los encuestados; y en el resto de columnas (diferenciadas por el tipo de material NBQR) se reflejan el número total de veces que salió escogido cada requisito o característica en las encuestas.

Características	Sistemas Defensa NBQR	Detector NBQR	EPI
BUENA TRANSMISIÓN DE LA VOZ			14
CAPACIDAD DE DETECCIÓN SIN BAJAR VEHÍCULO		28	
COMODIDAD			18
DETECCIÓN DE AMPLIA GAMMA AGENTES NBQ		22	
DURACIÓN BATERÍA		18	
TIEMPO DE RENOVACIÓN DEL AIRE HABITÁCULO INTERIOR	29		
EPI PERSONALIZADO			22
EPI TIPO MONO DE TRABAJO			6
ESPECIFICACIÓN/IDENTIFICACIÓN AGENTE		8	
FÁCIL MANTENIMIENTO		17	
FACILIDAD DE MONTAJE	26		
FACILIDAD DE PONER/QUITAR			28
FECHA CADUCIDAD	8		
FIABILIDAD SEÑAL DE POSITIVOS		19	
LIGEREZA	22	16	17
PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	24		
RADIO DE DETECCIÓN		3	
RESISTENCIA DE LOS MATERIALES			22
RESISTENCIA MECÁNICA	20		
REUTILIZABLE			5
TAMAÑO	3	1	
TOTAL	132	132	132

Tabla 1. Resultados de cuestionarios tipo abierto. Fuente: elaboración propia

SISTEMA PROTECCIÓN NBQR (PENSADO PARA INCORPORAR EN EL VCI PIZARRO)	
1º	Tiempo de renovación del aire del habitáculo interior del VCI Pizarro
2º	Facilidad de montaje
3º	Protección contra más agentes NBQ
4º	Ligereza

Tabla 2. Criterios más valorados según encuestas (Sistemas de Protección NBQR)

DETECTOR NBQ (PENSADO PARA INCORPORAR EN EL PROPIO VCI PIZARRO)	
1º	Capacidad de detección sin bajar del vehículo
2º	Detección de amplia gama de agentes NBQ
3º	Fiabilidad señal positivos
4º	Duración de batería

Tabla 3. Criterios más valorados según encuestas (detectores NBQR)

EPI (EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL)	
1º	Facilidad de quitar/poner
2º	Resistencia de los materiales
3º	Protección contra más agentes NBQ
4º	Comodidad

Tabla 4. Criterios más valorados según encuestas (traje de protección y máscara NBQR)

A continuación, se muestra en una tabla de ponderaciones (0 - 10), los resultados de los cuestionarios de tipo cerrado que se efectuaron al personal experto en la materia NBQR con el fin de verificar la veracidad de los resultados del primer cuestionario.

Características	Sistemas Defensa NBQR	Detector NBQR	EPI
BUENA TRANSMISIÓN DE LA VOZ			7,3
CAPACIDAD DE DETECCIÓN SIN BAJAR VEHÍCULO		9	
COMODIDAD			7,8
DETECCIÓN DE AMPLIA GAMA AGENTES NBQ		8,1	
DURACIÓN BATERÍA		7,7	
TIEMPO DE RENOVACIÓN DEL AIRE HABITÁCULO INTERIOR	9		
EPI PERSONALIZADO			8,2
EPI TIPO MONO DE TRABAJO			4
ESPECIFICACIÓN/IDENTIFICACIÓN AGENTE		5	
FÁCIL MANTENIMIENTO		7,6	
FACILIDAD DE MONTAJE	8,5		
FACILIDAD DE PONER/QUITAR			8,7
FECHA CADUCIDAD	5		
FIABILIDAD SEÑAL DE POSITIVOS		7,8	
LIGEREZA	8	7,4	7,7
PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	8,2		
RADIO DE DETECCIÓN		3	
RESISTENCIA DE LOS MATERIALES			8,1
RESISTENCIA MECÁNICA	7,8		
REUTILIZABLE			3
TAMAÑO	4	1	

Tabla 5. Ponderación de resultados de cuestionarios tipo cerrado. Fuente: elaboración propia

Como se puede observar, los resultados obtenidos en el 2º cuestionario concuerdan con los resultados del 1º, es decir, los criterios elegidos como los más importantes según las respuestas de la *tabla 1*, son los criterios con mayor ponderación en la *tabla 5*. De esta manera, se demuestra la veracidad de las respuestas.

6.2 AHP

En base a las preferencias facilitadas por los expertos en las encuestas sobre qué criterios eran más importantes, se obtuvo un ranking de los más repetidos y con el número exacto de repeticiones, lo que permitió darles una valoración numérica en base a la escala de comparaciones de Saaty que quedó de la siguiente manera:

MATRIZ CRITERIOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN NBQ				
	TIEMPO RENOVACIÓN AIRE HABITÁCULO	FACILIDAD DE MONTAJE	PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	LIGEREZA
TIEMPO RENOVACIÓN AIRE HABITÁCULO	1,0000	3,0000	5,0000	7,0000
FACILIDAD DE MONTAJE	0,3333	1,0000	3,0000	5,0000
PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	0,2000	0,3333	1,0000	3,0000
LIGEREZA	0,1429	0,2000	0,3333	1,0000
SUMA	1,6762	4,5333	9,3333	16,0000

Tabla 6. Matriz comparación de criterios (Sistemas NBQ)

MATRIZ CRITERIOS DETECTOR NBQ				
	CAPACIDAD DE DETECCIÓN SIN BAJAR DEL VEHÍCULO	DETECCIÓN DE AMPLIA GAMMA DE AGENTES NBQ	FIABILIDAD SEÑAL DE POSITIVOS	DURACIÓN DE BATERÍA
CAPACIDAD DE DETECCIÓN SIN BAJAR DEL VEHÍCULO	1,0000	3,0000	5,0000	9,0000
DETECCIÓN DE AMPLIA GAMMA DE AGENTES NBQ	0,3333	1,0000	3,0000	7,0000
FIABILIDAD SEÑAL DE POSITIVOS	0,2000	0,3333	1,0000	5,0000
DURACIÓN DE BATERÍA	0,1111	0,1429	0,2000	1,0000
SUMA	1,6444	4,4762	9,2000	22,0000

Tabla 7. Matriz de comparación de criterios (detectores NBQ)

MATRIZ CRITERIOS EPI				
	PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	FACILIDAD DE QUITAR/PONER	COMODIDAD
PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	1,0000	3,0000	7,0000	7,0000
RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	0,3333	1,0000	5,0000	5,0000
FACILIDAD DE QUITAR/PONER	0,1429	0,2000	1,0000	3,0000
COMODIDAD	0,1429	0,2000	0,3333	1,0000
SUMA	1,6190	4,4000	13,3333	16,0000

Tabla 8. Matriz de comparación de criterios (EPI)

En dichas tablas, se observa por ejemplo, como el tiempo de renovación es: 3 veces más importante que la facilidad de montaje, 5 veces más que la protección contra más agentes NBQ y 7 veces más que la ligereza. Quedando como resultado de las comparaciones una serie de tablas de ponderaciones que muestra la importancia de cada uno de los criterios. Es decir, vale más tener una puntuación media o baja en criterios con una ponderación alta, que una valoración alta en criterios de ponderación baja.

MATRIZ CRITERIOS FILTRO NBQ NORMALIZADA				PONDERACIÓN
TIEMPO RENOVACIÓN AIRE HABITÁCULO	0,5966	0,6618	0,5357	0,4375
FACILIDAD DE MONTAJE	0,1989	0,2206	0,3214	0,3125
PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	0,1193	0,0735	0,1071	0,1875
LIGEREZA	0,0852	0,0441	0,0357	0,0625
SUMA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabla 9. Matriz normalizada de comparación de criterios (Sistemas NBQ)

MATRIZ NORMALIZADA				PONDERACIÓN
CAPACIDAD DE DETECCIÓN SIN BAJAR DEL VEHÍCULO	0,6081	0,6702	0,5435	0,4091
DETECCIÓN DE AMPLIA GAMMA DE AGENTES NBQ	0,2027	0,2234	0,3261	0,3182
FIABILIDAD SEÑAL DE POSITIVOS	0,1216	0,0745	0,1087	0,2273
DURACIÓN DE BATERÍA	0,0676	0,0319	0,0217	0,0455
SUMA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabla 10. Matriz normalizada de comparación de criterios (detectores)

MATRIZ NORMALIZADA					PONDERACIÓN
PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	0,6176	0,6818	0,5250	0,4375	0,5655
RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	0,2059	0,2273	0,3750	0,3125	0,2802
FACILIDAD DE QUITAR/PONER	0,0882	0,0455	0,0750	0,1875	0,0990
COMODIDAD	0,0882	0,0455	0,0250	0,0625	0,0553
SUMA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabla 11. Matriz normalizada de comparación de criterios (EPI)

En las siguientes tablas, se puede apreciar la ponderación de cada producto dependiendo del criterio con el que se le esté valorando. De esta manera, se muestra qué producto es mejor que otro según el campo específico, y luego se refleja una ponderación global que demuestra cuál de ellos es la mejor alternativa. Para obtener estas ponderaciones, previamente se ha comparado criterio a criterio todos los productos entre sí.

	TIEMPO RENOVACIÓN AIRE HABITÁCULO	FACILIDAD DE MONTAJE	PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	LIGEREZA	TOTAL
FFA400-426	0,3972	0,0354	0,1429	0,0516	0,2513
M93 GPFU	0,1003	0,0749	0,1429	0,3270	0,1117
AIR 390 CASTELLEX	0,0512	0,2037	0,1429	0,0149	0,1005
AFU 90 V CBRN	0,0221	0,0749	0,1429	0,0829	0,0542
AFU 170 V NBC	0,0961	0,2037	0,1429	0,1466	0,1330
AFU 180	0,1278	0,2037	0,1429	0,0387	0,1446
RENOUVAIR	0,2052	0,2037	0,1429	0,3383	0,2048
PONDERACIÓN	0,5579	0,2633	0,1219	0,0569	

Tabla 12. Matriz de comparación final (Sistemas Defensa NBQR). Fuente: elaboración propia

	CAPACIDAD DE DETECCIÓN SIN BAJAR DEL VEHÍCULO	DETECCIÓN DE AMPLIA GAMA DE AGENTES NBQ	FIABILIDAD SEÑAL DE POSITIVOS	DURACIÓN DE BATERÍA	TOTAL
HAPSITE ER	0,0625	0,4167	0,2500	0,0357	0,1811
RUGGED ENVI BIOSCOUT	0,3125	0,0833	0,2500	0,3214	0,2432
CHP - 5	0,3125	0,0833	0,2500	0,3214	0,2432
CHEMPRODM	0,3125	0,4167	0,2500	0,3214	0,3324
PONDERACIÓN	0,5577	0,2676	0,1330	0,0417	

Tabla 13. Matriz de comparación final (detectores NBQR). Fuente: elaboración propia

	PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	FACILIDAD DE QUITAR/PONER	COMODIDAD	TOTAL
ALPHATEC 66 - 320	0,1429	0,1062	0,3333	0,3333	0,1620
ALPHATEC ACT	0,7143	0,6333	0,3333	0,3333	0,6328
ALPHATEC LIGHT TR	0,1429	0,2605	0,3333	0,3333	0,2052
PONDERACIÓN	0,5655	0,2802	0,0990	0,0553	

Tabla 14. Matriz de comparación final (trajes de protección NBQR). Fuentes: elaboración propia

El resultado es que lo óptimo sería adquirir el sistema de Defensa NBQR FFA400-426 y el detector NBQR CHEMPRODM, para incorporar en la configuración propuesta del VCI Pizarro. El traje de protección NBQR seleccionado sería el ALPHATEC ACT.

6.3 DAFO

El DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) es una herramienta que nos permite analizar la realidad de una empresa, marca o producto para poder tomar decisiones de futuro.

Una vez tomada la decisión (qué medios adquirir para el VCI Pizarro) mediante la herramienta AHP, se realizó un análisis DAFO para evaluar las capacidades de la configuración obtenida del vehículo.

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - No tiene capacidad de detección de agentes biológicos - No dispone de protección contra radiación gamma ni contra los neutrones - Nueva configuración más pesada 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultad de compatibilizar adquisiciones con el nuevo VCR 8x8 'Dragón' - Complicación táctica y logística - Que la nueva configuración del VCI Pizarro, lo convierta en objetivo de alto valor para el enemigo
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Buen sistema de detección NBQR con capacidad de detectar agentes de guerra química (CWA), químicos industriales tóxicos (TIC), rayos gamma y rayos X - Detección de agentes NBQR sin bajar del vehículo - Renovación completa del aire del habitáculo más frecuente - Permite el reemplazo de filtros rápidamente y sin herramientas - Protección contra todos los agentes químicos y biológicos conocidos - Capacidad de reducción o eliminación de partículas submicrométricas - Eficacia de los medios adquiridos probada 	<ul style="list-style-type: none"> - Posibilidad de emplearlo en diversos TO con cualquier nivel de amenaza NBQR - Vender la configuración - Colaborar con empresas civiles para implementar otros sistemas más avanzados

Tabla 15. Análisis DAFO de la decisión tomada. Fuente: elaboración propia

7 Conclusiones finales y líneas futuras

Tras realizar todo el trabajo, se ha logrado cumplir el objetivo del mismo, es decir, analizar la situación actual de la Defensa NBQR en unidades mecanizadas e identificar las carencias existentes, y plantear posibles soluciones en base a dichos déficits.

Como conclusiones de este proyecto, tenemos por un lado las referentes al TOA y por otro lado las que hacen referencia al VCI Pizarro:

- Como bien se ha podido comprobar, está demostrado que el vehículo TOA no está preparado hoy en día para cualquier ataque NBQR, pues tiene unas carencias en su sistema de defensa NBQR muy importantes, quedando supeditado a la protección que brinda el EPI a la tripulación. El propio TOA cuenta con una capacidad nula para la *detección* NBQR y una *protección* muy débil y tan sólo contra algunos agentes (radiaciones alfa y beta). Además, debido a que este vehículo está tan obsoleto y ya se ha aprobado en el ET que el nuevo VCR 8x8 ‘Dragón’ lo reemplace, no sería rentable invertir en modificación alguna.
- En cuanto al VCI Pizarro, se ha demostrado que cuenta con un sistema de protección NBQR eficaz contra agentes químicos, biológicos y ciertas partículas radiactivas, basado en un generador de sobrepresión y un conjunto de filtros, pero que carece de cualquier medio de detección de dichos agentes.
- En resumen, se deduce de estas conclusiones, que ninguno de los dos vehículos estaría preparado para operar con total seguridad para su tripulación en cualquier TO, sea cual sea el nivel de alerta NBQR, puesto que no cuentan con ninguna capacidad de detección y además el TOA no es estanco.
- Las adquisiciones propuestas para la configuración planteada en este proyecto del VCI Pizarro, aportan las capacidades de detección NBQR que no tenía el vehículo con la configuración de serie, y mejoran el sistema de protección NBQR en comparación con el que ya disponía.

Además, como apartado de líneas futuras, en base a las deficiencias detectadas en este proyecto tanto en el TOA como en el VCI Pizarro, mediante los análisis de información y las entrevistas a expertos; y de las recomendaciones según la plataforma *NBC-Systems – Army technology* [19], se ha realizado una serie de propuestas que debería incluir el Sistema de Defensa NBQR del VCR 8x8 ‘Dragón’ (el vehículo futuro de las unidades mecanizadas):

- Vehículo completamente estanco
- Flujo de aire filtrado del sistema de protección NBQR de 180 m³/h
- Sistema de prefiltro ciclónico
- 2 filtros tipo FMM4 con capacidad de filtrado de 90 m³/h
- 2 PF 90 (filtro de partículas): usados como filtro de paz
- Sistema capaz de generar una sobrepresión en el interior del vehículo

- Duración de filtros NBQR lo suficiente para poder combatir durante al menos 4 horas sin necesidad de cambiarlos
- Que el hecho de hacer fuego con el sistema de armas instalado en el vehículo no afecte de manera negativa a la sobrepresión generada en el interior
- Detector NBQR instalado en exterior del vehículo que permita ver las lecturas del detector desde dentro de éste

8 Referencias

- [1] Centro Universitario de la Defensa, «Tema 1. Riesgo nuclear y radiológico,» de *NBQ - Tecnologías para la Defensa*, 2017, p. 32.
- [2] C. D. J. M. P. Cardona, de *Defensa NBQ en España*, Madrid, 2011.
- [3] Mando de Adiestramiento y Doctrina, Ejército de Tierra Español, «Capítulo 5,» de *Manual Orientaciones. Defensa NBQ OR7-003*,.
- [4] C. D. J. C. T. Sorazu, «Capítulo 2: Historia,» de *Defensa NBQ en el conflicto de Irak*, 2005.
- [5] Ejército de Tierra, «8.3 Historia y evolución del vehículo de combate,» de *MI-018 Tomo 1*.
- [6] BBC NEWS, 26 Agosto 2019.
- [7] Mando de Adiestramiento y Doctrina , «Capítulo 6,» de *Manual OR7-021 Orientaciones Protección individual NBQ*, 2003.
- [8] EL PAÍS, [En línea]. Available: https://elpais.com/tag/terrorismo_quimico/a.
- [9] QuestionPro, [En línea]. Available: <https://www.questionpro.com/blog/es/entrevista-estucrurada-y-no-estucrurada/>.
- [10] Web 'El Conocimiento Científico', [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/conocimientospina/estructura-de-la-investigacion-cientifica/tipos-de-cuestionarios>.
- [11] ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE SEVILLA (Universidad de Sevilla), [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproj/70496/fichero/Capitulo+4+El+m%C3%A9todo+AHP.pdf>.
- [12] Escuela Militar de Defensa NBQ, Libro Defensa NBQ nivel básico – operativo.
- [13] Ejército de Tierra, «Capítulo 1 Generalidades,» de *Manual MI – 008 TOA*.
- [14] Ejército de Tierra, «Capítulo 2 Tareas individuales de la tripulación,» de *Manual M16 402 TOA*.
- [15] Ejército de Tierra, «Capítulo 2,» de *Manual Orientaciones Protección individual NBQ OR7-021*,.
- [16] Ejército de Tierra, «Capítulo 6,» de *Manual Orientaciones Protección individual NBQ OR7-021*,.

individual NBQ OR7-021.

[17] Ejército de Tierra, «Capítulo 1,» de *Manual Defensa NBQ PD3-900*.

[18] J. A. N. Moreno, «SISTEMA INTEGRADO INDEPENDIENTE DE DESCONTAMINACION». España Patente P201000777, 13 Noviembre 2012.

[19] NBC-Sys - Army technology, [En línea]. Available: http://epsilon-ndt.com/images/urunbelgeleri/pc-vehicules-gb_049e9.pdf.

[20] Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa, 2012. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/257748048_Analisis_y_variabilidad_de_la_consistencia_en_un_proceso_jerarquico_de_toma_de_decisiones_ambientales.

[21] Ministerio de Defensa, «Adquisición de contenedores de carga de 20 pies (aerotransportables),» 2018.

[22] iContainers, 1 Febrero 2012. [En línea]. Available: <https://www.icontainers.com/es/ayuda/contenedor-20-pies/>.

[23] Ministerio del Ejército, Estado Mayor Central, «Capítulo 1.7 Datos,» de *TOA M-0-4-28*.

[24] Mando de Adiestramiento y Doctrina, Ejército de Tierra, «Capítulo 1.4 Dimensiones del vehículo,» de *Vehículo VCI/C PIZARRO (2ª Fase) Manual de Tripulación Tomo I/III (Casco) MT-103 (2ª Ed.)*, 2016.

[25] Centro Universitario de la Defensa, «Tema 2. Riesgo químico,» de *NBQ - Tecnologías para la Defensa*, 2017, p. 21.

[26] Centro Universitario de la Defensa, «Tema 1. Riesgo nuclear y radiológico,» de *NBQ - Tecnologías para la Defensa*, 2017, p. 39.

9 Anexos

1) Productos AHP

FFA 400-426

El FFA400-400 de HDT es la tercera generación del FFA400-100. Es un sistema compacto de filtración QBRN de presión positiva para todo clima. El FFA400-400 proporciona hasta 400 CFM (680 m³ / h) de aire limpio, seguro y respirable para refugios móviles y permanentes de paredes duras, como centros de comando fijos o móviles, centros de comunicaciones o centros médicos.

- El FFA400-426 es la versión estadounidense del FFA400, diseñado para funcionar con una fuente de alimentación trifásica de 208 VCA, 60 Hz. También está disponible una versión europea, que funciona con 240 VCA, 50 Hz, fuente de alimentación monofásica (FFA400-4251).

El ventilador del motor de velocidad variable está montado internamente en la carcasa del filtro. La unidad de control del motor (MCU) varía electrónicamente la velocidad del motor para mantener un flujo constante (400 ± 20 CFM, 680 ± 34 m³ / h) a medida que se cargan los filtros. La MCU se puede montar dentro o fuera del área libre de tóxicos (TFA).

Las características incluyen:

- Sopladores de motor de velocidad variable, montados internamente en la carcasa del filtro, para mantener un flujo constante de 400 ± 20 CFM, (680 ± 34 m³ / h) a medida que se cargan los filtros. La velocidad del motor es variada, electrónicamente por la Unidad de Control del Motor (MCU), que puede montarse dentro o fuera del área libre de tóxicos (TFA).
- Control remoto montable, incluye interruptores de encendido / apagado e indicador de rendimiento del sistema, así como indicador de condición de falla. El control remoto se monta en un gabinete con clasificación NEMA 4 y se puede montar fuera o dentro del refugio. El control remoto se puede conectar en cadena a controles remotos operativos adicionales o un control remoto de mano opcional.
- Separador de partículas interno incorporado para extender la vida útil del filtro.
- Dos (2) juegos de filtros estándar M98, de gas y de partículas
- Permite el reemplazo independiente del filtro HEPA (partículas)
- Reemplazo de filtro rápido y sin herramientas
- Ligero: 100 lbs (45 kg) y ~ 180 lbs (~ 68 kg) con filtros
- Operación silenciosa, <70 dBA



Figura 17. FFA 400-426

Por tanto, los filtros que contiene el FFA 400-426 son el M98 y el HEPA:

1) El conjunto de filtros CBRN M98, 200 CFM (340 m³ / h) de HDT elimina gases tóxicos y partículas para proporcionar aire purificado para refugios móviles, vehículos y sistemas de protección colectiva transportados por barcos. El conjunto de filtros M98 es ideal para todos los requisitos de flujo de aire medio y también se puede aplicar a aplicaciones de flujo de aire más alto, como la protección del edificio. HDT ha diseñado, construido y desplegado varios sistemas de protección colectiva grandes, que emplean hasta doscientos conjuntos de filtros M98 por instalación. Los juegos de filtros M98 están diseñados y probados para proporcionar protección contra todos los agentes químicos y biológicos conocidos.

Los conjuntos de filtros M98 se usan en:

- Sistemas de filtración militar M84, M95 y M96
- Serie FFA de HDT de sistemas de protección colectiva
- Carcasa del filtro radial de celdas múltiples (MCRF) de la Fuerza Aérea de EE. UU.
- Edificios del Ejército de los EE. UU. Y refugios transportables
- Aplicaciones que usan una versión de este filtro encerrada en un recipiente herméticamente sellado (HSFC)

Las características incluyen:

- Flujo de aire nominal de 200 CFM (340 m³ / h)
- Modularidad, permitiendo múltiples aplicaciones de filtro
- Se pueden combinar varios conjuntos de filtros M98 para crear 400 CFM (680 m³ / h) y hasta 2200 CFM (3738 m³ / h), en una sola unidad de filtro. Se pueden emplear múltiples unidades de estas unidades para satisfacer requisitos de flujo de aire aún mayores.
- ASZM-TEDA carbono
- Configuración radial

- Se instala horizontal o verticalmente.

2) Los filtros HEPA, fueron desarrollados por la Comisión de Energía Atómica durante la Segunda Guerra Mundial para eliminar el polvo radiactivo del escape de su planta. Los filtros HEPA son ahora los principales sistemas de filtración para el ensamblaje electrónico de salas limpias, salas de aislamiento, quirófanos, bioingeniería, procesamiento farmacéutico y cualquier aplicación donde se requiera la máxima reducción o eliminación de partículas submicrométricas.

Los filtros HEPA mantienen la eficiencia durante una vida útil de dos a cinco años, dependiendo de las condiciones de operación. Tal como se especifica por HDT, son 99,97% eficaz por recuento de partículas, a un promedio de 0,3 micras (incluyendo bacterias, hongos y otros microorganismos biológicos oportunistas), que es $1 / 75.000$ ° de una pulgada o $1/300$ ° el diámetro de un cabello humano. Se vuelven aún más efectivos por debajo del tamaño de partícula de 0.3 micrones debido a la disminución de la velocidad de la cara de la partícula que se estrella contra la superficie del material del filtro.

Todos los filtros HDT HEPA se prueban a prueba de fugas de acuerdo con los estándares industriales y militares. Este es el método más confiable para desafiar un sistema de filtro HEPA contra un aerosol. Mide y compara la concentración aguas abajo con la concentración aguas arriba del aerosol para determinar la penetración del sistema. Debe ser <0.03%.

M93 GPFU

La unidad de filtro de partículas de gas M93 de HDT (GPFU) está diseñada para eliminar agentes de guerra químicos y biológicos tóxicos en forma gaseosa (vapor) y aerosol (partículas) de la corriente de aire, al tiempo que proporciona un ambiente libre de tóxicos para el personal o el equipo al crear presión positiva en el Área libre de tóxicos (TFA).

- El M93 es una unidad de filtro de 100 CFM ($170 \text{ m}^3 / \text{h}$) y es la unidad de filtro más pequeña y ligera de la familia de productos de unidades de filtro HDT
- Diseñado para proteger vehículos y refugios con requisitos mínimos de tamaño, peso y potencia, el M93 se monta directamente en una pared exterior del refugio
- El M93 utiliza el recipiente del filtro M48A1 de HDT, que contiene gas y elementos particulados. El cartucho del filtro utiliza carbón ASZM-TEDA y un medio particulado de microfibra de vidrio (según MIL-F-51079) con una eficiencia de partículas del 99.97% a 0.3 micras.
- La electrónica integrada permite la operación de velocidad variable desde varios tipos de potencia sin convertidores adicionales
- El M93 requiere solo un módulo de control compacto

- Los vehículos o refugios móviles que requieren protección colectiva de presión positiva es otra opción para la utilización de M93

Las características incluyen:

- Flujo de aire de 100 CFM (170 m³ / h)
- Recipiente autocontenido
- Medios de carbono ASZM-TEDA
- Módulo de control del sistema



Figura 18. M93 GPFU

AIR 390 CASTELLEX

Sistema completo de filtración de aire NBC con todos los filtros preinstalados.

Diseñado para proveer aire fresco en cuartos de pánico, refugios de bomba, refugios nucleares y ambientes domésticos y comerciales expuestos a una fuerte contaminación, el sistema de soporte vital Air 390 de Castellex está equipado con un filtro con calificación H14 HEPA, un pre-filtro de calificación F9 y un filtro de carbón.

El sistema de soporte de vida Air 390 de Castellex está diseñado para proveer una solución completa de filtración en caso de un ataque nuclear, biológico o químico (NBC, por sus siglas en inglés).

Su sistema de filtración de tres etapas garantiza un 99,99% de eficiencia en la filtración de partículas de hasta 0,3 micrones (micrómetros), que son capturados y depositados en una unidad sellada herméticamente hasta que puedan ser desechados.

Este sistema NBC incorpora dos válvulas de presión para una protección óptima (123psi) contra cambios bruscos en la presión del aire, generalmente causados por explosiones. El mecanismo de seguridad doble de potencia asegura que el equipo continúe operando, aunque hayan fallado tanto la fuente principal de energía como la batería: un tercer soporte manual de potencia asegura que el sistema continúe filtrando y proveyendo hasta 150 m³/h de aire fresco hasta a 24 personas en un cuarto de pánico. Dos cargadores USB están incluidos en el sistema para mantener los sistemas de

comunicación cargados, tales como teléfonos inteligentes. Esta unidad de filtro nuclear, biológico y químico tiene una respetable capacidad de poder de 100 W, que son consumidos vía el cable de poder incluido de 110-240 V AC, batería de carga pesada o fuente de electricidad de apoyo. El ruido operacional llega hasta 73 dBA, todo gracias al aislamiento de sonido. El Air 390 de Castellex es un sistema de presión positiva: eleva ligeramente la presión del aire en el cuarto protegido para evitar que agentes dañinos entren desde el exterior. Y su diseño de seguridad significa que un segundo ventilador entrará en escena si el primero llegara a fallar. Este sistema de filtración de aire para búnkeres bajo tierra también puede ser instalado en carros, yates, camiones y otras propiedades móviles. Se puede instalar en un bote con el riesgo de entrar en aguas no protegidas, zonas de guerra, o lugares de mucha contaminación. Y también puede ser instalado en vehículos armados, o vehículos en riesgo que necesitan operar en ambientes inhóspitos. Adicionalmente, el sistema NBC Air 390 de Castellex se puede instalar hogares, así como en espacios de uso comercial o civil, en los que personas vulnerables están necesitando protección de niveles elevados de gases de escape y otras formas comunes de polución. Se incluyen tres filtros – un pre-filtro, un filtro de carbón con impregnación especial, y un filtro HEPA. El filtro de carbón es capaz de limpiar todos los gases de guerra conocidos, además de compuestos de yodo radioactivo, gases orgánicos volátiles, gases ácidos y agentes biológicos. La unidad también está provista con dos sets de válvulas de presión, una válvula de sobrepresión para regular la presión del cuarto, una tubería NBC, una poderosa batería de soporte, una unidad de poder y un cable de electricidad. Disponible en blanco o negro. Fabricado en el Reino Unido con componentes de alta calidad. Diseño moderno y atractivo.

Características: sistema de filtración colectiva diseñada para habitaciones de pánico de hasta 24* personas. El sistema ofrece 150 m3/h de aire fresco. Protección de alta presión (123 PSI). Sistema manual de respaldo de energía si la batería se descarga o hay alguna falla. “Air 350 de Castellex le protege de todos los gases de guerra conocidos además de armas biológicas/contaminación, contaminación radioactiva, yodo radioactivo y compuestos orgánicos yodados, gases ácidos, compuestos orgánicos volátiles (VOC, por sus siglas en inglés) y más”.

Flujo de aire	hasta 150 m3/h
Consumo de electricidad	100W
Suministro de electricidad	110-240 VAC
Frecuencia	50-60 Hz
Filtro HEPA	H14
Pre-filtro	F9
Eficiencia del sistema	99.99%
Nivel de ruido dB A	hasta 73

Color de diseño

blanco o negro

Incluye:

Unidad Air 390 de Castellex. Pre-filtro. Filtro HEPA. Filtro de Carbón 2 x Válvulas de presión. Válvula de sobrepresión. 2 x Sets para reparar válvulas de presión. Poderosas baterías de soporte. 2 x Cargadores USB. Tubería NBC de 6 metros. Cable de electricidad.



Figura 19. Air 390 Castellex

AFU 180

El sistema de protección NBQ portátil, AFU 180, ha sido especialmente desarrollado para aplicaciones móviles para protección contra amenazas nucleares, químicas o biológicas por agentes de guerra o virus.

Ventajas

Certificado:

El sistema de protección portátil Dräger NBQ AFU180 ha sido certificado de acuerdo con el requisito de la OTAN AEP54. Además los filtros han sido diseñados según las exigencias del Ejército Alemán (Bundeswehr TL).

Monitorización de presión integrada:

Con las puertas cerradas, el sistema de protección NBQ genera una presión. Esto impide que el aire contaminado entre en el interior.

Más aplicaciones:

El sistema de protección Dräger NBQ se puede utilizar también como sistema de evacuación. Por ejemplo, se puede utilizar para la descontaminación de pacientes.

Listo para funcionar inmediatamente:

Como sistema de presión o evacuación, el sistema de protección NBQ está listo para funcionar en pocos minutos. Purifica el aire fresco de contaminación y por tanto garantiza la seguridad de las personas en la tienda. Dräger AFU 180 ha sido certificado para un flujo de aire de 180 m³/h por cada caja de filtro.

Suministro seguro:

Para asegurar que el sistema de protección NBQ llegue de forma segura al usuario y se pueda almacenar adecuadamente en sus instalaciones, Dräger suministra todo el sistema en una caja de almacenamiento y transporte de aluminio.

Sistemas de aire acondicionado de última generación:

Los sistemas de aire acondicionado integrados, garantizan una temperatura constante de la tienda en cualquier entorno.



Figura 20. AFU 180

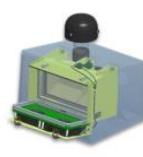
ARMY							
AFU 90 V CBRN		AFU 170 V NBC (or TEAR-GAS) (without prefiltration)		AFU 180 V CBRN (VBCI French Army)		RENOUVAIR (AFU without prefiltration)	
720x 355 x 440	740 x 355 x 440	524 x 373 x 546 Prefiltration: Customizable on demand		480 x 550 x 650		Config 1: 520 x 360 x 335 Config 2: 520 x 340 x 407	
33		21		38		23	
51	39	36	28	74	50	25	
90 m ³ /h		170 m ³ /h		180 m ³ /h		200 m ³ /h nominal	
28 VDC		28 VDC		28 VDC		28 VDC	
> 1020 Pa		1500 Pa nominal		1400 Pa		200 Pa nominal	
-21°C < T < +55°C		-33°C < T < +49°C		-19°C < T < +49°C		-33°C < T < +49°C	
Electrical Environment: GAM EG13, MIL STD 1275 B Mechanical and climatic environment: GAM EG 13 wheeled vehicles		Electrical Environment: GAM EG13, MIL STD 461 E Mechanical and climatic environment: GAM EG 13 and STANAG 4370		Electrical Environment: GAM EG13, MIL STD 461 E Mechanical and climatic environment: GAM EG 13		N/A	
CBRN	Particles	Tear-gas	Particles	Tear-gas	Particles	Particles	
FMM4NG 90 m ³ /h	FAP 90 m ³ /h	NBC (or LAC) 170 m ³ /h	FAP 170 m ³ /h	2 x FMM4NG 90 m ³ /h	2 x FAP 90 m ³ /h	G4 dim 486 x 253 24 + F7 dim 486 x 253 x 50	
AEP54		NATO Triptych AC/225 (panel VII) D/251 or AEP54 filter		Tested by French MOD laboratory		-	
4 x 4 6 x 6		4 x 4 8 x 8		4 x 4 8 x 8		6 x 6 8 x 8	
MENA		FRENCH ARMY AND EUROPE		FRENCH ARMY		FRENCH ARMY AND EUROPE	
							

Tabla 16. Sistemas AFU

HAPSITE ER

HAPSITE ER es el único dispositivo portátil de cromatografía de gases y espectrometría de masas (GC/MS) que solo requiere una formación mínima para obtener resultados cualitativos y cuantitativos con calidad de laboratorio en menos de 10 minutos. De hecho, lo único que tiene que hacer el operador es pulsar un botón para iniciar la identificación y cuantificación de compuestos orgánicos volátiles (VOC), sustancias químicas industriales tóxicas (TIC), materiales industriales tóxicos (TIM), agentes de guerra química (CWA) y compuestos orgánicos semivolátiles (SVOC) selectos.

HAPSITE ER puede identificar analitos en el rango de PPM (partes por millón) - PPT (partes por billón)... La columna de GC ofrece una resolución excelente y una cromatografía clara. Durante el método de cuantificación, en el panel delantero se muestran claramente los productos químicos presentes, su concentración e información sobre su grado de peligrosidad, de peligro para facilitar la toma de decisiones que afectan a la vida, la seguridad y la salud.

Maximice la potencia de HAPSITE ER con los siguientes accesorios:

- Sistema de muestreo del espacio libre HAPSITE
- Sistema de muestreo SituProbe
- Sistema de muestreo SPME
- Sistema de desorción térmica

CARACTERÍSTICAS

- Resultados de confirmación rápidos in situ, directamente comparables con los datos del dispositivo GC/MS del laboratorio.
- Su interfaz universal permite su ampliación con accesorios sin necesidad de cambiar el hardware de HAPSITE.
- Funcionamiento sencillo, incluso para personas con conocimientos básicos y una formación mínima.
- Confirmación visual de la correcta colocación de la sonda para una toma de muestras óptima.
- Indicadores claros y codificados por colores que señalan la identidad de la muestra y el nivel de peligro.
- Métodos preprogramados para obtener datos de calidad en minutos con pocas y sencillas pulsaciones de teclas.
- Pantalla gráfica y brillante para una mejor visualización del estado de los instrumentos, de los espectros y de los cromatogramas.
- El GPS integrado registra la ubicación exacta de la muestra para que los datos sean defendibles desde el punto de vista legal.



Figura 21. HAPSITE ER

RUGGED ENVI BIOSCOUT

ENVI BioScout™ proporciona una solución de detección de bioaerosol robusta y sensible que monitorea y advierte continuamente la presencia de partículas biológicas nocivas en el aire como agentes bacterianos, virales, rickettsiales y toxinas, y recolecta muestras de aire para análisis BWA adicionales en el momento de una alarma biológica. El detector de bioaerosol ENVI Bioscout está diseñado para funcionar como una parte integral de los sistemas de monitoreo CBRN EnviScreen fijos o móviles. Hay dos versiones diferentes de productos principales disponibles; ENVI BioScout diseñado especialmente para protección de infraestructura crítica y ENVI BioScout robusto para vehículos blindados QBRN y buques militares.

Detalles técnicos en:

<https://www.environics.fi/wp-content/uploads/2019/07/ENVI-BioScout-Rugged-3-in-1-Bioaerosol-Detector.pdf>

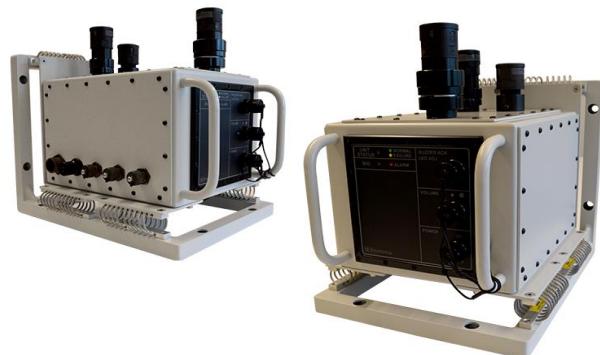


Figura 22. RUGGED ENVI BIOSCOUT

CHP-5

Desarrollado en cooperación y con el apoyo del Ejército Checo y sus unidades NBQ.

El explorador químico permite detectar la presencia de sustancias tóxicas, especialmente agentes de guerra química y sustancias tóxicas industriales, en el aire, en el terreno, objetos y equipos fuera de la carretera mediante tubos de detección.

Posibles usos:

- Reconocimiento a pie, alimentado por su propia fuente de alimentación de iones de litio.
- En un espacio confinado (vehículo, edificio ...), donde el CHP-5 funciona con una batería de iones de litio y se conecta a la atmósfera exterior a través de una manguera.
- Instalación fija (vehículo, edificio ...), donde el CHP-5 se alimenta de una fuente externa, fija y conectada a la atmósfera exterior a través de una manguera. Estará disponible al finalizar el desarrollo del kit de instalación, sin afectar su propio CHP-5.

Más información:

<https://www.oritest.cz/wp-content/uploads/2017/12/CHP-5-Eng-09.pdf>



Figura 23. CHP 5

CHEMPRODM

El ChemProDM es un módulo detector de químicos rápido y confiable para la detección de agentes de guerra química (CWA) y químicos industriales tóxicos (TIC) diseñado especialmente para soluciones navales y de vehículos. El detector químico

ChemProDM se puede utilizar para cualquier aplicación fija donde no se necesita la interfaz de usuario local y la batería recargable incorporada. El módulo detector se puede utilizar junto con la unidad de alarma remota ChemPro o un sistema informático externo. Con el módulo opcional de detección de radiación ChemPro (RDM) se pueden agregar capacidades de detección de rayos gamma y rayos X.

Más información en:

<https://www.environics.fi/wp-content/uploads/2019/07/ChemProDM-Chemical-Detector-for-Mobile-Solutions.pdf>



Figura 24. CHEMPRODM

ALPHATEC 66-320

Protección contra salpicaduras de entrada completa para todo el cuerpo para uso de los equipos de emergencia de respaldo y en la industria, donde no se requiere un traje a prueba de gas, pero aún se necesita una buena protección.

- Protección contra salpicaduras de cuerpo completo con entrada trasera
- Disponible con perneras dobles abiertas o calcetines cosidos
- Hecho de un tejido fuerte, suave y flexible, que garantiza la comodidad del usuario
- El material del traje es antiestático
- Proporciona una buena protección contra álcalis y ácidos.
- Ofrece protección contra agentes infecciosos.
- Certificado según EN 14605: 2005, tipo 3 (a prueba de líquidos)

DISEÑO

Traje no encapsulante de entrada trasera, capucha con sello facial.

Modelo 151-G09: piernas dobles abiertas, anillos de bayoneta, guantes AlphaTec® (Scorpio) # 08-354

Modelo 156-G09: calcetines cosidos, anillos de bayoneta, guantes AlphaTec® (Scorpio) # 08-354

MATERIAL DE PRENDAS

Tejido de poliamida resistente y flexible, con una sola capa de PVC.

Peso del material: 430 g / m2.

El PVC es adecuado para la protección contra productos químicos alcalinos en todas las concentraciones, como el hidróxido de sodio y el amoníaco, y contra los ácidos de concentración baja a media, como el ácido clorhídrico.

COSTURAS

Doble soldadura.

NORMAS

- EN 14605: 2005 + A1: 2009, tipo 3 (hermético)
- EN 14126: 2003 (protección de agentes infecciosos)
- EN 1149-5: 2008 (material de traje antiestático)



Figura 25. ALPHATEC 66-320

ALPHATEC ACT

Un traje táctico diseñado para una comodidad y maniobrabilidad óptimas, al mismo tiempo que ofrece protección contra agentes de guerra y productos químicos industriales tóxicos. Destinado a la aplicación de la ley y los equipos militares, HAZMAT y SWAT, búsqueda y rescate y descontaminación.

- Traje de uso limitado para protección de primera respuesta contra agentes de guerra químicos y biológicos y productos químicos industriales tóxicos
- Diseñado para una comodidad y maniobrabilidad óptimas.
- El traje está hecho de un material de bajo ruido en color oscuro para permitir operaciones furtivas
- Las características de diseño incluyen un sello de máscara en forma 3D y hombros acolchados para una ergonomía y seguridad óptimas
- Certificado por la NFPA 1994: 2018, clase 2

DISEÑO

AlphaTec® ACT es un traje de Nivel B / no encapsulante / tipo T para usar con un SCBA* usado fuera del traje.

*Consulte el certificado NFPA 1994 para obtener información sobre los SCBA aprobados.

MATERIAL DE PRENDAS

Una base textil combinada con tecnología de fluoropolímero proporciona un material protector ligero, flexible y altamente químico. El tejido exterior brinda una sensación cómoda y un bajo nivel de ruido para el usuario.

COSTURAS

Las costuras están cosidas con un hilo de aramida para mayor resistencia y durabilidad. El interior está sellado con una cinta de barrera soldada para crear una barrera continua a través de la costura, dando las mismas propiedades químicas que el material de la prenda.

PESO

Aproximadamente 2.5 kg (5.5 lbs).

NORMAS

- NFPA 1994: 2012, clase 2



Figura 26. ALPHATEC ACT

ALPHATEC LIGHT

Traje básico a prueba de gas reutilizable especialmente diseñado para la industria del transporte marítimo. Hecho de un material suave y duradero. Certificado según EN 943-1 y SOLAS.

- Traje sin encapsular de entrada trasera, especialmente diseñado para la industria naviera.
- Apto para trabajar en espacios reducidos
- Hecho de un material fuerte pero suave y duradero
- Ideal contra álcalis y ácidos de baja concentración.
- Destinado a ambientes de bajo riesgo
- Certificado según EN 943-1: 2015
- Aprobado por SOLAS

DISEÑO

Diseño de entrada trasera, sin encapsulación, tipo TR (con sellado facial y sin joroba, BA usado fuera del traje).

MATERIAL DE PRENDAS

Tejido de poliéster resistente y flexible recubierto en cada lado con PVC. Esta construcción proporciona un material suave y duradero con buena resistencia a una amplia gama de productos químicos industriales.

COSTURAS*

Doble soldadura.

NORMAS

- EN 943-1: 2015 y EN 943-1 / A1: 2019
- EN 14126: 2003 (protección de agentes infecciosos)
- EN 1149-5: 2008 (material de traje antiestático)
- SOLAS

* Las costuras no brindan protección contra el amoníaco.



Figura 27. ALPHATEC LIGHT

2) Entrevista semiestructurada

A continuación, se muestran las preguntas principales en base a las cuales se desarrollaron las entrevistas, sin embargo en el transcurso de las conversaciones surgieron preguntas espontáneas que no se recogen aquí pero que igualmente se anotaron y sirvieron como datos para el proyecto:

- ¿Cuál considera que es el grado de preparación actual de las unidades mecanizadas en ambientes NBQR?
- ¿Cree que el sistema de defensa NBQR del VCI Pizarro es efectivo ante situaciones reales con agentes NBQR?
- ¿Considera necesaria alguna modificación del sistema de defensa NBQR del VCI Pizarro?
- ¿Cree que el sistema de defensa NBQR del TOA es efectivo ante situaciones reales con agentes NBQR?
- ¿Considera necesaria alguna modificación del sistema de defensa NBQR del que dispone el TOA?
- ¿Cree que el EPI es efectivo ante situaciones reales con agentes NBQR? ¿Protege realmente al combatiente?
- ¿Es el EPI adecuado para combatir en zonas contaminadas o simplemente para sobrevivir?
- ¿Qué tipo de especificaciones o características técnicas considera más vitales en un detector NBQR?
- ¿Qué tipo de especificaciones o características técnicas considera más vitales en un sistema de protección contra agentes NBQR?
- ¿Qué tipo de especificaciones o características técnicas considera más vitales en un EPI contra agentes NBQR?
- ¿Observa algún tipo de carencia en el proceso de descontaminación NBQR de vehículos?
- ¿Considera necesaria alguna modificación o mejora a implementar en el proceso de descontaminación NBQR de vehículos?
- ¿Qué requisitos considera imprescindibles que debería incluir el sistema de defensa NBQR del nuevo 8x8 'Dragón'?

3) Cuestionarios

ENCUESTA DE VALORACIÓN DE CRITERIOS SOBRE EQUIPO DE NBQ

Se va a realizar esta encuesta con el fin de averiguar cuáles son los criterios/características más importantes a la hora de valorar la calidad del material NBQ.

Escriba por orden de importancia las características más necesarias o importantes que cree usted que debe poseer los distintos componentes en cada caso.

DATOS PERSONALES	
NOMBRE COMPLETO	
EMPLEO	
DESTINO	
EXPERIENCIA EN UNIDADES NBQ	SI / NO

SISTEMA PROTECCIÓN NBQ (PENSADO PARA INCORPORAR EN EL VCI PIZARRO)	
1	
2	
3	
4	

Por ejemplo: ligereza, resistencia mecánica (a los golpes/caídas), protección contra más agentes NBQ, duración del cartucho filtrante NBQ, fecha de caducidad, facilidad de montaje...

DETECTOR NBQ (PENSADO PARA INCORPORAR EN EL PROPIO VCI PIZARRO)	
1	
2	
3	
4	

Por ejemplo: fiabilidad de señal de positivos, ligereza, detección de amplia gama de agentes NBQ, duración de batería, capacidad de detección sin bajar del vehículo, fácil mantenimiento, resistencia mecánica (a golpes), especificación/identificación del agente detectado, radio de detección...

EPI (EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL)	
1	
2	
3	
4	

Por ejemplo: facilidad de poner/quitar, EPI personalizado (que el EPI pueda contener diferentes tallas para las prendas que lo componen: guantes M, pantalones G, chaqueta P...), EPI tipo mono de trabajo, resistencia de los materiales, ligereza, comodidad, máscara que permita buena transmisión de la voz/comunicación, reutilizable...

ENCUESTA DE VALORACIÓN DE RESPUESTAS DEL PRIMER CUESTIONARIO

Escriba la valoración según la escala que a continuación se indica, del grado de importancia que cree usted que tiene cada criterio o característica de los diferentes componentes del material NBQR.

Escala de valoración	
0 – 2	Nula/escasa importancia
2 – 4	Grado bajo de importancia
4 – 6	Importancia moderada
6 – 8	Grado alto de importancia
8 - 10	Extrema importancia

SISTEMA PROTECCIÓN NBQ (PENSADO PARA INCORPORAR EN EL VCI PIZARRO)	
Criterios/características	Valoración
DURACIÓN CARTUCHO FILTRANTE	
FACILIDAD DE MONTAJE	
FECHA CADUCIDAD	
LIGEREZA	
PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	
RESISTENCIA MECÁNICA	
TAMAÑO	

DETECTOR NBQ (PENSADO PARA INCORPORAR EN EL PROPIO VCI PIZARRO)	
Criterios/características	Valoración
CAPACIDAD DE DETECCIÓN SIN BAJAR VEHÍCULO	
DETECCIÓN DE AMPLIA GAMA AGENTES NBQ	

DURACIÓN BATERÍA	
ESPECIFICACIÓN/IDENTIFICACIÓN AGENTE	
FÁCIL MANTENIMIENTO	
FIABILIDAD SEÑAL DE POSITIVOS	
LIGEREZA	
RADIO DE DETECCIÓN	
TAMAÑO	

EPI (EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL)	
Criterios/características	Valoración
BUENA TRANSMISIÓN DE LA VOZ	
COMODIDAD	
EPI PERSONALIZADO	
EPI TIPO MONO DE TRABAJO	
FACILIDAD DE PONER/QUITAR	
RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	
LIGEREZA	
REUTILIZABLE	

4) AHP

SISTEMAS DE PROTECCIÓN NBQ

En cuanto a los sistemas de protección NBQ seleccionados como posibles mejoras o alternativas al sistema NBQ actual del VCI Pizarro con vistas a incrementar la eficacia de la *protección NBQ* en el vehículo, hemos escogido 4 de ellos para aplicar el método AHP:

	TIEMPO RENOVACIÓN DEL AIRE HABITÁCULO	FACILID AD DE MONTAJE	PROTECCI ÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	LIGEREZA
FFA 400-426	1,78 min	6	3	68 kg
M93 GPFU	7,12 min	8	3	27,66 kg
AIR 390 CASTELLEX	8,07 min	9	3	120 kg
AFU-180	6,72 min	9	3	74 kg
AFU 90 V CBRN	13,45 min	8	3	51 kg
AFU 170 V NBC	7,12 min	9	3	36 kg
RENOUV AIR	6,05 min	9	3	25 kg

ESCALAS DE VALORACIÓN:

Facilidad de montaje: 1 (escasa facilidad) – 10 (muy fácil)

Protección contra más agentes NBQ: 1 (agentes químicos), 2 (agentes químicos y biológicos) y 3 (agentes químicos, biológicos y partículas radiactivas)

DETECTORES NBQ

En cuanto a los detectores NBQ seleccionados como posibles incorporaciones para el VCI Pizarro o TOA, con vistas a incrementar la eficacia de la *deteción NBQ* en dichos vehículos, hemos escogido 4 de ellos para aplicar el método AHP:

	CAPACID AD DETECCIÓN SIN BAJAR VEHÍCULO	DETECCI ÓN DE AMPLIA GAMA DE AGENTES NBQ	FIABILID AD SEÑAL POSITIVOS	DURACIÓ N DE BATERÍA
HAPSITE ER	5	2	3	1
RUGGED ENVI BIOSCOUT	10	1	3	10
CHP-5	10	1	3	10
CHEMPRO DM	10	2	3	10

ESCALAS DE VALORACIÓN:

Capacidad de detección sin bajar del vehículo: 0 (no), 5 (habría que adaptar algún instrumento) y 10 (si, ideado desde el principio para su uso en vehículos)

Detección de amplia gama de agentes NBQ: 1 (contra 1 solo tipo de agentes NBQ) – 3 (contra todo tipo de agentes NBQ)

Fiabilidad de señal de positivos: 1 (escasa) – 3 (alta)

Duración de batería: 1 (2 a 3 horas), 2 (3 a 4 horas), 3 (4 a 5 horas)... – 10 (si obtiene la energía del vehículo)

EPIS

En cuanto a los EPI,s seleccionados como posibles alternativas para adquirir, con vistas a incrementar la eficacia de la *protección NBQ* del personal tanto del TOA como del VCI Pizarro, hemos escogido 4 de ellos para aplicar el método AHP:

	FACILIDAD DE QUITAR/PONER	RESISTEN CIA DE LOS MATERIALES	PROTECCI ÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	COMODID AD
ALPHAT EC 66-320	8	8	1	9
ALPHAT EC ACT	8	10	2	9
ALPHAT EC LIGHT TR	8	9	1	9

ESCALAS DE VALORACIÓN:

Facilidad de quitar poner: 1 (muy difícil) – 10 (muy fácil)

Resistencia de los materiales: 1 (materiales muy débiles) – 10 (muy resistente)

Protección contra más agentes NBQ: 1 (agentes químicos), 2 (agentes químicos y biológicos) y 3 (agentes químicos, biológicos y partículas radiactivas)

Comodidad: 1 (muy incómodo) – 10 (muy cómodo)

5) AHP Excel

En el AHP las comparaciones de las n alternativas forman una matriz A , cuadrada y de orden n , donde a_{ij} representa la preferencia de la alternativa i con respecto a la alternativa j y, debido a que la matriz que se forma es una matriz recíproca, la preferencia de j sobre i es definida como:

$$a_{ij} = 1/a_{ji}$$

El objetivo es obtener, a partir de la matriz de comparaciones A , un vector de pesos o preferencias relativas:

$$w = (w_1, \dots, w_n)^T$$

también llamado vector de prioridades [20].

La escala de valoración que se ha usado para comparar unas alternativas/criterios con otros, es la Escala Fundamental de comparación de pares de Saaty.

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio o alternativa A es igual de importante que el criterio o alternativa B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio o alternativa A sobre B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio o alternativa A sobre B
7	Importancia muy grande	El criterio o alternativa A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La importancia del criterio o alternativa A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6,8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	
Recíprocos de los anteriores	Si el atributo o la alternativa A es de importancia grande frente al criterio o alternativa B, las nociones serán las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Criterio o alternativa A frente a criterio o alternativa B: 5/1 • Criterio o alternativa B frente a criterio o alternativa A: 1/5 	

Tabla 17. Escala fundamental de comparación de pares (Saaty, 1980)

CRITERIOS SISTEMA PROTECCIÓN NBQ

MATRIZ CRITERIOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN NBQ				
	TIEMPO RENOVACIÓN AIRE HABITÁCULO	FACILIDAD DE MONTAJE	PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	LIGEREZA
TIEMPO RENOVACIÓN AIRE HABITÁCULO	1,0000	3,0000	5,0000	7,0000
FACILIDAD DE MONTAJE	0,3333	1,0000	3,0000	5,0000
PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	0,2000	0,3333	1,0000	3,0000
LIGEREZA	0,1429	0,2000	0,3333	1,0000
SUMA	1,6762	4,5333	9,3333	16,0000

MATRIZ CRITERIOS FILTRO NBQ NORMALIZADA					PONDERACIÓN
TIEMPO RENOVACIÓN AIRE HABITÁCULO	0,5966	0,6618	0,5357	0,4375	0,5579
FACILIDAD DE MONTAJE	0,1989	0,2206	0,3214	0,3125	0,2633
PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	0,1193	0,0735	0,1071	0,1875	0,1219
LIGEREZA	0,0852	0,0441	0,0357	0,0625	0,0569
SUMA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

CRITERIO: TIEMPO RENOVACIÓN AIRE HABITÁCULO							
	FFA400-426	M93 GPFU	AIR 390 CASTELLEX	AFU 90 V CBRN	AFU 170 V NBC	AFU 180	RENOUVAIR
FFA400-426	1,0000	5,0000	7,0000	9,0000	5,0000	4,0000	3,0000
M93 GPFU	0,2000	1,0000	3,0000	7,0000	1,0000	0,5000	0,5000
AIR 390 CASTELLEX	0,1429	0,3333	1,0000	5,0000	0,3333	0,3333	0,2000
AFU 90 V CBRN	0,1111	0,1429	0,2000	1,0000	0,1429	0,2000	0,1429
AFU 170 V NBC	0,2000	1,0000	3,0000	7,0000	1,0000	0,5000	0,3333
AFU 180	0,2500	2,0000	3,0000	5,0000	2,0000	1,0000	0,5000
RENOUVAIR	0,3333	3,0000	5,0000	7,0000	3,0000	2,0000	1,0000
SUMA	2,2373	12,4762	22,2000	41,0000	12,4762	8,5333	5,6762

MATRIZ CRITERIO TIEMPO RENOVACIÓN AIRE HABITÁCULO NORMALIZADA								PONDERACIÓN
FFA400-426	0,4470	0,4008	0,3153	0,2195	0,4008	0,4688	0,5285	0,3972
M93 GPFU	0,0894	0,0802	0,1351	0,1707	0,0802	0,0586	0,0881	0,1003
AIR 390 CASTELLEX	0,0639	0,0267	0,0450	0,1220	0,0267	0,0391	0,0352	0,0512
AFU 90 V CBRN	0,0497	0,0115	0,0090	0,0244	0,0115	0,0234	0,0252	0,0221
AFU 170 V NBC	0,0894	0,0802	0,1351	0,1707	0,0802	0,0586	0,0587	0,0961
AFU 180	0,1117	0,1603	0,1351	0,1220	0,1603	0,1172	0,0881	0,1278
RENOUVAIR	0,1490	0,2405	0,2252	0,1707	0,2405	0,2344	0,1762	0,2052

CRITERIO: FACILIDAD DE MONTAJE							
	FFA400-426	M93 GPFU	AIR 390 CASTELLEX	AFU 90 V CBRN	AFU 170 V NBC	AFU 180	RENOUVAIR
FFA400-426	1,0000	0,3333	0,2000	0,3333	0,2000	0,2000	0,2000
M93 GPFU	3,0000	1,0000	0,3333	1,0000	0,3333	0,3333	0,3333
AIR 390 CASTELLEX	5,0000	3,0000	1,0000	3,0000	1,0000	1,0000	1,0000
AFU 90 V CBRN	3,0000	1,0000	0,3333	1,0000	0,3333	0,3333	0,3333
AFU 170 V NBC	5,0000	3,0000	1,0000	3,0000	1,0000	1,0000	1,0000
AFU 180	5,0000	3,0000	1,0000	3,0000	1,0000	1,0000	1,0000
RENOUVAIR	5,0000	3,0000	1,0000	3,0000	1,0000	1,0000	1,0000
SUMA	27,0000	14,3333	4,8667	14,3333	4,8667	4,8667	4,8667

MATRIZ CRITERIO FACILIDAD DE MONTAJE NORMALIZADA							PONDERACIÓN
FFA400-426	0,0370	0,0233	0,0411	0,0233	0,0411	0,0411	0,0354
M93 GPFU	0,1111	0,0698	0,0685	0,0698	0,0685	0,0685	0,0749
AIR 390 CASTELLEX	0,1852	0,2093	0,2055	0,2093	0,2055	0,2055	0,2037
AFU 90 V CBRN	0,1111	0,0698	0,0685	0,0698	0,0685	0,0685	0,0749
AFU 170 V NBC	0,1852	0,2093	0,2055	0,2093	0,2055	0,2055	0,2037
AFU 180	0,1852	0,2093	0,2055	0,2093	0,2055	0,2055	0,2037
RENOUVAIR	0,1852	0,2093	0,2055	0,2093	0,2055	0,2055	0,2037

CRITERIO: PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ							
	FFA400-426	M93 GPFU	AIR 390 CASTELLEX	AFU 90 V CBRN	AFU 170 V NBC	AFU 180	RENOUVAIR
FFA400-426	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
M93 GPFU	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
AIR 390 CASTELLEX	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
AFU 90 V CBRN	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
AFU 170 V NBC	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
AFU 180	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
RENOUVAIR	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
SUMA	7,0000	7,0000	7,0000	7,0000	7,0000	7,0000	7,0000

MATRIZ CRITERIO PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ NORMALIZADA								PONDERACIÓN
FFA400-426	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429
M93 GPFU	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429
AIR 390 CASTELLEX	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429
AFU 90 V CBRN	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429
AFU 170 V NBC	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429
AFU 180	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429
RENOUVAIR	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429

CRITERIO: LIGEREZA							
	FFA400-426	M93 GPFU	AIR 390 CASTELLEX	AFU 90 V CBRN	AFU 170 V NBC	AFU 180	RENOUVAIR
FFA400-426	1,0000	0,2500	5,0000	0,3333	0,2000	2,0000	0,1429
M93 GPFU	4,0000	1,0000	9,0000	4,0000	3,0000	7,0000	7,0000
AIR 390 CASTELLEX	0,2000	0,1111	1,0000	0,1667	0,1250	0,2000	0,1111
AFU 90 V CBRN	3,0000	0,2500	6,0000	1,0000	0,3333	3,0000	0,1667
AFU 170 V NBC	5,0000	0,3333	8,0000	3,0000	1,0000	5,0000	0,2000
AFU 180	0,5000	0,1429	5,0000	0,3333	0,2000	1,0000	0,1250
RENOUVAIR	7,0000	2,0000	9,0000	6,0000	5,0000	8,0000	1,0000
SUMA	20,7000	4,0873	43,0000	14,8333	9,8583	26,2000	8,7456

MATRIZ CRITERIO LIGEREZA NORMALIZADA								PONDERACIÓN
FFA400-426	0,0483	0,0612	0,1163	0,0225	0,0203	0,0763	0,0163	0,0516
M93 GPFU	0,1932	0,2447	0,2093	0,2697	0,3043	0,2672	0,8004	0,3270
AIR 390 CASTELLEX	0,0097	0,0272	0,0233	0,0112	0,0127	0,0076	0,0127	0,0149
AFU 90 V CBRN	0,1449	0,0612	0,1395	0,0674	0,0338	0,1145	0,0191	0,0829
AFU 170 V NBC	0,2415	0,0816	0,1860	0,2022	0,1014	0,1908	0,0229	0,1466
AFU 180	0,0242	0,0350	0,1163	0,0225	0,0203	0,0382	0,0143	0,0387
RENOUVAIR	0,3382	0,4893	0,2093	0,4045	0,5072	0,3053	0,1143	0,3383

CRITERIOS DETECTOR NBQ

MATRIZ CRITERIOS DETECTOR NBQ				
	CAPACIDAD DE DETECCIÓN SIN BAJAR DEL VEHÍCULO	DETECCIÓN DE AMPLIA GAMA DE AGENTES NBQ	FIABILIDAD SEÑAL DE POSITIVOS	DURACIÓN DE BATERÍA
CAPACIDAD DE DETECCIÓN SIN BAJAR DEL VEHÍCULO	1,0000	3,0000	5,0000	9,0000
DETECCIÓN DE AMPLIA GAMA DE AGENTES NBQ	0,3333	1,0000	3,0000	7,0000
FIABILIDAD SEÑAL DE POSITIVOS	0,2000	0,3333	1,0000	5,0000
DURACIÓN DE BATERÍA	0,1111	0,1429	0,2000	1,0000
SUMA	1,6444	4,4762	9,2000	22,0000

MATRIZ NORMALIZADA					PONDERACIÓN
CAPACIDAD DE DETECCIÓN SIN BAJAR DEL VEHÍCULO	0,6081	0,6702	0,5435	0,4091	0,5577
DETECCIÓN DE AMPLIA GAMA DE AGENTES NBQ	0,2027	0,2234	0,3261	0,3182	0,2676
FIABILIDAD SEÑAL DE POSITIVOS	0,1216	0,0745	0,1087	0,2273	0,1330
DURACIÓN DE BATERÍA	0,0676	0,0319	0,0217	0,0455	0,0417
SUMA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

CRITERIO: CAPACIDAD DE DETECCIÓN SIN BAJAR DEL VEHÍCULO				
	HAPSITE ER	RUGGED ENVI BIOSCOUT	CHP - 5	CHEMPRODM
HAPSITE ER	1,0000	0,2000	0,2000	0,2000
RUGGED ENVI BIOSCOUT	5,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CHP - 5	5,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CHEMPRODM	5,0000	1,0000	1,0000	1,0000
SUMA	16,0000	3,2000	3,2000	3,2000

MATRIZ CRITERIO DETECCIÓN SIN BAJAR DEL VEHÍCULO NORMALIZADA					PONDERACIÓN
	HAPSITE ER	RUGGED ENVI BIOSCOUT	CHP - 5	CHEMPRODM	
HAPSITE ER	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625
RUGGED ENVI BIOSCOUT	0,3125	0,3125	0,3125	0,3125	0,3125
CHP - 5	0,3125	0,3125	0,3125	0,3125	0,3125
CHEMPRODM	0,3125	0,3125	0,3125	0,3125	0,3125

CRITERIO: DETECCIÓN DE AMPLIA GAMA DE AGENTES NBQ				
	HAPSITE ER	RUGGED ENVI BIOSCOUT	CHP - 5	CHEMPRODM
HAPSITE ER	1,0000	5,0000	5,0000	1,0000
RUGGED ENVI BIOSCOUT	0,2000	1,0000	1,0000	0,2000
CHP - 5	0,2000	1,0000	1,0000	0,2000
CHEMPRODM	1,0000	5,0000	5,0000	1,0000
SUMA	2,4000	12,0000	12,0000	2,4000

MATRIZ CRITERIO DETECCIÓN AMPLIA GAMA DE AGENTES NBQ NORMALIZADA					PONDERACIÓN
	HAPSITE ER	RUGGED ENVI BIOSCOUT	CHP - 5	CHEMPRODM	
HAPSITE ER	0,4167	0,4167	0,4167	0,4167	0,4167
RUGGED ENVI BIOSCOUT	0,0833	0,0833	0,0833	0,0833	0,0833
CHP - 5	0,0833	0,0833	0,0833	0,0833	0,0833
CHEMPRODM	0,4167	0,4167	0,4167	0,4167	0,4167

CRITERIO: FIABILIDAD SEÑAL DE POSITIVOS				
	HAPSITE ER	RUGGED ENVI BIOSCOUT	CHP - 5	CHEMPRODM
HAPSITE ER	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
RUGGED ENVI BIOSCOUT	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CHP - 5	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CHEMPRODM	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
SUMA	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000

MATRIZ CRITERIO FIABILIDAD SEÑAL DE POSITIVOS NORMALIZADA					PONDERACIÓN
HAPSITE ER	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
RUGGED ENVI BIOSCOUT	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
CHP - 5	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
CHEMPRODM	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500

CRITERIO: DURACIÓN DE BATERÍA				
	HAPSITE ER	RUGGED ENVI BIOSCOUT	CHP - 5	CHEMPRODM
HAPSITE ER	1,0000	0,1111	0,1111	0,1111
RUGGED ENVI BIOSCOUT	9,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CHP - 5	9,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CHEMPRODM	9,0000	1,0000	1,0000	1,0000
SUMA	28,0000	3,1111	3,1111	3,1111

MATRIZ CRITERIO DURACIÓN DE BATERÍA NORMALIZADA					PONDERACIÓN
HAPSITE ER	0,0357	0,0357	0,0357	0,0357	0,0357
RUGGED ENVI BIOSCOUT	0,3214	0,3214	0,3214	0,3214	0,3214
CHP - 5	0,3214	0,3214	0,3214	0,3214	0,3214
CHEMPRODM	0,3214	0,3214	0,3214	0,3214	0,3214

CRITERIOS EPI

MATRIZ CRITERIOS EPI				
	PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	FACILIDAD DE QUITAR/PONER	COMODIDAD
PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	1,0000	3,0000	7,0000	7,0000
RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	0,3333	1,0000	5,0000	5,0000
FACILIDAD DE QUITAR/PONER	0,1429	0,2000	1,0000	3,0000
COMODIDAD	0,1429	0,2000	0,3333	1,0000
SUMA	1,6190	4,4000	13,3333	16,0000

MATRIZ NORMALIZADA					PONDERACIÓN
PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ	0,6176	0,6818	0,5250	0,4375	0,5655
RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	0,2059	0,2273	0,3750	0,3125	0,2802
FACILIDAD DE QUITAR/PONER	0,0882	0,0455	0,0750	0,1875	0,0990
COMODIDAD	0,0882	0,0455	0,0250	0,0625	0,0553
SUMA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

CRITERIO: PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ			
	ALPHATEC 66 - 320	ALPHATEC ACT	ALPHATEC LIGHT TR
ALPHATEC 66 - 320	1,0000	0,2000	1,0000
ALPHATEC ACT	5,0000	1,0000	5,0000
ALPHATEC LIGHT TR	1,0000	0,2000	1,0000
SUMA	7,0000	1,4000	7,0000

MATRIZ CRITERIO PROTECCIÓN CONTRA MÁS AGENTES NBQ NORMALIZADA				PONDERACIÓN
ALPHATEC 66 - 320	0,142857143	0,142857143	0,142857143	0,1429
ALPHATEC ACT	0,714285714	0,714285714	0,714285714	0,7143
ALPHATEC LIGHT TR	0,142857143	0,142857143	0,142857143	0,1429

CRITERIO: RESISTENCIA DE LOS MATERIALES			
	ALPHATEC 66 - 320	ALPHATEC ACT	ALPHATEC LIGHT TR
ALPHATEC 66 - 320	1,0000	0,2000	0,3333
ALPHATEC ACT	5,0000	1,0000	3,0000
ALPHATEC LIGHT TR	3,0000	0,3333	1,0000
SUMA	9,0000	1,5333	4,3333

MATRIZ CRITERIO RESISTENCIA DE LOS MATERIALES NORMALIZADA				PONDERACIÓN
ALPHATEC 66 - 320	0,111111111	0,130434783	0,076923077	0,1062
ALPHATEC ACT	0,555555556	0,652173913	0,692307692	0,6333
ALPHATEC LIGHT TR	0,333333333	0,217391304	0,230769231	0,2605

CRITERIO: FACILIDAD DE QUITAR/PONER			
	ALPHATEC 66 - 320	ALPHATEC ACT	ALPHATEC LIGHT TR
ALPHATEC 66 - 320	1,0000	1,0000	1,0000
ALPHATEC ACT	1,0000	1,0000	1,0000
ALPHATEC LIGHT TR	1,0000	1,0000	1,0000
SUMA	3,0000	3,0000	3,0000

MATRIZ CRITERIO FACILIDAD DE QUITAR/PONER NORMALIZADA				PONDERACIÓN
ALPHATEC 66 - 320	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,3333
ALPHATEC ACT	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,3333
ALPHATEC LIGHT TR	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,3333

CRITERIO: COMODIDAD			
	ALPHATEC 66 - 320	ALPHATEC ACT	ALPHATEC LIGHT TR
ALPHATEC 66 - 320	1,0000	1,0000	1,0000
ALPHATEC ACT	1,0000	1,0000	1,0000
ALPHATEC LIGHT TR	1,0000	1,0000	1,0000
SUMA	3,0000	3,0000	3,0000

MATRIZ CRITERIO COMODIDAD NORMALIZADA				PONDERACIÓN
ALPHATEC 66 - 320	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,3333
ALPHATEC ACT	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,3333
ALPHATEC LIGHT TR	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,3333

6) Cálculo de consistencia del método AHP

Ante la necesidad de comprobar si los valores que hemos introducido son efectivos a la hora de evaluar los resultados, hay que calcular el grado de consistencia o razón de consistencia de las puntuaciones que hacemos en cada matriz, manteniendo la importancia relativa entre los elementos de cada nivel. Básicamente, esta solución consiste en calcular el grado de consistencia para cada matriz o tabla de comparaciones:

Saaty (1977) propuso el índice de consistencia (IC) basado en la solución por vectores propios al problema; para cualquiera matriz positiva A se tiene un valor propio λ_{\max} que es real y positivo. El problema de vectores propios correspondiente:

$$Ax = \lambda_{\max}x \text{ tiene una solución } x \text{ con } x_i > 0 \text{ para todo } i.$$

Para cualquier matriz recíproca, sea o no consistente, el vector propio x sirve como estimador del vector real de pesos o prioridades w. El valor propio λ_{\max} siempre satisface que:

$$\lambda_{\max} \geq n \text{ con } \lambda_{\max} = n \text{ si y solo si la matriz es consistente.}$$

El índice de consistencia IC propuesto por Saaty (1980) está dado por:

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

Cuando la matriz de comparación por pares es consistente, se cumple que $\lambda_{\max} = n$ y por tanto el IC es igual a cero; en otros casos el valor de IC es positivo. Para superar el problema de la dependencia del índice al orden de la matriz, Saaty propuso una medida normalizada denominada razón de consistencia (RC):

$$RC = \frac{IC}{CA(n)}$$

RC: razón de consistencia

IC: es el índice de consistencia

CA: es la consistencia aleatoria

donde CA(n) es un índice aleatorio para matrices de orden n, definido como el valor esperado del CI asociado a las matrices de orden n y es estimado mediante simulaciones de matrices aleatorias de orden n, donde las entradas de dichas matrices fueron llenadas usando elementos aleatorios del conjunto de valores {1, 2, ... 9, 1/2, 1/3, ... 1/9}:

n Tamaño de la matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CA Consistencia aleatoria	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

Tabla 18. Tabla de consistencia aleatoria

Los valores de CR están en el rango entre cero y uno, donde $CR = 0$ indica una matriz totalmente consistente y $CR = 1$ indica una matriz completamente aleatoria. El criterio de Saaty para aceptar una matriz como consistente es $CR \leq 0,1$ [20].

7) Detectores EPI

El detector individual de agentes neurotóxicos (nerviosos) es un detector de pequeño tamaño, de uso individual, que permite la detección de vapores de agentes neurotóxicos de guerra de manera inmediata (si existen o se mantienen en el ambiente).



Figura 28. Detector de agentes neurotóxicos

El papel detector aporta un sistema rápido y cómodo para detectar el agente químico de guerra en forma líquida (gotas) o aerosol utilizado en el incidente, indicando la naturaleza del mismo (vesicante o neurotóxico). Poseen un lado adhesivo que permite ser pegado fácilmente sobre todo tipo de superficies. Como por ejemplo parabrisas y partes visibles de los vehículos, y especialmente en el equipo individual (casco, botas, uniformes, etc.). Está tratado con impermeabilizantes para no ser afectado por el agua de lluvia. Su tiempo de respuesta es instantáneo.



Figura 29. Librillo de papel detector y ejemplo de uso

El dosímetro individual de radiactividad es un elemento para el control de la exposición a las radiaciones ionizantes en las operaciones militares, con el que se determinar la dosis y la intensidad recibida.



Figura 30. Dosímetro individual de radiactividad

8) SCCA

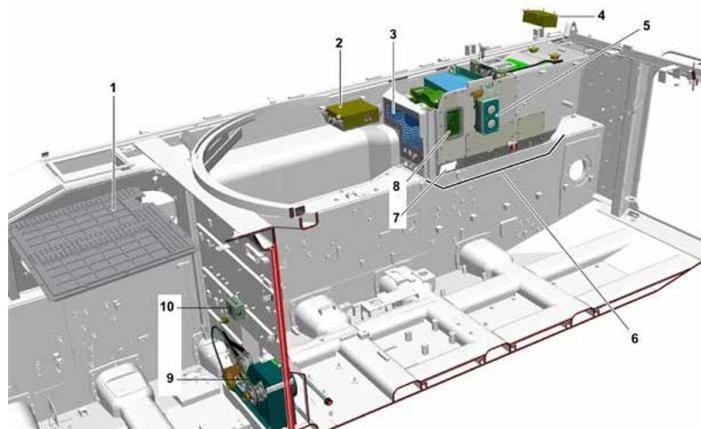


Figura 31. Conjunto SCCA

1	Condensador A/A (sobre radiador de refrigeración del motor)
2	Caja de contactores
3	Rejilla/filtro de recirculación de aire
4	Válvula de sobrepresión (techo de la torre)
5	Caja de manómetros NBQ
6	Conjunto SCCA cámara limpia
7	Toma de aire de la estufa
8	Salida a la canalización (tubos) de ventilación
9	Compresor A/A
10	Caja de conexiones del compresor de A/A

Tabla 19. Elementos de la figura 31

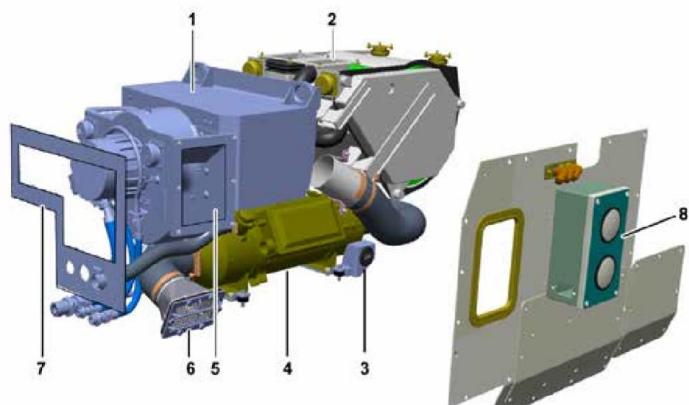


Figura 32. Conjunto SCCA (lado izquierdo)

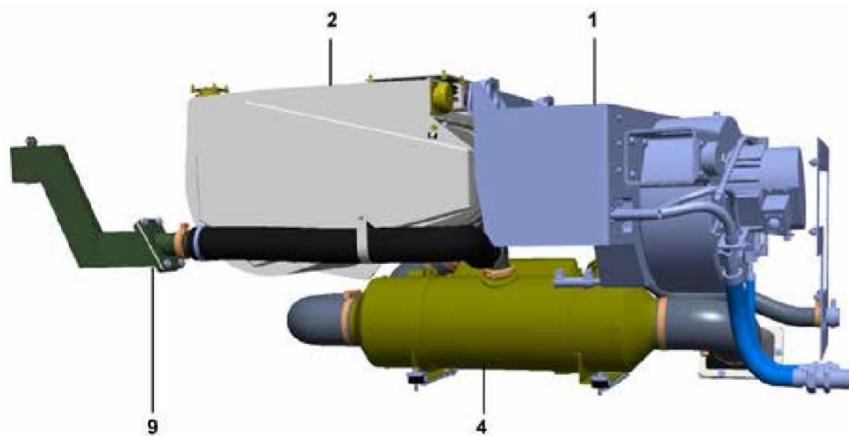


Figura 33. Conjunto SCCA (lado derecho)

1	Conjunto evaporador del A/A
2	Conjunto NBQ (filtros y turbina)
3	Cuentahoras de funcionamiento
4	Calefactor
5	Salida de aire a la canalización (tubos de distribución)
6	Toma de aire del calefactor
7	Rejilla/filtro de recirculación de aire
8	Caja de manómetros del sistema NBQ
9	Salida gases escape estufa (al escape motor)

Tabla 20. Elementos de las figuras 32 y 33

9) Conjunto NBQ del SCCA

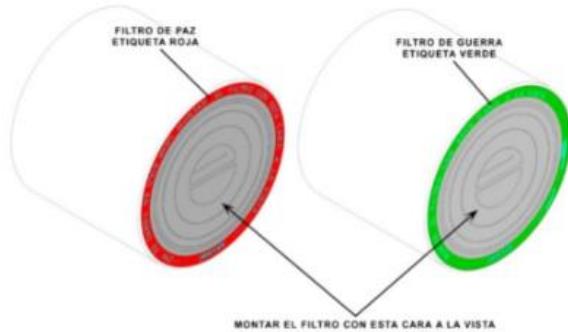


Figura 34. Filtros NBQ

Filtro de paz = ETIQUETA ROJA
Filtro de guerra (NBQ) = ETIQUETA VERDE

Tabla 21. Elementos de figura 34



Figura 35. Conjunto NBQ (filtros y turbina)

10) Distribución del aire en el VCI Pizarro

En la cámara de personal, cada tripulante cuenta con un difusor orientable (figura 4-8, nº 3). La torre dispone de dos salidas constantes (figura 4-8, nº 8) situadas en el techo del casco, diametralmente opuestas y a la altura aproximada de sus dos asientos. El conductor dispone de dos salidas orientables, una situada en el lado izquierdo (figura 4-8, nº 6), encima del panel de instrumentos, y otra en la parte frontal (figura 4-8, nº 5). También dispone de una salida (figura 4-8, nº 7) situada en la parte inferior de la torre, junto a la caja de válvulas del sistema electrohidráulico, para proporcionar refrigeración a los componentes principales del sistema eléctrico de la torre. Esta salida dispone de una llave (figura 4-8, nº 4) con dos posiciones (abrir/cerrar) con el fin de poder cerrarla cuando circule aire caliente por el circuito.

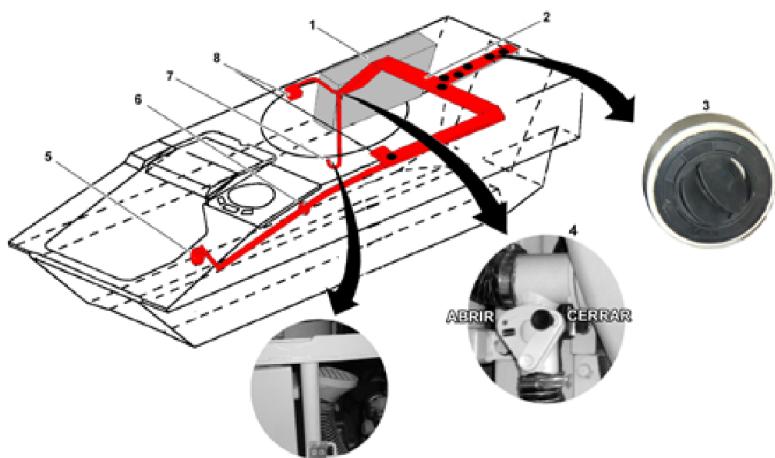


Figura 36. Distribución del aire

11) Protocolo antes de activar Sistema NBQR en el VCI Pizarro

Antes de activar el sistema NBQ, hay que comprobar una serie de condiciones previas importantes para que funcione correctamente:

1. La correcta estanqueidad de la cámara de personal:
 - ✓ Todos los elementos ópticos de observación y tiro están colocados.
 - ✓ Las escotillas y portón trasero están cerrados.
 - ✓ Válvulas de desagüe cerradas y mamparos del motor asegurados.
2. La toma de aire y salida de polvo y partículas de la tapa de filtros deben estar limpias y libres de obstrucciones.
3. El filtro está instalado (de guerra o de paz en función de la situación operativa).

Antes de poner en servicio el sistema, hay que asegurarse de que la válvula de sobrepresión no está obstruida. Si la presión interior sobrepasa los 10 mbar se debe apagar el sistema y revisar la válvula.

Una vez activemos el sistema NBQ, debemos saber que el control de caudal o conmutador rotativo (figura 38) asegura que la sobrepresión en el vehículo puede ser mantenida a pesar de cierto desgaste o daño de la estanqueidad (juntas en mal estado, etc.) así como para compensar la progresiva colmatación del filtro. Seleccionando el caudal mínimo (figura 37, posición 1) se alcanza la adecuada sobrepresión con el sistema en perfectas condiciones, no se obtiene ventaja alguna por seleccionar la posición de caudal máximo (figura 37, posición 3) y por el contrario se reduce la vida del filtro.

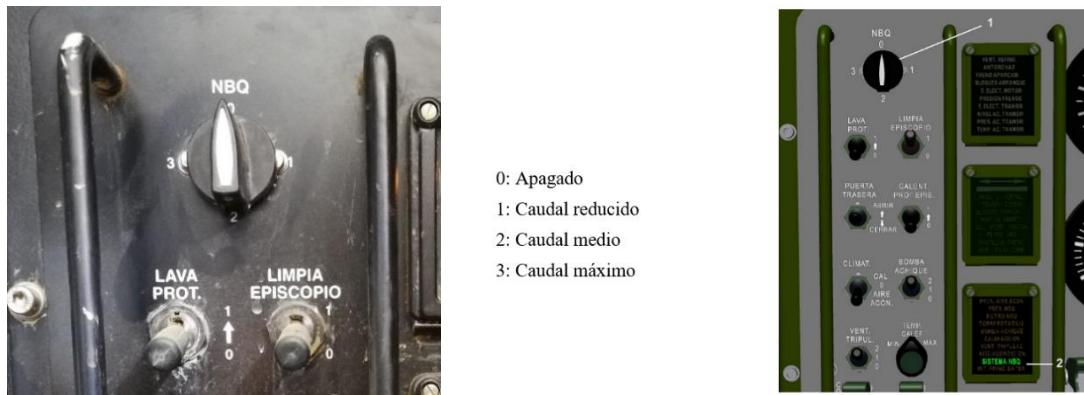


Figura 37. Conmutador rotativo sistema NBQ



Figura 38. Medidor de sobrepresión del vehículo y saturación del filtro

12) Alarmas y testigos del SCCA

Las diferentes alarmas o testigos que se pueden activar durante el servicio del sistema SCCA son las siguientes:

1. Inadecuada presión en el sistema de aire acondicionado. Esta información la proporciona el propio sistema A/A. El sistema se desconectará. Es necesario proceder a su comprobación.
2. Inadecuada presión en el sistema NBQ: debe estar entre 3 y 10 mbar. Es necesario comprobar el sistema.
3. Filtro NBQ sucio u obstruido (lectura >16 mbar). Con el mando NBQ en posición 3, el estado de los filtros responde a los valores de la siguiente tabla:

Lectura del manómetro	Condición del filtro	Observaciones
10.0 mbar	Filtro limpio	
12.5 mbar	30% sucio	
14.5 mbar	60% sucio	
16.0 mbar	85% sucio	Reemplazar cuanto antes
17.0 mbar	100% sucio	Reemplazar inmediatamente

Tabla 22. Estado del filtro NBQ según lectura del manómetro

13) Medidas del contenedor ISO 20 tipo 1C

Las dimensiones y características del contenedor según la norma UNE 117101 [20] [21]:

- LONGITUD INTERIOR: 5,867 m
- ANCHO INTERIOR: 2,330 m
- ALTURA INTERIOR: 2,197 m
- ANCHO MÍNIMO DEL HUECO DE PUERTA: 2,286 m
- ALTURA MÍNIMA DEL HUECO DE PUERTA: 2,134 m
- CAPACIDAD ÚTIL: 32,6 m³
- PESO TARA: 2300 Kgs
- PESO MÁXIMO DE LA CARGA: 24000 Kgs

14) Dimensiones TOA

Las dimensiones del TOA son [22]:

- LONGITUD: 4,864 m
- ANCHO: 2,69 m
- ALTURA: 2,20 m
- PESO CON CARGA PARA COMBATE Y TRIPULACIÓN: 11000 kg

15) Dimensiones VCI Pizarro

Las dimensiones del VCI Pizarro son [23]:

- LONGITUD: 7,130 m
- ANCHO: 3,270 m
- ALTURA: 2,780 m
- PESO CON CARGA PARA COMBATE Y TRIPULACIÓN: 30920 kg