



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES EN EL USO DE ROBOTS EN COMBATE EN SUBSUELO

Autor

Guillermo Labrado Cabrera

Director/es

Director académico: Dra. Dña. María Teresa Lamelas Gracia
Director militar: Cap. D. Pablo Zayas Alarcón

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
2018-2019

ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES EN EL USO DE ROBOTS EN COMBATE EN SUBSUELO

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado bajo la supervisión de la profesora Dra. María Teresa Lamelas Gracia, a quien agradezco su disposición para guiar y orientar el trabajo con los pertinentes consejos. Al igual que al Centro Universitario de la Defensa y a la Academia General Militar por la formación recibida durante los últimos 4 años, incluyendo a todo el profesorado y personal civil y militar.

Por otro lado, agradecer a todo el personal del Regimiento de Infantería Canarias 50 por su apoyo y ayuda en la realización del Trabajo de Fin de Grado, en especial al Comandante D. Juan Antonio Díez Fernández y al Capitán D. Pablo Zayas Alarcón, director militar del trabajo.

Finalmente, agradecer el constante apoyo de mi familia que a pesar de la distancia siempre han estado conmigo.

ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES EN EL USO DE ROBOTS EN COMBATE EN SUBSUELO

Resumen

El combate en subsuelo ha tenido una creciente importancia en los últimos años debido a las últimas tendencias de los movimientos insurgentes. Ante este crecimiento, distintos ejércitos, entre ellos el Ejército de Tierra (ET), han creado planes de instrucción específicos enfocados en esta materia con la intención de desarrollar medidas para poder enfrentarse a estas amenazas. Además, muchos ejércitos ya cuentan con experiencia y han elaborado planes de acción para poder afrontar estas situaciones

Para conocer este entorno subterráneo y especialmente al enemigo que trabaja en él, se ha estudiado la evolución del combate hasta la actualidad, donde se da el combate en tres niveles. Particularmente se ha estudiado el caso de Hamas y Hezbollah para conocer los medios que utilizan y, sobre todo, con qué tipo de túneles trabajan, sus dimensiones, tipo de instalaciones y formas de actuar. Para concluir este análisis del combate actual se ha realizado un estudio de las respuestas de distintos ejércitos: en concreto se ha estudiado el caso de las Fuerzas de Defensa Israelí, el caso del ejército de los Estados Unidos y las medidas que está tomando España para tratar de adaptarse a este tipo de combate. El caso de Israel es el más estudiado ya que el país está en el epicentro del combate subterráneo, siendo el objetivo de la mayor parte de los ataques.

Paralelamente, debido a la evolución que lleva el combate y la creciente importancia de la tecnología, la necesidad de medios más complejos es cada vez mayor. Con ello en mente, el ET ha creado su objetivo “Brigada 2035”, en la que estos medios cobran mayor protagonismo para facilitar el mando y control y garantizar el éxito de la misión ofreciendo una ventaja a nivel táctico. La intención es dotar al ET de medios específicos operados por personal especializado a costa de tener una plantilla más reducida. Uno de estos medios a los que se refiere el objetivo 2035 son los robots.

El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) une estas dos necesidades y se plantea como objetivo el analizar los requisitos del combate en subsuelo y los requerimientos que debe tener un robot para poder ser empleado en este ambiente. De esta forma se reducirán los riesgos que entraña este combate consiguiendo, incluso, evitar el empeño de personal. Para ello se han analizado distintos factores que influyen en el subsuelo mediante trabajo de campo con la intención de conocer las necesidades que debe tener en robot.

Se han estudiado los robots actuales, tanto los utilizados por el ET como por otros ejércitos, así como los desarrollados por casas de robótica para conocer el estado del arte y ver qué capacidades ofrecen los robots que se encuentran actualmente en el mercado. Además, para poder aprovechar los conocimientos y experiencia en instrucción en combate en subsuelo del personal especializado, se ha realizado una encuesta para obtener tanto las necesidades del combate en subsuelo como las de los robots.

Debido a la falta de medios que hay en la actualidad en el ejército de tierra, existen unas carencias de medios y materiales que se han analizado para tratar, en la medida de lo posible, paliarlas. Las carencias más destacadas son en medios de visión nocturna, medios de transmisiones y, sobre todo para su empleo en subsuelo, el armamento, resultando demasiado largo.

La conclusión a la que se ha llegado, tras el estudio del estado del arte de los robots actuales, es que ninguno de los estudiados cumple todos los requisitos encontrados; no obstante, hay opciones en el mercado que cumplen parcialmente los requerimientos. Estos modelos concretos podrían ser usados directamente teniendo en cuenta que no serían los óptimos o podrían hacerse adaptaciones de los mismos de forma que cumplan todos los requisitos. Finalmente se propone un proyecto de adquisición para obtener el robot ideal para emplearse en este ambiente mediante la enumeración de necesidades.

Palabras clave: Subsuelo, robot, combate.

ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES EN EL USO DE ROBOTS EN COMBATE EN SUBSUELO

Abstract

Due to the latest insurgent actions, underground combat has had an increasing importance in the past few years. With this in mind, different armies from the world have created specialized field training programs for underground combat in order to find new ways to confront these threats, being the Spanish Army one of them. Plus, many armies with experience in this type of combat have already planned actions to fight in the underground.

To comprehend the underground environment and especially the enemy that fights in it, the evolution of combat has been studied up to the present, where the three-level combat is the latest tendency. In particular, Hezbollah and Hamas' cases have been studied to know the means they use and, over all, what kind of tunnels they work with, their dimensions, the kind of facilities and the way they perform their attacks. To conclude the analysis of the present combat, various study cases from different armies have been made; in particular, the cases of the Israel Defense Forces, the United States of America's defense department and the Spanish Army's actions to try to adapt to these new tendencies. Israel's case is the most studied as it is the one that receives the largest number of the attacks by both Hezbollah and Hamas.

Also, due to the evolution of modern combat and the increasing importance of technology, the necessity of more complex material is growing as well. Taking this into account, the Spanish Army has created its objective called "Brigada 2035" in which this material will be more important. This material will make command and control easier, it will guarantee the accomplishment of the mission and it will offer a tactical advantage. The intention is to give the Spanish Army new specific means operated by specialized personal, although the quantity of total personal will be lower.

This Final Degree Project will join these two necessities and will find the requirements of underground combat and the needs of a robot that can be used in this type of environment. This way, risks will be reduced, and, in some cases, it will not be necessary to deploy personnel inside the underground. Aiming this objective, different factors that affect the underground combat have been analyzed through measurements with the intention of finding the necessities of the robot.

Regarding the robots' analysis, to study the state of the art in this field, robots from the Spanish Army as well as robots from other armies and other robot manufacturers have been studied; this way, there would be a general idea of what the present technologies can offer. To take advantage of the experiences and knowledge of the staff from the Canarias 50 Infantry Regiment in this field, a poll was made to try to get the specifications of the robot. Plus, staff from other units also completed this poll.

Due to the lack of means in the Spanish Army, the flaws in materials and means was studied as well with the intention of palliating these flaws and cons with the new robot. The biggest shortcomings were in night vision devices, communication systems and, especially for its use in the underground, the rifle, which is too long to maneuver with.

The conclusion achieved, after the study of the state of the art of the robotic field is that neither of the studied robots fulfills the requirements; nevertheless, there are robots that partly meet the requirements and could be use considering that this would not be the best ones. Another option is to adapt these robots to the underground environment with the specifications given. Finally, an acquisition project is proposed in order to achieve the ideal robot to use in the underground environment.

Key words: underground, robot, combat.

ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES EN EL USO DE ROBOTS EN COMBATE EN SUBSUELO

Índice de Figuras y Tablas

Figuras

FIGURA 1 - Tuneladora encontrada por las IDF / Fuente: Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2014. [20].	4
FIGURA 2 - Croquis túneles Hamas / Fuente: Elaboración propia a partir de MSIS, 2014 [22].	5
FIGURA 3 - Captura de pantalla de túnel de Hamas / Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=v1uatEfM7Xw&t=835s .	5
FIGURA 4 - Captura de pantalla de túnel elaborado de Hamas / Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=ivf1p7h3fj8 .	6
FIGURA 5 - Interior túnel Hezbollah / Fuente: Complex Operational Environment and Threat Integration Directorate 2014 [23].	6
FIGURA 6 - Goliath a la derecha y Teletank a la izquierda / Fuente: http://ux.museumofworldwarII.org/d-day.html y https://sputniknews.com/science/201606191041593039-old-remote-controlled-tanks/ respectivamente.	8
FIGURA 7 - Dragon Runner 10 a la izquierda y Dragon Runner 20 a la derecha / Fuente: https://newatlas.com/qinetiq-dragon-runner-10/19568/ y https://www.army-technology.com/projects/dragonrunnerrobots/ respectivamente.	10
FIGURA 8 - PackBot / Fuente: https://www.army-technology.com/projects/irobot-510-packbot-multi-mission-robot/ .	10
FIGURA 9 - Robot TALON / Fuente: Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2008 [24].	11
FIGURA 10 - Black Hornet / Fuente: https://www.flir.com/products/black-hornet-prs/ .	11
FIGURA 11 - Robot tEODor / Fuente: https://bit.ly/2CG2PBg .	12
FIGURA 12 - DJI Spark / Fuente: https://www.dronerush.com/dji-spark-unboxing-setup-getting-started-9505/ .	12
FIGURA 13 - Croquis burbuja con Spearnet / Fuente: Elaboración propia a partir de https://bit.ly/2yA8Lch .	15
FIGURA 14 - Croquis con Zonas de luz. / Elaboración propia.	16
FIGURA 15 - Plantilla para análisis de visibilidad. / Elaboración propia.	16
FIGURA 16 - Esquina túnel con y sin luz IR respectivamente / Fuente: elaboración propia.	17

Tablas

Tabla 1 - Distancias de visibilidad / Fuente: elaboración propia.	17
Tabla 2 - Resumen riesgos / Fuente: Elaboración propia.	19
Tabla 3 - Tabla ponderaciones preguntas 1 y 2 / Fuente: elaboración propia.	19
Tabla 4 - Tabla ponderaciones preguntas 3, 5, 6 / Fuente: elaboración propia.	20
Tabla 5 - Resultados encuesta / Fuente: elaboración propia.	23
Tabla 6 - Ventajas y desventajas Dragon Runner 10 / Fuente: elaboración propia.	24
Tabla 7 - Ventajas y desventajas Dragon Runner 20 / Fuente: elaboración propia.	24
Tabla 8 - Ventajas y desventajas PackBot / Fuente: elaboración propia.	24
Tabla 9 - Tabla de análisis de riesgos / Fuente: elaboración propia.	75

ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES EN EL USO DE ROBOTS EN COMBATE EN SUBSUELO

Índice de la memoria

1. Introducción	1
2. Objetivos, alcance y metodología	1
3. Evolución del combate	2
3.1 Antecedentes	2
3.2 Combate Actual	3
3.3 Actores principales	4
3.4 Respuesta ejércitos regulares	7
4. Empleo de robots	8
4.1 Antecedentes	8
4.2 Estado del Arte	9
5. Condiciones en ambiente subterráneo	13
5.1 Sonido	13
5.2 Comunicaciones	14
5.3 Oscuridad	15
6. Análisis de necesidades según la encuesta	17
7. Extracción de especificaciones	21
8. Idoneidad robots analizados	24
9. Conclusiones	25
10. Bibliografía	27
Anexo A	30
Anexo B	32
Anexo C	47
Anexo D	50
Anexo E	53
Anexo F	61
Anexo G	66
Anexo H	73
Anexo I	75

1. Introducción

Al igual que las tecnologías y las sociedades han ido evolucionando a lo largo de la historia, el modo en el que distintos grupos se enfrentan entre sí también ha ido evolucionando. La esencia de estos enfrentamientos sigue siendo la misma, es lo que se conoce con el concepto de “Guerra”¹ [1],[2]. El concepto y las bases de esta no ha cambiado a pesar de que la materialización de estos enfrentamientos sí haya evolucionado.

Sun Tzu, General y estratega del Imperio Chino, creó una obra en la que reflejó las claves de la guerra conocida como “El Arte de la Guerra” [3]. En esta resumía las claves para la victoria en varios conceptos o pilares, siendo uno de ellos el terreno. Estas bases siguen estando vigentes pues la naturaleza del conflicto sigue siendo la misma, no obstante, la materialización de estos conflictos ha cambiado y se ha ido adaptando y evolucionando la forma de combatir para poder seguir consiguiendo la victoria [4].

Es el terreno la característica que más condiciona el modo en el que se combate, pues este condiciona el resto de los factores como la logística, otro de los grandes pilares [3]. El cambio en el terreno en el que se combate es lo que hace que sean necesarios estudios para poder adaptarse correctamente.

Son las últimas tendencias las que conducen a una nueva evolución en el combate, centrándose este en el combate urbano y subterráneo con un uso intensivo de tecnología [5]. En la actualidad el combate en subsuelo supone un alto riesgo para las unidades de la fuerza por la vulnerabilidad del personal que entra en acción, vulnerabilidad tanto hacia el enemigo como hacia el ambiente. La entrada a cualquier instalación subterránea pone en gran peligro al personal, ya que la superioridad de medios que se pueda tener no puede ser usada, por ello es necesario el empleo de un robot que permita realizar reconocimientos y garantizar tanto el cumplimiento de la misión como la supervivencia del personal.

2. Objetivos, alcance y metodología

El presente proyecto tiene como objetivo principal analizar algunos aspectos necesarios para el combate en subsuelo, particularmente las necesidades que debe tener un robot para poder operar en este entorno. Todo ello enmarcado en un horizonte temporal a medio plazo, siguiendo el plan de actuación del Ejército de Tierra enfocado en la Brigada 2035, donde los medios cobrarán un mayor peso a consecuencia de contar con menor personal pero más especializado [5], [6].

Para poder llegar a ello, se han planteado unos objetivos secundarios que permitirán la consecución del principal. En primer lugar, se va a realizar un análisis de la evolución del combate que ha dado lugar al combate en tres niveles que se da actualmente mediante una revisión bibliográfica tanto de material externo a las Fuerzas Armadas como interno.

Con posterioridad, se hará una aproximación a los antecedentes del empleo de robots en combate mediante un análisis del estado del arte de robots de combate y su empleo histórico. Para ello se hará de nuevo una revisión bibliográfica con material externo e interno a las Fuerzas Armadas.

¹ La Real Academia Española define la guerra como “Lucha armada entre dos o más naciones o entre bandos de una misma nación”, no obstante, este concepto abarca mucho más, como explican Ana María Arabia Zuñiga y José Reinel Sánchez en sus respectivos estudios.

El siguiente objetivo será conocer las condiciones que se dan en el ambiente subterráneo, para, de este modo, extraer los requerimientos de los robots en este ambiente. Con ese objetivo, se realizará trabajo de campo analizando distintos factores como la luz, el sonido o la propagación de señales de radio. Para el estudio del factor humano se realizará una revisión bibliográfica.

Además de este estudio de campo, aprovechando la experiencia y los conocimientos del personal del RI Canarias 50, se realizará una encuesta que permitirá obtener las necesidades del combate en subsuelo y ver los problemas que surgen en este entorno para, posteriormente, extraer las necesidades que debe tener el robot.

Finalmente, una vez conocidos los requerimientos de los robots, se analizará la idoneidad de los robots estudiados para este tipo de combate, con la intención de elegir el robot más adecuado de los planteados. Estos robots serán tanto los planteados por el ET en el manual “Posibilidades de empleo de los robots por las PU,s de combate en escenarios urbanos” [7] como robots de otros ejércitos y los desarrollados recientemente por empresas de robótica. En caso de que ninguno sea óptimo, se propondrán las especificaciones de un robot idóneo para este combate.

3. Evolución del combate

3.1 Antecedentes

Tradicionalmente se ha conocido el combate en una única dimensión, hablándose solo de un nivel, la superficie. La Primera Guerra Mundial (1914-1918) es un claro ejemplo de ello, con amplios frentes en los que ambas partes se enfrentaban en una guerra de trincheras, limitándose al combate en superficie [8]. Posteriormente se pasó gradualmente a un nuevo concepto, conocido como combate en tres niveles [9] que incluían, además de la superficie, las alturas y el subsuelo.

Ya desde los romanos hay indicios del uso de vías subterráneas empleadas para la guerra [10]. No obstante, el uso que se les daba era para infiltraciones y poder mover tropas sin ser vistos por el enemigo; también se usaron posteriormente como refugio, tanto para combatientes como para personal civil [11]. Sin embargo, estos casos eran aislados, no se trataba de una tendencia general.

El primer ejemplo significativo de este combate tuvo lugar en Grozni, Chechenia durante la Primera y Segunda Guerra Chechena, en las que la ciudad capital fue escenario de intensos combates en ambiente urbano donde se usaron los tres niveles de forma intensiva [12].

De una mayor actualidad se pueden mencionar también las batallas de Fallujah [13], batallas de gran desgaste para el Ejército de Estados Unidos (EEUU) en la que recibían hostigamientos desde todos los niveles, cobrando gran importancia las alturas edificadas dominantes –para los tiradores de precisión– y los sótanos que servían de protección. A esto añadir la extensa red de túneles clandestinos que tenía la insurgencia² alrededor de toda la ciudad [14], [15] a través de los cuales podían moverse para desgastar a su enemigo e incluso acceder a su retaguardia más desprotegida.

² Movimiento violento y organizado, que emprende una lucha prolongada con la finalidad de cambiar el orden político establecido. Su última finalidad será siempre la obtención del poder político sobre una determinada área y población.

3.2 Combate Actual

Es a partir de principios del siglo XXI cuando se comienza a hacer un uso más intensivo de esas infraestructuras subterráneas pudiéndose encontrar cuarteles generales enteros en galerías subterráneas, de forma que no solo sirven como refugio temporal, sino como centro de operaciones desde donde poder ejecutar todo tipo de operaciones³.

Es necesario recalcar el fuerte vínculo entre el combate en subsuelo y el combate en zonas urbanas (ZZUU) y como este, a su vez, está directamente relacionado con la demografía. La urbanización de la población ha sido la principal característica demográfica del último siglo, alcanzando esta un 50% en 2008 y estando prevista en un 60% en 2030 [16]. Este crecimiento demográfico junto con las infraestructuras que se crean en los núcleos urbanos hace que este sea un escenario cada vez más común y complejo, con todas las dificultades que entraña.

El combate en ZZUU y en subsuelo también se da cada vez con más frecuencia debido al tipo de enemigo al que se enfrentan las fuerzas regulares. Al tratarse de insurgencia y fuerzas irregulares, la diferencia tecnológica y en medios es uno de los factores más distintivos en ambos bandos, ya que las capacidades de observación, detección, adquisición de objetivos, reconocimiento y de apoyos es inmensamente superior por parte de las fuerzas regulares. En un enfrentamiento convencional, como el que se dio en la Primera y Segunda Guerra Mundial la lucha sería en vano debido a la diferencia de medios; sin embargo, el poder mezclarse con la población civil, combatir en núcleos urbanos y en el subsuelo hace que esta diferencia no pueda ser explotada por los ejércitos regulares, poniendo a ambas partes en igualdad de condiciones. Es decir, buscan estos escenarios para paliar la desventaja que tienen en el sector tecnológico [17], [18].

En la actualidad, el combate subterráneo se puede encontrar en numerosos frentes, aunque los más importantes y relevantes son en los países colindantes, con Israel, especialmente en la Franja de Gaza, con Hamas y Hezbollah como actores principales. No obstante, este tipo de combate también se da en Afganistán, Siria⁴, Líbano y Norte de Mali [11], [19].

Los israelitas, al ser a los que más les afectan estos ataques son los que más avanzados están en esta materia, pues el entramado de túneles de Hezbollah y Hamas tienen como objetivos principales los ataques a Israel. Dentro de los estudios estratégicos de los israelitas, se han distinguido varias finalidades en el empleo de estos túneles insurgentes [18]:

- Túneles de contrabando para el desarrollo de su potencial militar (como el Corredor de Filadelfia).
- Túneles ofensivos para lanzar operaciones en territorio israelí (como el secuestro del soldado franco-israelí Gilad Shalit).
- Túneles para tender emboscadas⁵ a tropas israelitas.
- Túneles para la movilidad de los combatientes entre sus zonas de entrenamiento y combate a fin de evitar la vigilancia permanente israelí.
- Instalaciones subterráneas que sirven como bases para entrenar a soldados.

³ A pesar de que existen indicios ya desde la Segunda Guerra Mundial de este tipo de cuarteles en el subsuelo como el de Matsushiro (Japón), ahora se está haciendo un mayor uso de estas infraestructuras por parte de la insurgencia islámica. Un claro ejemplo es el caso de las cuevas de Tora Bora, Afganistán [46].

⁴ No solo en las proximidades de Israel sino en la totalidad del país.

⁵ Ataque por sorpresa desde posiciones ocultas sobre un enemigo que se encuentra en movimiento o temporalmente parado.

En el siguiente apartado se detallan las características de los dos actores principales en este tipo de combate, ya que las labores y las infraestructuras que realizan Hezbollah y Hamas son distintas.

3.3 Actores principales

Hamas

Los túneles excavados por Hamas tienen como objetivo el cruce de la frontera con Egipto e Israel, principalmente para el contrabando, para lanzar ofensivas en territorio israelí, para emboscar a las Fuerzas de Defensa Israelí (IDF) y para el movimiento de personal a ambos lados de la frontera.

Los túneles son normalmente excavados a mano, con personal especializado en la construcción⁶. No obstante, también se han descubierto casos en los que se ha utilizado maquinaria improvisada para poder obtener un mayor avance (Véase FIGURA 1). Esta maquinaria fue descubierta por las IDF y se utilizó para cavar los túneles en la Franja de Gaza. Los túneles están a una profundidad de entre 20 y 30 metros, son lineales y con longitudes que sobrepasan el kilómetro. En cuanto a la velocidad de construcción, son capaces de progresar hasta 30 metros al día con personal especializado (sin uso de maquinaria) [20].

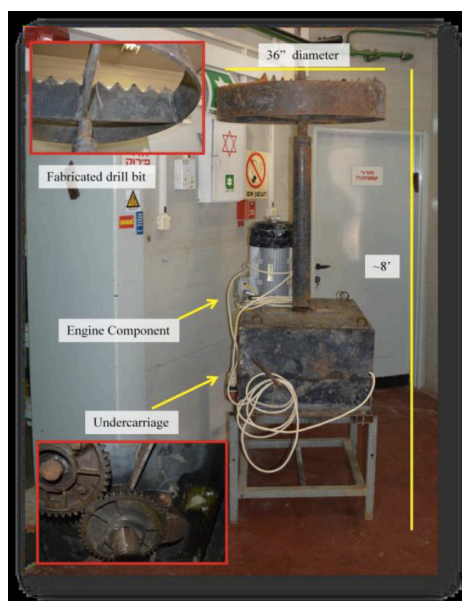


FIGURA 1 - Tuneladora encontrada por las IDF / Fuente: Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2014. [20].

En la FIGURA 2 puede verse un esquema de un túnel tipo que usa Hamas. Las entradas las hacen desde viviendas para que no se detecten las obras, a partir de ahí van avanzando y evitando los obstáculos como el muro subterráneo de las IDF [21]. Es de destacar que este tipo de túneles no tienen mucha altura, no cabiendo una persona de pie y cuentan con iluminación y línea telefónica. En la FIGURA 3 se ve uno de esos túneles en su parte más alta.

⁶ Este personal especializado no siempre es perteneciente a las organizaciones terroristas, muchas veces es personal civil contratado.



FIGURA 2 - Croquis túneles Hamas / Fuente: Elaboración propia a partir de MSIS, 2014 [22].

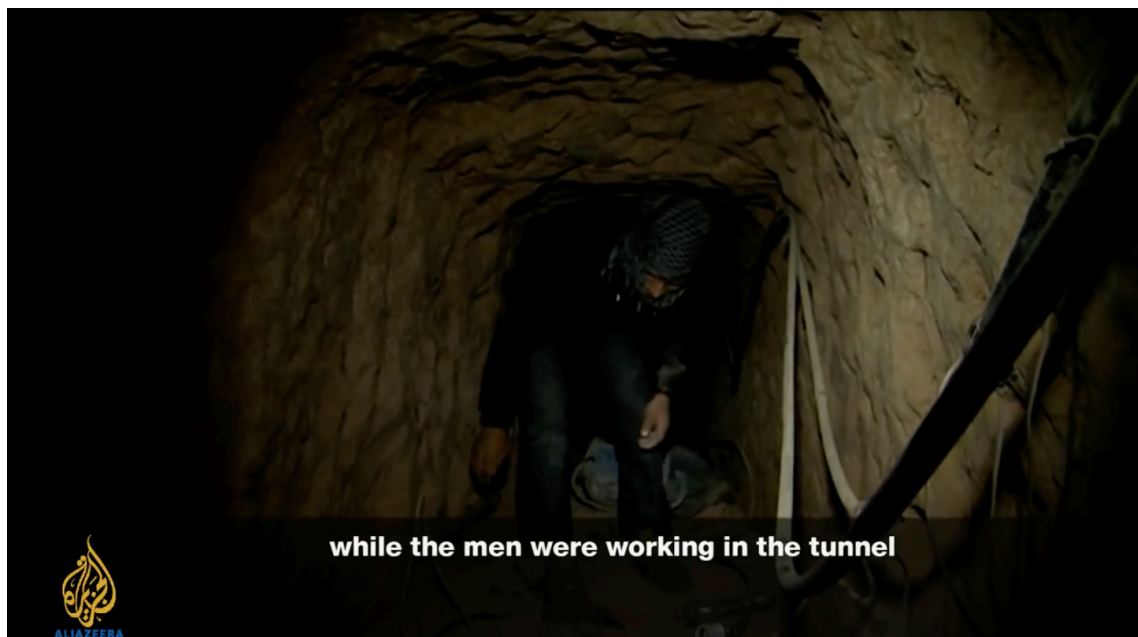


FIGURA 3 - Captura de pantalla de túnel de Hamas / Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=v1uatEfm7Xw&t=835s>.

A pesar de que este tipo de túneles es el más común, también se han encontrado otros más complejos en los que las paredes y techos son reforzados con cemento para mantener la estructura y evitar derrumbamientos, además hay cableado para una mayor iluminación y cable telefónico para comunicar ambos extremos. Estos túneles son más amplios, como se puede ver en la FIGURA 4, en la que una persona de estatura media cabe de pie; en concreto, según los estudios de inteligencia, se ha estimado unas medidas estándar de 1,82 m de alto por 0,92 m de ancho [20].



FIGURA 4 - Captura de pantalla de túnel elaborado de Hamas / Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=ivf1p7h3f18>.

Hezbollah

Los túneles de Hezbollah son de mayor elaboración, en su mayoría son bunkers o uniones entre bunkers. Al contrario que los túneles de Hamas, estos son ramificados, con varias salidas y cavidades cerradas como si fuesen una habitación. Al no ser túneles para el contrabando sino para estancias más prolongadas, la preparación es mucho mayor, todos cuentan con refuerzos de hormigón, algunos incluso con estructuras específicas contra misiles, tienen iluminación, aire acondicionado, salas específicas para almacenamiento de comida, de munición, armamento, etc. Cuentan con habitaciones que se usan como cocina o dormitorios e incluso agua corriente tanto fría como caliente para baños y ducha. En la FIGURA 5 se pueden ver estas instalaciones. Los túneles son más anchos que los de Hamas, no obstante, no permiten el paso de dos personas simultáneamente [23].

Algunos de estos túneles se usan para el establecimiento de Cuarteles Generales, contando con salas para reuniones, fibra óptica y cable telefónico para la comunicación con el exterior, etc.



FIGURA 5 - Interior túnel Hezbollah / Fuente: *Complex Operational Environment and Threat Integration Directorate 2014* [23].

3.4 Respuesta ejércitos regulares

Frente a esta amenaza que supone el subsuelo, muchos ejércitos han desarrollado distintas formas de actuar y planes de acción. Se estudiarán los métodos de acción de Israel, EEUU y España.

En caso de Israel, ante las numerosas amenazas que tratan de someterles, los israelitas han elaborado un plan de acción concentrándose en 3 fases [18]:

- Fortalecer la adquisición de inteligencia y su explotación mediante la Fuerza Aérea.
- Desarrollar una formación operativa específica especializando a ciertas unidades.
- Desarrollar nuevas técnicas de combate y nuevos equipos para este tipo de combate.

Las IDF tienen una gran experiencia combatiendo en estos túneles. Su principal medio para obtener inteligencia es mediante reconocimientos aéreos utilizando aviones, helicópteros y drones. Posteriormente, una vez los túneles han sido descubiertos, estos son destruidos mediante fuegos muy precisos⁷ involucrando simplemente a la fuerza aérea. También hay acciones en las que, debido a la proximidad de los túneles a la población civil, las acciones de fuego son descartadas y se exigen otras medidas. Para estos casos, las IDF han creado unidades especializadas en el combate en subsuelo, las cuales han dotado de equipo específico (sistemas de respiración autónomos, equipos de protección, dispositivos de cartografía digital, robots para el reconocimiento) y han elaborado sus propias tácticas técnicas y procedimientos (TTP) para este tipo de combate [18]. Por otro lado, como medida preventiva al empleo de túneles, Israel ha construido un muro subterráneo con sensores para detectar obras insurgentes [24].

En el caso de EEUU el ejército ha invertido 500 millones de dólares específicos para el combate en subsuelo [25]. Entre este presupuesto entra equipo específico y el desarrollo de nuevas TTP,s. A parte de este método convencional para el combate en subsuelo, EEUU también hace uso de bombardeos para neutralizar las instalaciones del enemigo.

En 2017, el ejército de EEUU lanzó por primera vez la *Mother Of All Bombs* (MOAB) contra unas instalaciones subterráneas en Afganistán [26]. Esta es la bomba convencional (sin ser nuclear) más potente que tiene EEUU. Otra muestra de que los bombardeos son la herramienta que va a tomar EEUU contra las instalaciones subterráneas es el desarrollo de la bomba *Massive Ordnance Penetrator* (MOP). Esta, a pesar de tener mayor tamaño que la MOAB y a la vez menor cantidad de explosivo, está diseñada expresamente para destruir bunkers y cavidades subterráneas, pudiendo penetrar hasta 200m en el suelo [27], [28].

Finalmente, en el caso de España, en el ET recientemente se ha asignado a la Brigada de La Legión la constitución de Unidades Experimentales para desarrollar TTP,s para este tipo de combate. Recientemente, como Unidad Experimental, La Legión ha inaugurado su nuevo polígono de combate, pionero en España, que integra los 3 niveles de combate en un mismo escenario, permitiendo hacer un combate simultáneo en las tres alturas [9]. Este se encuentra en el Campo de Maniobras y tiro “CMT Álvarez de Sotomayor” en Viator, Almería.

De forma paralela a la creciente importancia de este tipo de combate, recientemente se ha desarrollado el proyecto de Brigada 2035 [6] usando nuevamente a La Legión como Brigada experimental. El objetivo de dicho programa es que el ET esté adaptado al entorno operacional previsto para el año 2035, en el que las nuevas tecnologías, los

⁷ Se exige que sean fuegos muy precisos debido a la proximidad de los túneles con la población civil, tratando de minimizar en la medida de lo posible los daños colaterales.

medios de comunicación y las redes sociales adquieren una gran importancia. Dentro de este marco operacional, también está cobrando gran importancia el empleo de nuevos medios como son los robots [16], autónomos o no, que apoyan a nivel táctico a las tropas en el campo de batalla.

4. Empleo de robots

4.1 Antecedentes

El mayor desarrollo de robots empleados en las fuerzas armadas de los distintos países ha sido en aviación, con los vehículos aéreos no tripulados (UAV) de ala fija [29]. Estos han sido los más desarrollados debido a su facilidad de empleo; permite la recogida de una gran cantidad de información con un sobrevuelo que apenas es detectable. Además, con el uso armado de los UAV, el impulso que han recibido es aún mayor, aumentando de 74 ataques con este medio en 2007 a casi 400 en 2012 solo en Afganistán. Además, esta cifra continúa creciendo y se emplean cada vez en más escenarios [30]. Otra de las ventajas es que, si es derribado, no supone ningún coste humano. De hecho, este ha sido el principal motivo por el que se han empleado los robots, para poder realizar tareas de alto riesgo o repetitivas, liberando al ser humano para otras actividades [16], [29].

Los UAV de ala rotatoria no han sido tan usados por los ejércitos como los de ala fija principalmente por sus desventajas: menor autonomía de vuelo y mayor nivel de ruido; no obstante, la ventaja de poder permanecer en vuelo estacionario hace que en los últimos años se haya hecho un gran desarrollo de este tipo de robots, especialmente en el ámbito civil [31].

Los vehículos terrestres no tripulados (UGV) no han sido tan usados como los UAV debido a su complejidad y a que deben ser capaces de aguantar el ritmo de batalla sin suponer un lastre [32]. Fue en la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) cuando comenzaron a verse los primeros UGV: por parte de los alemanes con el *Goliath* y los rusos con el *Teletank* (Véase FIGURA 6). El primero se trataba de un vehículo teledirigido por cable que portaba hasta 60 Kg de explosivo para introducirse en líneas enemigas y detonarlo. Este UGV habría sido de gran utilidad en la Primera Guerra Mundial, pero en la Segunda Guerra Mundial el tipo de combate ya había cambiado, siendo más dinámico y rápido, quedando desfasado. El *Teletank* por su parte era un vehículo acorazado guiado por radio; a pesar de su potencial, tenía grandes lagunas de diseño y la aplicación que se le dio no fue la adecuada. Esto sumado al alto coste que tenía, supuso que no tuviesen éxito [29], [33].

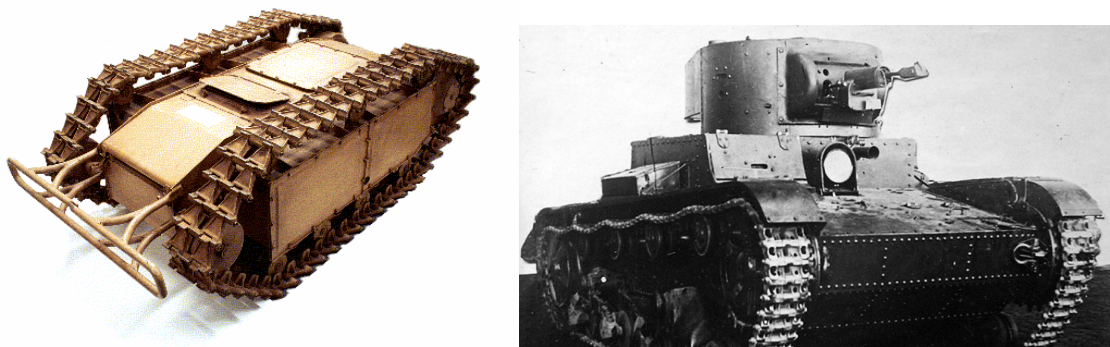


FIGURA 6 - Goliath a la derecha y Teletank a la izquierda / Fuente: <http://ux.museumofworldwarII.org/d-day.html> y <https://sputniknews.com/science/201606191041593039-old-remote-controlled-tanks/> respectivamente.

Actualmente, el mayor empleo de UGV,s va dirigido hacia la desactivación de artefactos explosivos, por tanto se trata de robots que no tienen capacidad de combate, sino de reconocimiento, con brazos móviles que permitan la manipulación de estos artefactos [34].

A pesar de estos usos actuales, las tendencias de UGV están orientándose en dos direcciones: por un lado hacia la creación de un robot de acompañamiento para las pequeñas unidades de infantería y por otro hacia la creación de un robot que permita realizar labores logísticas de abastecimiento con la idea de poder realizar convoyes logísticos autónomos en entornos estratégicos como los actuales⁸ [29].

4.2 Estado del Arte

Actualmente las mayores innovaciones e inversiones en UGV las están haciendo los EEUU, Israel, Rusia y China⁹; siendo los primeros los que más están apostando por esta tecnología. Los robots que se analizarán en este apartado serán algunos de los que contempla el ET en el manual “Posibilidades de empleo de los robots por las pequeñas unidades de combate en escenarios urbanos”¹⁰ [7], los que están en dotación en el Ejército de EEUU [35] y otros robots fabricados por otras casas comerciales que *a priori* son igualmente aptos.

Los UAV que se estudian son tanto de ámbito tanto civil como militar, pues el uso militar de estos está menos extendido. El empleo de medios no oficiales en combate está prohibido, por tanto, se pretende estudiarlos para futuros proyectos que permitan ponerlos en dotación en las unidades.

En los anexos A-F se dispondrá de la información detallada de los distintos robots, analizando solo lo esencial en este apartado.

Según la clasificación más extendida por los ejércitos occidentales, los UGV se pueden clasificar en grandes (> 15.000 Kg) y pequeños, y, dentro de los estos se distinguen los ligeros (< 200 Kg), medios (entre 200 Kg y 1.150 Kg) y pesados (de 1.150 Kg hasta 15.000 Kg). Para el uso que se le va a dar, los más convenientes serán los ligeros debido a su tamaño y peso [7].

Dragon Runner 10

Este UGV se contempla en el manual del ET [7]. El *Dragon Runner 10* es un UGV ligero, con un peso de 4,5 Kg. La principal ventaja de este dispositivo, en caso de no tener montado un brazo robótico, es la capacidad que tiene para ser lanzado por un combatiente para poder introducirlo por una ventana o a través de un pasillo sin que sufra en su caída. Además, puede ser transportado por un solo combatiente gracias a sus dimensiones: 39,4 x 35,1 x 15,3 cm (largo, ancho, alto). Cuenta con cámaras tanto diurnas como nocturnas, frontales y traseras. Tiene un alcance máximo de 650 m. (Véase FIGURA 7).

⁸ Convoyes como los que tienen lugar en Afganistán, una de las misiones más comunes que tienen lugar en estos despliegues.

⁹ A pesar de que se conoce la existencia de estos medios por parte de Rusia, China e Israel, la información de estos robots no ha sido posible de obtener.

¹⁰ A pesar de que el manual es de 2008, los robots que se han analizado son las últimas versiones de estos, es decir, no se trata de robots de 10 años sino de sus versiones modernas.

Dragon Runner 20

El *Dragon Runner 20* es similar al modelo 10, no obstante, tiene mayores dimensiones y peso: 30.99 x 42.16 x 15.3 cm (largo, ancho, alto) y 9 Kg. Sigue pudiendo ser transportado por un solo combatiente, no obstante, no puede ser lanzado ya que no es simétrico. Cuenta con el mismo alcance máximo que el modelo 10. A diferencia del anterior, este cuenta con cámaras laterales (Véase FIGURA 7).

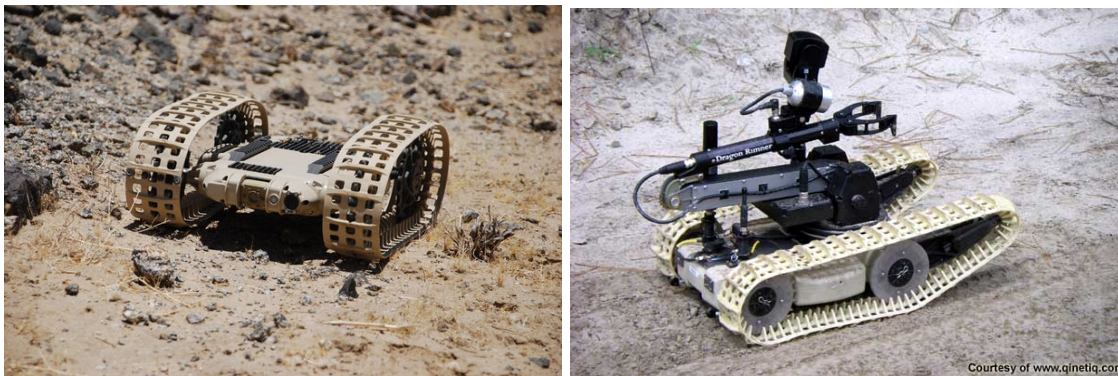


FIGURA 7 - *Dragon Runner 10* a la izquierda y *Dragon Runner 20* a la derecha / Fuente: <https://newatlas.com/qinetiq-dragon-runner-10/19568/> y <https://www.army-technology.com/projects/dragonrunnerrobots/> respectivamente.

PackBot

Este robot, además de estar contemplado en el manual [7], ha sido adquirido por el ET en 2008. Las seis unidades de las que se dispone han utilizadas fuera y dentro de territorio nacional [36]. El *PackBot* es un UGV modular, con distintos complementos que pueden ser montados y desmontados fácil y rápidamente a nivel usuario. Puede ser transportado por un combatiente debido a su peso de 11Kg (sin baterías). Tiene unas medidas de 68,6 x 52,1 x 17,8 cm (largo, ancho, alto). Dispone de unas orugas móviles que le permiten una mayor movilidad (Véase FIGURA 8). Para poder controlarlo, tiene un mando similar al de las consolas de videojuegos y un monocular con afuste para el casco, de forma que puede ser controlado a la vez que la unidad se mueve¹¹. Está orientado al reconocimiento y desactivación de artefactos explosivos tipo *Improvised Explosive Device* (IED)¹², no obstante, puede ser empleado en muchos otros ámbitos. Posee 4 cámaras (ópticas, infrarrojas y térmicas) que permiten visión en total oscuridad. Puede ser controlado a través de señales de radio o a través de cable de fibra óptica.



FIGURA 8 - *PackBot* / Fuente: <https://www.army-technology.com/projects/irobot-510-packbot-multi-mission-robot/>.

¹¹ El modo de control de *PackBot* puede variar, disponiendo también de otros modos de control.

¹² Dispositivo colocado o fabricado de forma improvisada que incorpora productos destructivos, letales, nocivos, pirotécnicos o químico-incendiarios y que se diseña para destruir, mutilar, distraer u hostigar al enemigo.

TALON

Otro de los UGV que están incluido en el manual del ET [7] es el *TALON*. Se trata de un UGV polivalente originalmente pensado para la detección y desactivación de explosivos con la intención de proteger al personal de desactivación, no obstante, sus capacidades lo hacen mucho más versátil pudiéndose usar para reconocimientos, vigilancia, detección NBQ-R y para la protección de la fuerza. Al igual que el *PackBot*, se trata de un UGV modular; tiene unas dimensiones de 86,4 x 57,2 x 42,7 cm (largo, ancho, alto), un peso de entre 52 y 71 Kg y una autonomía de hasta 8,5 horas (Véase FIGURA 9). Adicionalmente, cuenta con la versión denominada *SWORD* que está artillado con ametralladoras de calibre 7,62 mm, 12,70 mm, lanzagranadas de 40mm o botes de humo. Cuenta también con cámaras que le permiten observación en 360° y en cualquier condición gracias a cámaras térmicas e infrarrojas [7].¹³

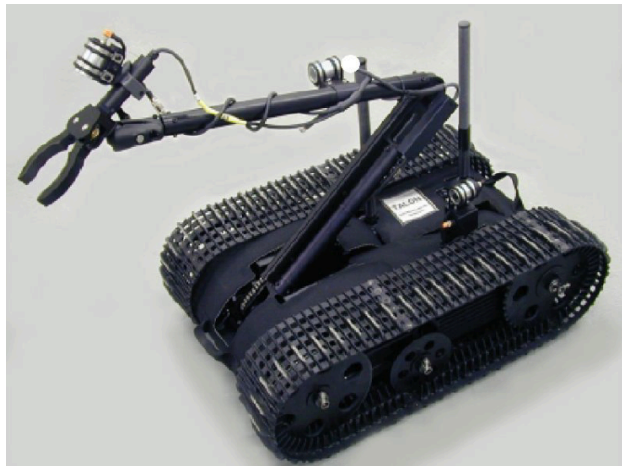


FIGURA 9 - Robot TALON / Fuente: Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2008 [24].

Black Hornet

Este UAV está actualmente en dotación en unidades del ET. El *Black Hornet* es un UAV de ala fija. Se trata de un UAV para cometidos de Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento (ISR). Tiene una longitud de 168 mm y un diámetro de rotor de 123 mm (Véase FIGURA 10). Cuenta con un controlador tipo *joy-stick* con pantalla, permitiendo que una sola persona transporte todo el equipo. Cuenta con cámaras de visión tanto diurna como nocturna.



FIGURA 10 - Black Hornet / Fuente: <https://www.flir.com/products/black-hornet-prs/>.

¹³ Tanto el *PackBot* como el *TALON* pueden operarse bajo el agua en caso de inundación (1 metro de agua) el resto aguantan menor profundidad no pudiendo sumergirse.

tEODor

El *tEODor* se encuentra en dotación en el ET. Se trata de un robot para la desactivación de explosivos que ya ha sido usado en operaciones fuera de España. Es un UGV de orugas, que cuenta con un brazo extensible y multifunción capaz de levantar cargas de hasta 100 Kg. Tienen unas dimensiones de 130 x 68,5 x 124 cm (largo, ancho y alto) y un peso de 375 Kg (Véase FIGURA 11). Cuenta con una gran cantidad de sensores y cámaras que permiten controlar el robot para la desactivación de los explosivos. Distintas variantes de esta robot también están disponibles en el Cuerpo Nacional de Policía y la Guardia Civil [37].



FIGURA 11 - Robot tEODor / Fuente: <https://bit.ly/2CG2PBg>.

DJI Spark

El DJI Spark es un UAV civil, de ala rotatoria, tipo cuadricóptero. Actualmente está en el mercado y puede adquirirse fácilmente. Tiene unas dimensiones de 143 x 143 x 55 mm (largo, ancho, alto), lo que permitiría ser transportado por un solo combatiente (Véase FIGURA 12). Tiene capacidades para evasión de obstáculos lo que le permite no chocar con las paredes u objetos. Solo cuenta con cámara diurna con capacidad de vídeo y foto. Puede ser controlado a través de una tablet o móvil y puede usarse adicionalmente un mando para facilitar el control.



FIGURA 12 - DJI Spark / Fuente: <https://www.dronerush.com/dji-spark-unboxing-setup-getting-started-9505/>.

5. Condiciones en ambiente subterráneo

A lo largo del siguiente apartado se analizarán distintos factores presentes en el combate en subsuelo, tanto del propio entorno como de la interacción con el medio, mediante estudios de campo. En concreto se analizará el sonido, la luz y las comunicaciones inalámbricas.

Antes de entrar en materia con los factores mencionados, es necesario explicar que el medio subterráneo es contrario a la naturaleza humana, ya que las condiciones que se dan en este ambiente causan sensación de desagrado que puede transferirse en miedo [38].

El miedo y el combate son dos conceptos altamente relacionados, y a su vez estudiados por varios ejércitos [39], [40], [41]. Aunque el miedo en el combate no se debe meramente al miedo a la muerte, sino que se debe a lo desconocido y la incertidumbre. Este temor es el origen de la mayoría de los miedos, que en el combate puede producir un bloqueo en los combatientes¹⁴, haciendo que estos no actúen como es debido o que si quiera hagan fuego [42].

Estos factores se ven multiplicados en el subsuelo, ya que la sensación de descontrol e incomodidad aumenta. El miedo más común que aparece en esta situación es la claustrofobia¹⁵, produciendo ataques de pánico incluso en personal que no tenga un histórico de claustrofobia, siendo un factor que no se puede controlar [19]. A esto hay que sumar también la posibilidad de que, debido a efectos geotérmicos, pueda haber temperaturas altas en el subsuelo. Este calor podría producir golpes de calor, deshidratación y estrés térmico [43].

El factor humano es importante en este tipo de combate ya que no todo combatiente es compatible con el subsuelo, pudiendo producir ataques de pánico o ansiedad en cualquier momento suponiendo una carga para la unidad [36]. El factor humano no será estudiado a continuación ya que de él no se obtienen más conclusiones sobre el robot salvo la necesidad de su empleo para evitar el empleo de tropas en situaciones de máximo estrés.

5.1 Sonido

El sonido también es un factor que influye en el ambiente en subsuelo, pues al tratarse de un espacio cerrado y reducido, entre un reflejo de onda y otro apenas se produce una atenuación [44]. Esto se resume en una gran sonoridad en el interior de las cavidades, por tanto, cualquier sonido que se produzca en su interior puede ser escuchado mucho más lejos de lo que se podría escuchar en superficie. Por este motivo, el factor sorpresa es más difícil de conseguir, ya que una mala pisada por un combatiente, un roce con las paredes o una caída pueden suponer la pérdida de esta sorpresa.

El objetivo de este apartado es comprobar hasta qué distancia llega el sonido con la intención de determinar la precisión que deben tener los micrófonos del robot. Por otro lado, también se ha usado para especificar a qué distancia podrían ser escuchados determinados ruidos que produzca el robot.

La sonoridad en el interior de la galería depende de varios factores como el material de las paredes, si estas son lisas o no, el ancho y alto de la cueva, la cantidad de esquinas que haya, etc. [45].

¹⁴ Este miedo no solo era por la naturaleza caótica del combate, sino también por la soledad, pues el combatiente, cuando se siente solo, se siente indefenso e incapaz de actuar.

¹⁵ Este no es el miedo a los espacios cerrados en sí, sino el miedo a la falta de aire y a la restricción de movimiento [47]

Para comprobar hasta qué distancia eran apreciables los distintos sonidos, se usaron las galerías subterráneas con las que cuenta el RI Canarias 50 en el CMT La Isleta¹⁶. No se pudieron hacer pruebas en otro tipo de galerías debido a falta de instalaciones. Se trata de unos túneles de unas posiciones defensivas artilleras que conectan varios puestos de observación y piezas de artillería. Cuenta con 4 ramales principales, que a su vez se van subdividiendo dando lugar a distintos almacenes; el ancho de los túneles es de 3 metros, con una altura de más de dos metros; tiene paredes lisas de hormigón favoreciendo la propagación del sonido.

Las pruebas que se han medido y los resultados son los siguientes¹⁷:

- Un cambio en la aleta selectora del fusil se puede escuchar a 350 m.
- Un roce con el equipo en una pared se puede escuchar a 200 m.
- Un tropiezo de un combatiente puede escucharse a 250 m.
- Personal murmurando puede escucharse a 90 m.
- Una conversación normal puede escucharse a 400 m.
- Una comunicación a través de medios radio puede escucharse a 100 m.

Con esto podemos concluir que el robot necesita unos micrófonos sensibles que sean capaces de detectar sonidos tanto graves como agudos, con una precisión superior al oído humano. De forma que, por ejemplo, pueda ser capaz de escuchar una conversación murmurando a más distancia que los combatientes (más de 90 m).

Por otro lado, tanto el cambio de la aleta selectora como el roce con el equipo en una pared son sonidos similares a los que podría hacer un robot. La aleta selectora es un sonido de piezas de plástico moviéndose, como podría ser un mecanismo del robot y el roce del equipo sería el equivalente a un roce del robot con una pared o un derrape de una de las ruedas u orugas. Se concluye por tanto que el robot podría ser detectado a 350 m si no tiene medidas para reducir el sonido.

5.2 Comunicaciones

Para comprobar la distancia a la que se puede establecer enlace en el interior de la galería se trató de establecer enlace a la mayor distancia posible. El objetivo es comprobar la distancia a la que se podría mantener comunicación con el robot en el interior de los túneles. El sistema de transmisión que se utiliza para este combate a nivel pelotón y con el que se hizo la prueba es el radioteléfono *Spearnet*; sin embargo, para poder establecer comunicación con el exterior de la galería es necesario hacer uso de comunicación por cable, ya que el último elemento no va a poder establecer comunicación con el exterior haciendo uso de sistemas radio¹⁸.

El radioteléfono *Spearnet* tiene la capacidad de hacer de relé de forma automática, es decir, si entre dos terminales radio (A y B respectivamente) no hay comunicación directa, un terminal intermedio (C) puede ejercer de relé y permitir la comunicación entre A y B. Esto permite que en el interior de la galería pueda establecerse una burbuja de comunicación. Véase el croquis en la FIGURA 13. Mediante una prueba se comprobó el enlace a lo largo de la galería y se consiguió, con tres radios (una de ellas de relé) establecer comunicación a 400 m.

¹⁶ Croquis de la galería para instrucción de combate en subsuelo en el anexo G.

¹⁷ El sonido se trató de medir con un dispositivo móvil tipo Smartphone, pero la sensibilidad del micrófono no era capaz de distinguir sonidos tan débiles. Por tanto, se usó el oído humano para determinar cuándo se dejaban de escuchar los sonidos.

¹⁸ Estas pruebas han sido realizadas por el personal del RI Canarias 50 y se ha tomado como procedimiento.

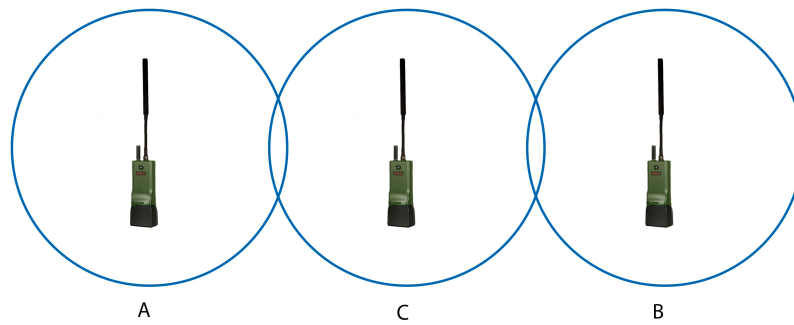


FIGURA 13 - Croquis burbuja con Spearnet / Fuente: Elaboración propia a partir de <https://bit.ly/2yA8Lch>.

A pesar de que el sonido se multiplica y las ondas pueden llegar más lejos, con las señales de radio no pasa lo mismo; de hecho, el efecto es el contrario, produciendo problemas en las comunicaciones mucho más destacables que los que se producirían en superficie debido al apantallamiento; cada esquina que haga la galería supone un gran problema en la transmisión de la señal ya que pierde mucha intensidad y no es posible establecer una comunicación.

5.3 Oscuridad

Con el objetivo de determinar el tipo de cámaras que debe tener el robot, a lo largo del apartado se realizará un análisis de las condiciones de luz en el subsuelo. La luz apenas llega a unos 15 m dentro de la cavidad (dependiendo de la forma de esta), por tanto, son necesarios medios de visión nocturna, térmica o bien una iluminación artificial.

En primer lugar, es necesario distinguir los dos tipos de visión nocturna: por un lado, tenemos los visores pasivos, que solo multiplican la luz residual y ambiente; y por otro los visores activos, que emiten una luz infrarroja (IR) que ilumina el medio y permite una mayor visión. Por otro lado, también hay medios de visión térmica, que resaltan los cambios de temperatura produciendo una imagen de contrastes, estos no fueron estudiados en el análisis ya que los combatientes solo hacen uso de los medios mencionados antes (activos y pasivos).

Los medios de visión nocturna son los más empleados, sin embargo, cuentan con una gran cantidad de desventajas¹⁹. Dentro de las desventajas de los medios, en primer lugar, hay que mencionar que el haz infrarrojo tiene un alcance limitado. Por tanto, todo lo que no quede iluminado por dicho haz no podrá ser visto. Otra de las limitaciones que suponen es que no tenemos capacidad de apreciar la profundidad en la imagen con ninguno de los dos medios, solo recibimos una imagen plana en la que no se pueden distinguir oquedades en las paredes de la galería o en el suelo. A esto hay que sumar que las retinas de estos dispositivos son muy sensibles; en caso de que estos sean expuestos a la luz, las retinas pueden quemarse y quedar totalmente inoperativos; por tanto, es necesario apagar el dispositivo y taparlo cada vez que hay luz. Adicionalmente se debe mencionar que el sistema de enfoque de este tipo de dispositivos no es automático, sino que se tiene que enfocar manualmente a través de una ruleta, por tanto, para poder cambiar el enfoque hay que manipular el dispositivo.

Dentro de una galería subterránea, en cuanto a efectos de luz, se distinguen 3 zonas (véase FIGURA 14); en primer lugar se encuentra la zona cercana a una entrada de luz

¹⁹ El empleo de medios de visión nocturna dependerá de la ambientación de la operación, si se requiere sorpresa o no.

ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES EN EL USO DE ROBOTS EN COMBATE EN SUBSUELO

natural en la que es posible ver en el interior de la galería (Zona 1); siguiendo hacia el interior de la galería se puede distinguir una zona en la que no se puede ver sin usar medios de visión nocturna (con nuestra propia vista), pero el medio de visión nocturna pasivo es capaz de amplificar la luz residual (Zona 2). Finalmente se encuentra una zona de oscuridad absoluta, en la que no se puede ver ni usando los medios de visión nocturna pasivos ya que no hay suficiente (o es nula) luz residual. En este caso se tiene que hacer uso de la luz IR con el dispositivo de visión nocturna o linterna IR (Zona 3).

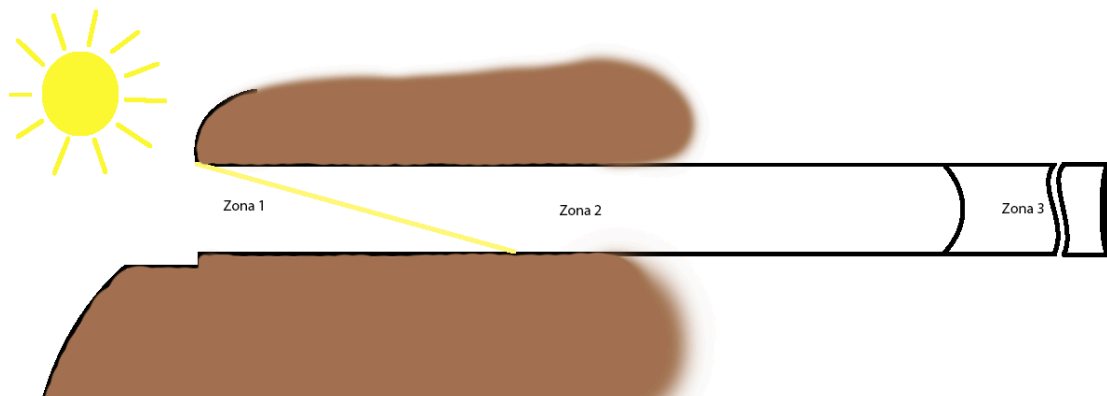


FIGURA 14 – Croquis con Zonas de luz. / Elaboración propia.

Con la intención de tener datos cuantitativos sobre el efecto de la oscuridad en el ambiente subterráneo, se han realizado una serie de pruebas. El objetivo es determinar los alcances hasta los que se puede ver y distinguir objetos, tanto con medios de visión nocturna como sin ellos. De los medios en dotación en el ET, los más utilizados y que se pueden encontrar en las unidades distinguimos las GVN-401 y el monóculo AN/PVS-14. En el caso del RI Canarias 50, solo se dispone del monóculo, por tanto, fue el medio que se usó para hacer las pruebas. Se han realizado mediciones usando, por un lado, una figura con altos contrastes y formas rectas fácilmente distinguibles (Véase FIGURA 15) y por otro lado la figura humana para averiguar las distancias a las que se ve.

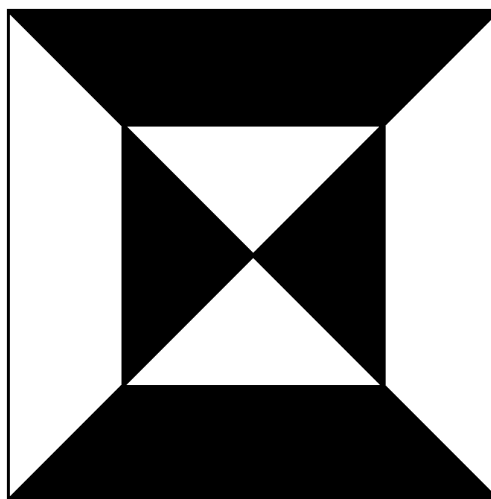


FIGURA 15 – Plantilla para análisis de visibilidad. / Elaboración propia.

Con el uso de esta figura, impresa en tamaño A4 se hicieron varias pruebas:

- Manteniéndola en las manos a la altura del pecho a 30 cm de la cara y adaptando la visión a la oscuridad (30 minutos), se midió la distancia desde la entrada hasta que dejaba de ser visible a través de la luz natural. A lo largo de la galería había

una esquina de 90° que hacía que la luz se redujese notablemente. Con esto se puede evaluar la visión a corta distancia.

- En la zona 2 se midió la distancia a la que nos podíamos alejar de la figura y seguir viéndola sin usar la luz IR, es decir, solo luz residual.
- Alcanzando la oscuridad absoluta en la galería zona 3 se midió la distancia a la que nos podíamos alejar de la figura y seguir viéndola usando el medio de visión nocturna con luz IR. Con esto se pretende evaluar la capacidad de observación de los medios de visión nocturna.

Las pruebas con la figura humana se trataban de distinguir a un combatiente en el interior de la galería, tanto de pie como en tendido en las 3 zonas: con luz natural de la entrada (zona 1)²⁰ y sin medios de visión nocturna, zona 2 con luz residual de la entrada y finalmente sin luz natural ni residual (zona 3), con medios de visión nocturna y uso de luz IR. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 - Distancias de visibilidad / Fuente: elaboración propia.

	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
FIGURA	130 m	7 m	28 m
DE PIE	5 m	28 m	31 m
EN TENDIDO	3 m	19 m	23 m

En la FIGURA 16 se puede ver, en la Zona 2, la diferencia entre llevar la luz IR encendida o apagada. Esta falta de visión es una de las causas por las que es necesario el uso de unas capacidades de observación superiores en el robot que permita combatir en este entorno con mayor seguridad y efectividad. Las características más importantes son la capacidad de absorber luz residual, permitiendo ver sin necesidad de luz IR y tener una luz IR que tenga mayor alcance (más de 50 m) para la zona 3.

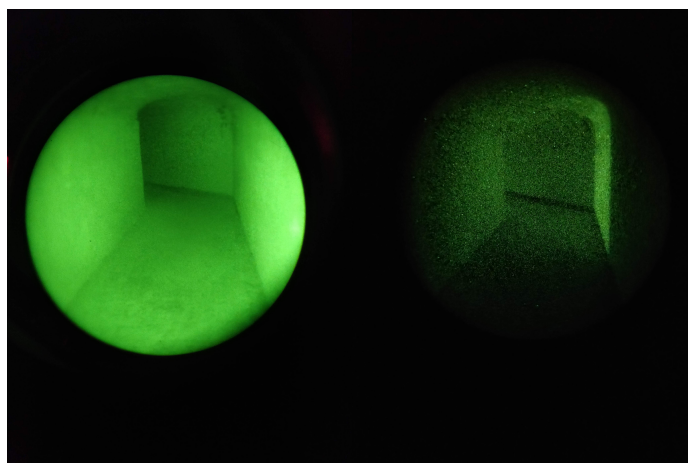


FIGURA 16 - Esquina túnel con y sin luz IR respectivamente / Fuente: elaboración propia.

6. Análisis de necesidades según la encuesta

Se ha realizado una encuesta para extraer la mayor cantidad de información posible a partir de la experiencia y conocimientos del personal de distintas unidades (véase anexo

²⁰ Es necesario especificar que esto depende de la distancia a la que se esté de la entrada, pues la luz natural que entra se va reduciendo con la distancia y, sobre todo, con las esquinas.

H). Se ha utilizado una herramienta de análisis de riesgos con el fin de prever los posibles errores, irregularidades o deficiencias que se puedan producir en el desarrollo de la encuesta. Lo que analiza esta herramienta son los distintos riesgos que se puedan dar; una vez se han identificado los riesgos, se analizan las causas de estos riesgos para poder actuar sobre el origen del problema. En total se han distinguido 9 riesgos:

- 1. Personal entrevistado no tiene conocimiento suficiente en combate en subsuelo como para que las encuestas sean relevantes.
- 2. Resultados de la encuesta muy dispares, no habiendo una respuesta clara que predomine sino respuestas muy distribuidas sin que una respuesta destaque.
- 3. La encuesta no llega a mucho personal teniendo poca acogida y pocas respuestas.
- 4. Resultados contradictorios en una encuesta, encontrándose resultado distribuidos entre dos opciones opuestas.
- 5. Los resultados de las encuestas no permiten el análisis de las necesidades que tenga que tener el robot.
- 6. La encuesta no es rellenada por el personal tendiendo poca acogida y pocas respuestas.
- 7. El personal encuestado no rellena la encuesta debidamente, contestando a preguntas sin analizarlas o aleatoriamente.
- 8. El personal encuestado hace mucho uso de la opción NS/NC.
- 9. Las opciones presentadas en la encuesta no son las adecuadas, no siendo ninguna de ellas válida o habiendo mejores opciones que no se hayan contemplado.

Una vez se han identificado los riesgos y sus causas, a cada uno de los riesgos se les atribuye un código alfanumérico que identifica por un lado la probabilidad de que ocurra evaluado del 1 al 3 y por otro lado el impacto que supone que ocurra evaluado en alto, medio o bajo (H, M, L).

A continuación, se evalúa el efecto que supone que ocurra este riesgo, es decir, las consecuencias de que ocurra y posteriormente, con toda esta información, se plantea una medida que trate de solucionar dicho problema o que trate de evitar que aparezca ese riesgo. Finalmente, se vuelve a evaluar la probabilidad y el impacto teniendo en cuenta la medida para comprobar si este riesgo se ha reducido.

Tras la evaluación del impacto y probabilidad, el riesgo de mayor importancia resultó ser el sexto, con un código 3H. Los riesgos 3, 5, 7 y 9 resultaron con un código 2H. Estos riesgos, al ser los más importantes, son sobre los que primero hay que actuar y sobre los que más medios tienen que aplicarse para tratar de reducirlos al máximo. En la Tabla 2, pueden verse las ponderaciones de todos los riesgos contemplados.

La medida que se ha tenido en cuenta, por ejemplo, para el sexto riesgo – el de mayor importancia – es facilitar la realización de la encuesta ofreciendo distintos medios para rellenarla, dando opción a rellenarla tanto en papel como en formato digital a través de un gestor de encuestas. De esta forma se consigue reducir el riesgo de un código 3H a un código 2H ya que se disminuye la probabilidad de que ocurra, pero la gravedad, en caso de que se produzca, es la misma. En el Anexo I se puede ver toda la herramienta.

La distribución de la encuesta se realizó tanto en soporte papel como de forma online a través de Google Encuestas (para una mayor difusión y mayor facilidad en el tratamiento de datos) entre el 1 y el 15 de octubre. La encuesta se divide en total en 6 partes, cada una de ellas con una finalidad distinta. En primer lugar, para referenciar la encuesta y conocer la relevancia del entrevistado, se piden datos personales del entrevistado como empleo, unidad, función, etc. La muestra fue de 72 personas, todos

militares²¹ de distintas unidades, entre ellas el RI Canarias 50, la Brigada de la Legión, la Academia General Militar y Operaciones Especiales.

Tabla 2 - Resumen riesgos / Fuente: Elaboración propia.

Matriz riesgos proyecto

Probabilidad	3	0	0	1	Clase riesgo	
	2	1	1	4		Alto (rojo)
	1	0	2	0		Alto - medio (naranja)
		Low	Medium	High	Medio (amarillo)	
		Impacto			Bajo (verde)	

A continuación, se encuentra el bloque A – experiencia – para poder evaluar los conocimientos y experiencia del entrevistado. Esta parte es la más importante para la valoración de las respuestas del encuestado. Se ha adoptado un sistema que, mediante ponderaciones, atribuye una mayor importancia al personal que cuenta con mayor conocimiento y experiencia, de forma que sus respuestas sean más relevantes. Las ponderaciones de cada pregunta se muestran en las tablas 3 y 4. De esta forma, la máxima ponderación que se puede conseguir es de 2,25²², así, las respuestas del personal con experiencia y conocimientos valdrá 2,25 veces más que las de alguien que no cuenta con experiencia ni conocimientos de combate en subsuelo. Sin embargo, sus respuestas siguen siendo relevantes porque siguen teniendo conocimientos sobre otros tipos de combate y estos son similares.

Para poder hacerse una idea de la experiencia y conocimiento de la muestra, la medida más significativa de evaluar es la media de las ponderaciones, que en este caso resulta de 1,597. Desgranando cada una de las preguntas obtenemos que un 72% de los encuestados cuenta con experiencia en instrucción en combate en subsuelo, pero solo el 29,3% ha estado en unidades especializadas en subsuelo. El nivel de conocimientos sobre subsuelo de la muestra resulta medio-medio-alto mientras que el nivel de conocimientos sobre combate en ZZUU resulta alto. Con ello podemos concluir que se trata de una muestra especializada y cuyas respuestas son relevantes.

Tabla 3 - Tabla ponderaciones preguntas 1 y 2 / Fuente: elaboración propia.

Pregunta	Respuesta	Ponderación	Respuesta	Ponderación
1	Sí	1.2	No	1.0
2	Sí	1.2	No	1.0

²¹ Incluyendo tanto tropa como cuadros de mando.

²² Este coeficiente sale de multiplicar todos los coeficientes de máxima puntuación entre sí: 1,2 x 1,2 x 1,25 x 1,25.

ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES EN EL USO DE ROBOTS EN COMBATE EN SUBSUELO

Tabla 4 - Tabla ponderaciones preguntas 3, 5, 6 / Fuente: elaboración propia.

Pregunta	Resuesta	Ponderación	Respuesta	Ponderación	Resuesta	Ponderación	Respuesta	Ponderación	Resuesta	Ponderación
3	1	1.0	2	1.1	3	1.15	4	1.2	5	1.25
5	1	1.0	4	1.1	3	1.15	4	1.2	5	1.25

Seguidamente se encuentra el bloque B – medios –. Las preguntas de este apartado hacen referencia a los medios que se tienen en dotación en el ET para tratar de encontrar carencias que se tengan en cuanto a material en el combate en subsuelo. El objetivo no es encontrar qué material debe ser desechado o proponer nuevos programas de adquisición, sino ver las carencias que se tienen en el combate en subsuelo para tratar de solventarlas con el robot. Por ejemplo, si hay grandes carencias en los medios de visión nocturna, implementar medios de observación que compensen esa carencia para tener mayor capacidad de observación.

Analizando los resultados, se concluye que la valoración del material es muy mala y que el material no es apto para el combate en subsuelo, por tanto, se debe determinar qué medidas hay que implementar en el robot para poder paliar estas carencias. Las mayores lagunas, según los encuestados son: el armamento, que es demasiado largo; los medios de visión nocturna, que tienen poca resolución y no tienen autoenfoque; y, por último, la falta de un escudo balístico para que, en caso de ruptura de contacto²³, pueda servir de abrigo²⁴ para las tropas.

Además, el 76,48% de los votos proponen nuevos proyectos de adquisición, los cuales hacen referencia de nuevo a los ya mencionados y, además, la necesidad de medios de transmisiones y al equipo (casco y chaleco porta-placas) que debido a su voluminosidad hacen más difícil los reconocimientos y avances por espacios reducidos. Por último, el 80,07% de los votos creen necesaria la adquisición de un robot. Otra de las sugerencias que aportan los encuestados es la necesidad de armamento corto y munición de 9mm para evitar rebotes que puedan afectar a las tropas propias.

El bloque C se centra en las necesidades del combate en subsuelo de forma general, sin aplicarlo a los robots, sino tratando de encontrar las características generales del combate en subsuelo para sacar conclusiones acerca de los robots.

Aquí se concluye que es necesario el sigilo (82,34% de los votos); que los medios de visión nocturna y térmica son esenciales (90,87% de los votos); que la capacidad de superar obstáculos y pasos estrechos es superior a la necesidad de velocidad (78,21% frente al 40,73%); que la precisión de los fuegos es más importante que la potencia de los mismos y, finalmente, que la necesidad de protección NBQ-R no resulta de especial importancia, como sí lo es la capacidad de detección NBQ-R²⁵.

A continuación, el bloque D – especialización –, trata de encontrar la necesidad de especialización en el combate en subsuelo, si este combate debe ser entrenado solo por determinadas unidades o debe ser una aptitud más. De esta forma, se concluirá si el robot debe ser exclusivo para el combate en subsuelo o este debe ser un robot polivalente que pueda emplearse en varios tipos de combate, incluido el subterráneo.

La mayor parte de los votos (63,39%) creen que el combate en subsuelo debe ser una aptitud más de cualquier unidad de infantería, no obstante, también creen que debe haber unidades especializadas en dicho combate (71,96%). Además, el 84,47% de los votos

²³ En caso de ataque enemigo, salir de la zona de muerte o zonas cubiertas por el fuego respondiendo al mismo.

²⁴ Estructura que supone una cubierta para las tropas, fuera de fuego hostil.

²⁵ Se concluye que la protección no es necesaria ya que, si la zona no es segura para pasar, no habrá ENE en el interior. Por tanto con tener un detector para saber si es viable o no el avance es suficiente.

cree que debe haber material específico para el combate en subsuelo. Finalmente, el 61,33% de los votos cree que el robot debe ser polivalente, no solo para el combate en subsuelo, por tanto, tendrá que tener capacidades para otro tipo de combates como en ZZUU.

Por último, el bloque E – necesidades robot – hace referencia a las necesidades específicas que debe tener el robot, preguntando por sus especificaciones y su tipo de funcionamiento. A pesar de la importancia del resto de bloques, este es el de mayor aplicación (y más directa) al trabajo en cuestión, pues las conclusiones que se obtienen son de aplicación directa a las necesidades.

De este último apartado se sacan las siguientes conclusiones: casi la totalidad de los votos optan por un robot controlado (85,59%), el 65,52% de los votos opta por que el robot solo sea empleado en ocasiones puntuales y que no siga en todo momento a las tropas. En cuanto a su empleo, se requeriría para que avanzase como punta de vanguardia, distanciado de las tropas para obtener información. En cuanto a la óptica, los encuestados optan por el uso de cámaras de 360°, con aumentos y con visión tanto diurna como nocturna y térmica. En cuanto a su control, los votos se encuentran divididos entre uso de cable y control radio (34,96% y 54,24% de los votos, respectivamente). Referido a su uso y capacidades, la encuesta ha reflejado que se prefiere un robot sencillo y fácil de usar a uno complejo, pero con muchas funcionalidades. Finalmente, en cuanto a su movilidad, la mayoría de los votos están a favor del uso de orugas (56,5%), mientras que el ala rotatoria obtuvo el 21,77% de los votos; no obstante, este último podría quedar descartado por la necesidad de mantener la sorpresa.

A lo largo de toda la encuesta y para cada bloque se encuentran apartados para que el encuestado pueda exponer ideas que no se hayan tenido en cuenta y sean de importancia para el trabajo. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se pueden ver los resultados de toda la encuesta, estando las preguntas de la 1 a la 5 representadas en porcentaje del personal encuestado mientras que el resto está representado como número de votos, siendo el total de estos de 117,0662.

7. Extracción de especificaciones

En primer lugar, como queda reflejado en la encuesta y debido a la necesidad de mantener la sorpresa en este tipo de operaciones, los UAV de ala rotatoria quedan descartados debido al ruido que hacen, por tanto, se limitará al desarrollo de un vehículo terrestre. Debido a las condiciones de sonido que se dan en el ambiente en subsuelo y que se han estudiado, se debe tener en cuenta que, para mantener la sorpresa durante la operación, se necesita un robot sigiloso²⁶.

Para ello se deben tener en cuenta dos tipos de sonidos, el interno producido por el propio robot, como sería el sonido de los motores que mueven las ruedas u orugas, y el sonido que se produce en la interacción del robot con el entorno, como puede ser el golpeo con una de las paredes, la caída de un escalón o un derrape de las ruedas u orugas. Con el fin de reducir el ruido interno del robot, habrá que usar motores silenciosos que generen poca fricción y por tanto un nivel de ruido bajo. Para reducir el ruido de interacción con el entorno, habrá que usar materiales blandos y elásticos para evitar sonidos en caso de impacto. Como se vio en el apartado 5.1, los ruidos más semejantes a los que puede hacer

²⁶ Que haga un ruido muy elevado podría resultar favorecedor, pues puede desorientar al enemigo, o hacerle pensar que la entidad a la que se enfrentan es mayor de lo que es. Actualmente las TTP con las que se está trabajando hacen uso de la sorpresa, avanzando sigilosamente tratando de no ser detectados por el enemigo, pero hay tendencias que optan por romper esta sorpresa y entrar en fuerza para favorecer la protección de las fuerzas que entran, esto dependerá de la situación.

el robot se pueden escuchar hasta 350 m²⁷. En cuanto al sistema de detección de sonido, como se vio anteriormente, tendrá que poder detectar una conversación susurrando a más de 90 m. Estas capacidades permitirán al robot avanzar como punta de vanguardia, evitando que las tropas se vean comprometidas en situaciones en las que, debido a falta de movilidad del equipo en dotación actual, no puedan responder a una determinada incidencia²⁸. Por otro lado, como se vio en el apartado 5.2, las comunicaciones son mucho más complejas en el subsuelo, por tanto, se necesitará un sistema que permita tanto la comunicación por cable como por radiocontrol para poder lanzar a vanguardia el robot y mantener comunicación por cable, teniendo el control radio para otro tipo de situaciones. Este cable deberá estar enrollado en el propio robot para permitir ir soltando cable sin que quede tenso. Como controlador, será necesaria una pantalla tipo “Tablet” y unos joysticks, este sería transportado por un solo combatiente junto al robot (quien sería el operario del mismo). El sistema de control debe ser sencillo, permitiendo formar operadores en poco tiempo.

Debido a las condiciones de oscuridad que se dan en el subsuelo, también cobran importancia los sensores y cámaras que tenga el robot, teniendo que estar dotado tanto de cámara nocturna como diurna²⁹ además de térmica, todas de alta resolución, con capacidad de autoenfoco y autorregulación en función de la iluminación para evitar quemar las retinas del dispositivo. La iluminación infrarroja deberá contar con el mayor alcance posible, pues como se ha visto en el estudio de campo, las distancias de visión actuales son muy cortas. En cuanto a la capacidad de tener aumentos, aunque en el combate en subsuelo esta podría ser prescindible debido a que los pasillos no son significativamente largos, en otros ambientes como puede ser en ZZUU, el zoom es de gran utilidad. Por otro lado, el robot estará dotado de una cámara 360°, de forma que se evitaría usar varias cámaras orientadas en varios sectores usando una sola para cubrir tanto el nivel al que se encuentra el robot como las alturas y no solo hacia el frente, sino también observar la retaguardia. Opcionalmente, se le puede instalar un brazo robótico que le permita obtener puntos de visión más elevados

Debido a las dimensiones de los túneles, el tamaño del robot debe estar limitado no pudiendo usar cualquier tipo de robot. Las distancias que más lo limitan son la anchura (por no caber en el túnel) y la longitud (por no poder hacer giros); la altura no es tan limitante siempre y cuando sea estable y no vuelque fácilmente. Para poder circular en el interior de los túneles que se dan actualmente el ancho máximo debe ser de 40 cm aproximadamente, mientras que de largo podría llegar hasta los 50 cm aproximadamente. Con estas medidas se garantiza que pueda moverse a través de todo tipo de túneles, ya que el ancho no suele ser menor de los 60 cm.

Usando como base la experiencia que tienen las IDF en el combate en túneles y como ha demostrado la encuesta, la movilidad del robot es de especial importancia. Durante las operaciones en las que se han usado este tipo de medios se ha visto que la insurgencia hace uso de obstáculos a base de sacos terreros para evitar el avance de los robots de reconocimiento. Por tanto, será necesario el uso de orugas de goma de dos tramos, como el Packbot.

²⁷ Cambio de aleta selectora y roce del equipo con la pared.

²⁸ La encuesta ha reflejado que el equipo con el que se cuenta actualmente supone serias dificultades para el subsuelo, lo que se traduce en una falta de movilidad.

²⁹ La mayoría de las galerías subterráneas insurgentes cuentan con iluminación, aunque esta la cortarían en combate para contar con ventaja, debe estar previsto que pueda darse un reconocimiento con luz artificial, por lo que es necesario que esté dotado de cámara con visión diurna. Por otro lado, el robot puede ser usado también en otro tipo de operaciones como combate en ZZUU, por tanto, la cámara de visión diurna es necesaria.

Tabla 5 - Resultados encuesta / Fuente: elaboración propia.

TABLA RECUENTO PONDERADA														
	Respuesta	Porcentaje	Respuesta	Porcentaje	Respuesta	Porcentaje	Respuesta	Porcentaje	Respuesta	Porcentaje	Respuesta	Porcentaje	Respuesta	Porcentaje
Nombre y Apellidos														
Empleo														
Unidad														
Especialidad Fundamental														
Puesto táctico/función														
1. ¿Cuenta con experiencia en combate en subsuelo?	Sí	72	No	28										
2. ¿Ha estado en unidades especializadas en combate en subsuelo?	Sí	29,3	No	70,7										
3. Nivel de conocimientos sobre combate en subsuelo.	1	13,3	2	18,7	3	42,7	4	22,7	5	2,6				
4. ¿Qué importancia le da al combate en subsuelo?	1	8	2	20	3	38,7	4	30,7	5	2,6				
5. ¿Tiene experiencia en combate en ZZUU?	1	8	2	6,7	3	21,3	4	45,3	5	18,7				
6. Relación que considera entre combate en subsuelo y en ZZUU	1	1,0	2	16,8	3	26,4	4	42,8	5	13,0				
Comentarios														
7. ¿Cómo valora el material en dotación para el combate en subsuelo?	1	51,6	2	33,5	3	10,2	4	3,8	5	1,0				
8. ¿Cree que el material en dotación es apto para el combate en subsuelo?	1	40,4	2	39,1	3	16,8	4	3,8	5	0,0				
9. Indique los medios en dotación que no considera aptos para combate en subsuelo.														
10. Valore la necesidad de nuevos proyectos de adquisición de material enfocados al combate en subsuelo	1	1,1	2	7,0	3	14,4	4	33,9	5	43,7				
11. Sugiera un nuevo proyecto de adquisición si lo considera necesario.														
12. Valore la necesidad de adaptación de cierto material para el combate en subsuelo	1	2,2	2	7,9	3	21,9	4	39,7	5	28,3				
13. Indique los medios en dotación que considera que necesitan una adaptación al combate en subsuelo.														
14. ¿Considera suficientes los medios NBQ-R de detección y protección?	1	18,8	2	22,5	3	38,7	4	15,8	5	4,3				
15. ¿Cómo valora la utilidad de un robot para combate en subsuelo?	1	2,2	2	7,2	3	10,5	4	32,9	5	47,2				
16. ¿Cree que algún material en dotación necesita una renovación? Indique cuál.														
Comentarios														
17. Valore la importancia del sigilo para el combate en subsuelo.	1	2,6	2	3,1	3	10,6	4	24,5	5	59,3				
18. Valore la importancia de las capacidades de protección NBQ en el combate en subsuelo.	1	5,7	2	2,8	3	43,7	4	30,4	5	17,3				
19. Valore la importancia de las capacidades ópticas para observación en el combate en subsuelo.	1	1,2	2	2,4	3	5,6	4	17,1	5	73,8				
20. Valore la importancia de la velocidad de avance en el combate en subsuelo.	1	4,0	2	23,2	3	31,3	4	17,0	5	24,4				
21. Valore la importancia de la capacidad de movilidad en el combate en subsuelo. (obstáculos, pasos estrechos, etc).	1	0,9	2	6,6	3	14,3	4	30,9	5	47,4				
22. Valore la importancia de la potencia de fuego en el combate en subsuelo.	1	7,6	2	16,7	3	31,9	4	25,5	5	18,3				
23. Valore la importancia de la precisión de fuego en el combate en subsuelo.	1	7,4	2	11,9	3	28,7	4	19,8	5	32,1				
Comentarios														
24. ¿Cree necesaria la existencia de unidades especializadas en combate en subsuelo?	1	10,0	2	7,5	3	9,8	4	28,0	5	44,7				
25. ¿Cree que todas las unidades deben tener instrucción en combate en subsuelo como una aptitud más? (Fuerza, Infantería y Zapadores)	1	6,8	2	4,6	3	25,2	4	38,4	5	25,0				
26. ¿Ve necesaria la instrucción en ZZUU previa a la instrucción en combate en subsuelo?	1	2,4	2	2,6	3	10,8	4	33,8	5	50,4				
27. ¿Cree que debe haber material específico para el combate en subsuelo?	1	3,9	2	2,6	3	10,1	4	18,3	5	65,2				
28. En caso de un robot en dotación para CS, ¿cree que este debe ser específico para CS o polivalente?	Específico	35,0	NS/NC	3,7	Polivalente	61,3		0,0		0,0				
Comentarios														
29. ¿Cree que dicho robot debe tener capacidades para ser autónomo o debe ser controlado?	Autónomo	4,5	NS/NC	6,7	Controlado	88,8								
30. ¿Cree que dicho robot debe estar enfocado solo al reconocimiento o ser capaz de combatir (armado)?	Reconocimiento	26,8	NS/NC	7,6	Armado	65,6								
31. ¿Qué uso cree que debe tener dicho robot?	Transportado	65,5	NS/NC	3,8	Seguir	30,6								
32. ¿Cómo cree que debe avanzar el robot?	Pegado	12,1	NS/NC	7,3	Distanciado	80,6								
33. ¿Cree que el robot debe contar con cámara con aumentos?	Sí	96,4	NS/NC	0,0	No	3,6								
34. ¿Qué tipo de cámara cree que debe tener el robot?	"360"	70,5	NS/NC	0,0	Varias	29,5								
35. ¿Cree que debe ir con luz iluminando la galería o con cámaras de visión nocturna y térmicas?	Luz	7,3	NS/NC	0,0	Nocturno	92,7								
36. ¿Cree que el robot debe avanzar en silencio o es irrelevante?	Silencio	44,7	NS/NC	11,2	Ruido	44,1								
37. ¿Cree que se debe tener un control complejo con muchas posibilidades o sencillo y fácil de usar?	Complejo	15,6	NS/NC	5,3	Sencillo	79,2								
38. ¿Cree que debe tener control por radio o por cable?	Radio	58,9	NS/NC	8,7	Cable	32,4								
39. ¿Para qué tipo de combate debería estar más orientado el robot?	Subsuelo	75,0	ZZUU	21,4	Convencional	3,6								
40. ¿Qué tipo de movilidad cree que debería tener dicho robot?	Ruedas	10,3	Orugas	59,7	Bípodo	0,0	Cuadrúped	7,0	Ala rotatori	23,0				
41. Ordene por prioridad los siguientes requerimientos para el combate en subsuelo: Sigilo, Velocidad, Capacidades ópticas de observación, Capacidad para superar obstáculos														
42. De acuerdo a las necesidades del combate, determine la autonomía que cree necesaria para dicho robot	15	0	15 a 30	0	30 a 1	18,8	1 a 2	13,1	2 a 4	24,9	más de 4	43,2		

En cuanto a las capacidades NBQ, deberá tener capacidades de detección para suplir la carencia de estos medios en dotación. Además de un medio para la detección de posibles agentes tóxicos, también es necesario un medidor de la calidad del aire.³⁰

Finalmente, para dotar al robot de capacidad de combate y proporcionar un fuego rápido de apoyo a las tropas, evitar rebotes y tener un radio de acción más amplio, este debe contar con armamento corto de cartuchos de perdigones como los de una escopeta, con la finalidad de evitar rebotes y tener un radio de acción más amplio. Por otro lado, debido a su polivalencia, deberá ser modular, pudiendo añadir o quitar determinadas características como cambio de armamento.

8. Idoneidad robots analizados

En este apartado se analizará la conveniencia de los distintos robots que se analizaron en el apartado 4.2 viendo cuáles son aptos y cuáles no.

El *Dragon Runner 10*, el *Dragon Runner 20* y el *PackBot* serán analizados en las tablas 6, 7 y 8 respectivamente, siendo el *PackBot* el más completo de los tres. En caso del modelo *ODIS*, este no sería apto para el combate en subsuelo, pues sus medios de visión solo permiten hacer un reconocimiento de los techos, impidiendo la observación de las galerías o edificios hacia vanguardia o retaguardia.

Tabla 6 - Ventajas y desventajas *Dragon Runner 10* / Fuente: elaboración propia.

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> · Capacidad para ser lanzado · Movilidad mediante orugas de goma · Ligero con capacidad de ser transportado · Tamaño adecuado 	<ul style="list-style-type: none"> · Falta de medios de visión · No está artillado · No tiene control por cable · No tiene brazo robótico, cámara muy pegada al suelo. · Falta de medios ópticos (térmicos) · No tiene cámara 360 °

Tabla 7 - Ventajas y desventajas *Dragon Runner 20* / Fuente: elaboración propia.

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> · Movilidad mediante orugas, mayor que la del modelo 10 · Brazo robótico móvil · Cámaras laterales · Ligero con capacidad de ser transportado · Tamaño adecuado 	<ul style="list-style-type: none"> · No está artillado · Falta de medios ópticos (térmicos) · No tiene control por cable · No tiene cámara 360°.

Tabla 8 - Ventajas y desventajas *PackBot* / Fuente: elaboración propia.

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> · Movilidad mediante orugas dobles, máxima movilidad · Brazo robótico móvil 	<ul style="list-style-type: none"> · Dimensiones ligeramente superiores a las recomendadas

³⁰ Es necesario que se compruebe si hay oxígeno suficiente y la calidad del aire es buena como para poder respirar.

<ul style="list-style-type: none"> · Ópticas avanzadas en los 360° incluyendo térmica · Control por fibra óptica · Puede ser transportado por un binomio para entrar a funcionar rápidamente. · Ya hay unidades en dotación. 	<ul style="list-style-type: none"> · Pesado como para ser transportado por un combatiente · No está artillado
--	---

En cuanto al *TALON* y al *tEODor*, a pesar de las ventajas y de que el *TALON* sea el más completo de todos los estudiados, estos tienen unas dimensiones demasiado grandes y son demasiado pesados para entrar en el subsuelo, por tanto, se consideran no idóneos. También se descartan el *Black Hornet* y del *DJI Mavic* por la necesidad de sigilo, ya que el ruido de las hélices es demasiado alto. Además, en el caso del *Black Hornet*, es necesario el uso de señal GPS para poder ser operado, por tanto, es incompatible ya que en el subsuelo no se puede tener señal GPS.

Tras en análisis de las ventajas e inconvenientes, los que más se pueden adaptar a las necesidades recabadas son el *PackBot* y el *Dragon Runner 20*.

Aunque las dimensiones del primero son más grandes que las propuestas, las ventajas que aportan hacen que pueda plantearse estas medidas. A pesar de que ninguno de ellos cuenta con afuste para poder portar armas, este podría ser montado para reunir las especificaciones mencionadas.

Ambos cuentan con cámaras diurnas y nocturnas, pero no son 360°, no obstante, tienen ángulos de visión suficientes como para poder ser operado en subsuelo; además, al ser modular, se le puede montar este tipo de cámaras. Uno de los mayores inconvenientes que tienen es el ruido que hacen; al desplazarse rápidamente o superar obstáculos hacen mucho ruido, tanto por los motores como por choques entre sus distintos módulos, por tanto, necesitaría una adaptación más silenciosa³¹.

A parte de las cámaras y ópticas que ya portan ambos modelos, debido a las deficiencias que tienen los medios de visión nocturna en dotación, ambos modelos necesitarían medios de mayor calidad y resolución para tratar de tener la mayor observación posible. Estas nuevas ópticas deberán ser montadas en un brazo robótico móvil que permita obtener distintos ángulos de visión, sobre todo ganando altura. Otra de las adaptaciones necesarias sería la implementación de un detector NBQ-R y de calidad del aire, ya que ninguno de los dos lo tienen.

Finalmente, ya que ninguno de los robots propuestos cumple la totalidad de las necesidades que se han obtenido a lo largo de este análisis, se propone la posibilidad de crear un nuevo proyecto de adquisición para poder dotar a las unidades de un robot idóneo para estos combates con todas las especificaciones que se han obtenido del presente proyecto.

9. Conclusiones

El combate en tres niveles es cada vez más frecuente, siendo el nivel subsuelo el más complejo de todos debido a la vulnerabilidad de las tropas en este medio. La comunicación y los sentidos se ven comprometidos impidiendo la operatividad de la

³¹ Esto ha sido comprobado en los vídeos <https://www.youtube.com/watch?v=yO3WUVxSpUM&t=159s> y <https://www.youtube.com/watch?v=rryF6S0FKM0>

ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES EN EL USO DE ROBOTS EN COMBATE EN SUBSUELO

unidad. Para poder afrontar esta vulnerabilidad y garantizar el éxito de las operaciones es necesario dotar al ET de medios más modernos sobre los que apoyarse.

En base a la falta de material en dotación que hay en las unidades para este tipo de combate, se han planteado las necesidades que debe tener el robot para tratar de garantizar la libertad de acción y operatividad de las unidades. Estas carencias son, fundamentalmente, referentes a los medios de visión, al armamento, a los medios de transmisiones y al equipo de cada combatiente.

Tras una revisión del estado del arte y de distintos robots existentes actualmente, se concluye que no hay ninguno cuyas características cumplan todos los requisitos obtenidos. Ante esta situación se plantean dos opciones: la adaptación del más apto añadiendo todas las características necesarias o bien el desarrollo de un proyecto de adquisición por parte del ET con el fin de obtener un robot con todas las características mencionadas.

Por otro lado, se obtiene como resultado del análisis que, debido a la variedad de combates que surgen en un conflicto, la limitación de los medios especializándolos en un solo aspecto o modalidad de combate no es la solución óptima; en su lugar, se debe optar por la polivalencia de los medios pudiendo ser empleados en cualquier entorno.

Cerrando las conclusiones, es necesario decir que este tipo de medios es necesario en los combates actuales para tratar de obtener la mayor ventaja posible sobre el ENE. Además, con la utilización de estos medios se conseguiría una menor exposición de las tropas, permitiendo una mayor supervivencia y, a su vez, teniendo el mando una mayor información.

Como líneas futuras se plantea la realización de estos estudios en otro tipo de cuevas o galerías que no fueron accesibles durante el periodo de prácticas. A su vez, en unidades que posean este tipo de robots, estudiar su uso en el ambiente subterráneo permitiendo realizar nuevas TTP,s que contemplen el empleo de estos medios.

10. Bibliografía

- [1] A. M. Arabia Zúñiga, “Nociones de la Guerra Internacional, del concepto clásico de la guerra a los conflictos de baja intensidad. Caso de estudio: guerra contra el terrorismo internacional en Afganistán,” Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, Bogotá, 2009.
- [2] J. R. Sánchez, “Una Respuesta a La Pregunta ‘¿Qué Es La Guerra?,’” *Aposta Rev. Ciencias Soc.*, vol. 6, 2004.
- [3] S. Tzu, *El Arte de la Guerra*, 6th ed. Madrid: Trotta, 2001.
- [4] J. Barrera Parra, “Someter al enemigo sin librar combate,” *Rev. Estud. Soc.*, vol. 14, pp. 11–25, 2002.
- [5] Mando de Adiestramiento y Doctrina, “ENTORNO OPERATIVO TERRESTRE FUTURO 2035,” *Ejército de Tierra*. Granada, 2016.
- [7] Mando de Adiestramiento y Doctrina, *POSIBILIDADES DE EMPLEO DE LOS ROBOTS POR LAS PUs DE COMBATE EN ESCENARIOS URBANOS*. Granada, 2008.
- [8] R. Pierre, *La Primera Guerra Mundial*, vol. 53. Barcelona: Oikos-tau, 2013.
- [10] V. Castellani and W. Dragoni, “Ancient tunnels: from Roman outlets back to the early Greek civilization,” *Proc. 12th Int. Congr. Speology, 1997, Switz. – Vol. 3 Symp. 3 Mines Speology*, vol. 3, 1997.
- [12] L. Grau and T. Thomas, “Russian Lessons Learned From the Battles For Grozny,” *Foreign Military Studies*, 2000.
- [14] T. Chang, “The Battle of Fallujah: Lessons Learned on Military Operations on Urbanized Terrain (MOU) in the 21st Century,” *J. Undergraduated Res. Rochester*, vol. 6, no. 1, pp. 31–38, 2007.
- [16] M. de Defensa, “ROBOTS y SISTEMAS AUTÓNOMOS. EL FUTURO QUE SE AVECINA,” *Revista Ejército*, vol. 924, MADRID, pp. 24–29, Apr-2018.
- [18] CICDE / RED, “Le combat en milieu souterrain : l ’exemple israélien,” *Ejército Francés*. París, 2014.
- [19] Department of the Army Headquarters, “Small Unit Training in Subterranean Environments Headquarters,” *US Army*. Washington, 2017.
- [20] Mando de Adiestramiento y Doctrina, “Operación ‘Margen Protector’: Lecciones De Combate En Túneles .” Granada, 2014.
- [22] MSIS, “The Sinai Peninsula - The Weapon Transfer Threshold,” *MSIS Inf. Rep.*, 2014.
- [23] Complex Operational Environment and Threat Integration Directorate, “Subterranean Environment : Tunnel to Victory, the 2006 Lebanon War.” US Army, Washington, 2014.
- [29] G. Mies, “Military robots of the present and the future,” *Aarms Technol.*, vol. 9, no. 1, pp. 125–137, 2010.
- [30] A. Etzioni, “The Great Drone Debate,” *Mil. Rev.*, no. April, pp. 2–13, 2013.
- [33] P. J. Springer, *Military Robots and Drones: A Reference Handbook*. Santa Barbara: ABC-CLIO, 2013.
- [34] I. Roderick, “Considering the fetish value of EOD robots: How robots save lives and sell war,” *Int. J. Cult. Stud.*, vol. 13, 2010.
- [36] Mando de Adiestramiento y Doctrina, “COMBATE SUBTERRÁNEO (CUEVAS Y TÚNELES): DOCTRINA , PREPARACIÓN Y.” Granada, 2015.
- [37] Cobham PLC, “The EOD robot tEODor,” *Qwick Connect*, pp. 1–10, 2010.
- [38] J. Vilaltella, “Las Fobias,” *Salud*, vol. 35, 2013.
- [39] L. A. Hines, J. Sundin, R. J. Rona, S. Wessely, and N. T. Fear, “Posttraumatic

- stress disorder post Iraq and Afghanistan: Prevalence among military subgroups,” *Can. J. Psychiatry*, vol. 59, no. 9, 2014.
- [40] R. J. Rona *et al.*, “Post-deployment screening for mental disorders and tailored advice about help-seeking in the UK military: a cluster randomised controlled trial,” *Lancet*, vol. 389, 2017.
- [41] J. Sundin *et al.*, “Mental health outcomes in US and UK military personnel returning from Iraq,” *Br. J. Psychiatry*, vol. 204, no. 3, 2014.
- [42] S. L. A. Marshall, “Men Against Fire: The Problem of Battle Command.” University of Oklahoma Press, Oklahoma, p. 226, 1947.
- [43] T. Maurya, K. Karena, H. Vardhan, M. Aruna, and M. G. Raj, “Effect of Heat on Underground Mine Workers,” in *Procedia Earth and Planetary Science*, Amsterdam: Elsevier, 2015.
- [44] H. Imaizumi, S. Kunimatsu, and T. Isei, “Sound propagation and speech transmission in a branching underground tunnel,” *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 108, no. 2, 2000.
- [45] L. E. Kinsler, A. R. Frey, A. B. Coppens, and J. V Sanders, *Fundamentals of acoustics*, 4th ed. Nueva York: John Wiley & Sons, 1999.
- [46] P. J. P. Krause, “The last good chance: A reassessment of U.S. operations at Tora Bora,” in *The Last Good Chance*, Londres: Routledge, 2008.
- [47] C. Martinez Valls, M^a Amparo, Garcia Palacios, Azucena, Botella, “Propiedades psicometricas del cuestionario de claustrofobia en población española,” *Psicothema*, vol. 15, no. 4, pp. 673–678, 2003.

Páginas Web Consultadas

- [6] Ejército de Tierra, “BRIGADA 2035. Un nuevo concepto para futuros conflictos,” *Ejército de Tierra*, 2018. [Online]. Available: http://www.ejercito.mde.es/estructura/briex_2035/index.html. [Accessed: 14-Aug-2018].
- [9] Esteban Villarejo, “La Legión construye el primer campo de combate subterráneo de España | Por Tierra, Mar y Aire,” *abc*, 2018. [Online]. Available: <http://abcblogs.abc.es/tierra-mar-aire/public/post/legion-combate-subterraneo-23734.asp/>. [Accessed: 14-Aug-2018].
- [11] G. Lester W. and A. Ahmad Jalali, “Foreign Military Studies Office Publications - Underground Combat: Stereophonic Blasting, Tunnel Rats,” *Foreign Military Studies Office*, 1998. [Online]. Available: <https://www.globalsecurity.org/military/library/report/1998/981100-underground.htm>. [Accessed: 09-Aug-2018].
- [13] N. Tarzi, “Recordamos la Primera Batalla de Faluya – Monitor De Oriente,” *Monitor de Oriente*, 2018. [Online]. Available: <https://www.monitordeoriente.com/20180411-recordamos-la-primera-batalla-de-faluya/>. [Accessed: 14-Aug-2018].
- [15] L. Morris, “Iraqi troops face booby traps, tunnels packed with explosives as they advance on Fallujah - The Washington Post,” *The Washington Post*, 2016. [Online]. Available: https://www.washingtonpost.com/world/middle_east/iraqi-troops-face-booby-traps-tunnels-packed-with-explosives-as-they-advance-on-fallujah/2016/06/11/97dd7314-2f19-11e6-b9d5-3c3063f8332c_story.html?utm_term=.bb6e0e0214ce. [Accessed: 08-Aug-2018].

- [17] “Tunnel warfare - a short history,” *Defense Update*, 2014. [Online]. Available: https://defense-update.com/20140727_tunnel-warfare.html. [Accessed: 25-Aug-2018].
- [21] Al Jazeera English, “The Gaza Tunnels | Witness,” *Youtube*, 2014. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=v1uatEfM7Xw&t=835s>. [Accessed: 24-Oct-2018].
- [24] Juan Carlos Sanz, “Israel crea un muro subterráneo frente a Gaza contra los túneles de Hamás,” *El País*, 2017. [Online]. Available: https://elpais.com/internacional/2017/08/10/actualidad/1502367357_932064.html. [Accessed: 20-Aug-2018].
- [25] M. Cox, “Army Is Spending Half a Billion to Train Soldiers to Fight Underground,” *Military.com*, 2018. [Online]. Available: <https://www.military.com/daily-news/2018/06/24/army-spending-half-billion-train-troops-fight-underground.html>.
- [26] H. Cooper and M. Mashal, “U.S. Drops ‘Mother of All Bombs’ on ISIS Caves in Afghanistan,” *The New York Times*, 2017. [Online]. Available: <https://www.nytimes.com/2017/04/13/world/asia/moab-mother-of-all-bombs-afghanistan.html>. [Accessed: 22-Oct-2018].
- [27] Global Security, “GBU-57/B Massive Ordnance Penetrator (MOP),” 2012. [Online]. Available: <https://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/mop.htm>.
- [28] US Air Force, “MASSIVE ORDNANCE PENETRATOR,” *US Air Force Web Page*, 2011. [Online]. Available: <https://web.archive.org/web/20120211010609/http://www.af.mil/information/factsheets/factsheet.asp?fsID=18995>.
- [31] M. Guillén, “Tipos de drones aéreos,” *Drone Spain*, 2018. [Online]. Available: <https://dronespain.pro/tipos-de-drones-aereos/>. [Accessed: 24-Oct-2018].
- [32] “Boston Dynamics’ robot dog isn’t ready for the US military,” *CNBC*, 2017. [Online]. Available: <https://www.cnn.com/2017/11/22/boston-dynamics-robot-dog-isnt-ready-for-the-us-military.html>. [Accessed: 24-Oct-2018].
- [35] “Operating robots underground,” *Defense Update*, 2014. [Online]. Available: https://defense-update.com/20140727_underground-robots.html. [Accessed: 25-Aug-2018].

Anexo A
Dragon Runner

ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES EN EL USO DE ROBOTS EN COMBATE EN SUBSUELO

Dragon Runner 10

Specifications

- Size: 15.5" x 13.8" x 6" (l x w x h)
- Weight: 10 lbs (4.5 kg)
- Speed: 4 mph (6.3 ft/s)
- Endurance: 2-3 hrs, mission dependent
- RF Range: 650+m (2,100 ft) LOS
- Acoustics: On-board microphone
- Environmental: IP 65 rated (hose down, drive through puddles)
- Cameras: Front and rear (day and night capable)
- Controller: Compatible with existing QinetiQ/NA controllers
- Payloads: Sensors, manipulator arms, cameras, etc.
- Max arm lift: 4.4 lbs (2 kg)

Highlights

- Lightweight to minimize impact to existing combat load
- Small enough to fit inside an assault pack
- Tough enough to be thrown and survive rough handling and adverse weather
- Excellent RF performance

Dragon Runner 20

Specifications

- Size: 12.2" x 16.6" x 6" in (l x w x h)
- Weight: 20 lbs (9.07 kg)
- Speed: 4 mph (5.8 ft/s)
- Endurance: 3-4 hrs, mission dependent
- RF Range: 650+m (2100 ft) LOS
- Acoustics: Two way Audio (as payload)
- Environmental: IP 65 rated (hose down, drive through puddles)
- Cameras: Front and rear (day and night capable); left and right (day only); quad video display
- Controller: Compatible with all existing QinetiQ controllers
- Payloads: Sensors, manipulator arms, cameras, two way audio, etc.
- Max arm lift: 10 lbs (4.5 kg)

Highlights

- Highly modular and reconfigurable to meet mission requirements (e.g. mobility kits and payloads)
- System can be carried whole or easily split between operators to lighten the load
- Tough enough to survive rough handling and adverse weather
- Extended endurance
- Excellent RF performance

Dragon Runner®

Backpackable robots for reconnaissance and counter IED operations



All QinetiQ North America robots include a maintenance and support plan from the QinetiQ North America factory to worldwide users, permitting module-level repair and sustainment.

Designed and Manufactured in the USA

QinetiQ North America
350 Second Avenue
Waltham, MA 02451 USA
Tel: 781.588.4000
Robots@QinetiQ-NA.com
www.QinetiQ-NA.com

QINETIQ
North America

QINETIQ
North America

©2017 QinetiQ North America
Document #17-10-DR-8


Why Dragon Runner Robots?

The family of Dragon Runner robots provide world class support to military forces and first responders alike. These easily transportable systems enable their operators to carry them into some of the most hazardous conditions and terrains found on earth, from desert and mountainous combat situations in the Middle East and Central Asia, to the streets of Europe and the United States. When you need a reliable, tough robot to advance ahead of your dismounted forces, select a Dragon Runner.


Since first being used by the United States Marine Corps in Iraq in 2003, the Dragon Runner family of robots has continued to evolve, providing expanded capabilities and sizes to meet the ever-increasing needs of a growing array of customer organizations. Dragon Runners are now suitable for military and first responder, security, defense and IED operations.

Why choose Dragon Runners?

They are simply the most rugged and reliable small robots in the world.



Dragon Runner 20



Dragon Runner 10

Available upgrades and modular attachments:

- Tracks
 - Stair climbing
 - Lightweight (DR-10 only)
 - Track extenders (DR-20 only)
- Wheels
- Multi-axis manipulators
- ISR payloads
- Disruptor mounts (DR-20 only)
- Rear stabilizers for stair climbing
- Additional accessories

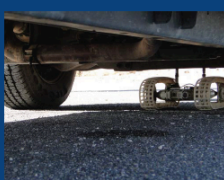
Dragon Runner 10

Micro Unmanned Ground Vehicle

The DR-10 MUGV is a lightweight, compact, multi-mission remote platform developed for supporting small unit dismounted operations. While using a wearable controller, the warfighter sends the DR-10 ahead of his small unit to gain situational awareness and take action.

When fitted with the Light Weight Modular Arm, the DR-10 has the ability to investigate and recover or neutralize a potential IED. This lightweight arm weighs only seven pounds, can be spread loaded amongst the dismounted squad, and requires no tools to quickly install to the vehicle.

DR-10's day and night sensors allow it to serve as the forward eyes of the team while also delivering remote sensors, emplacing counter-IED charges, and more.




Dragon Runner 20

Small Unmanned Ground Vehicle

Small and lightweight, yet rugged and feature-packed, QinetiQ's innovative DR-20 SUGV is a highly specialized unmanned system uniquely suited to give users the ability to literally see around corners and into tight spaces. Modular and reconfigurable, the mission dictates exactly how DR-20 will be used—making it the perfect choice for a wide range of military and first responder applications.

The DR-20 SUGV provides a flexible solution to ordnance disposal, reconnaissance, inspection and security in military and first responder applications. Originally designed for the U.S. Marine Corps, the basic model of the DR-20 SUGV weighs only 20 lbs, measuring just 20 in x 15 in x 7 in (l x w x h).

The DR-20 SUGV can lift from 5 to 10 lbs when fitted with its manipulator arm, which has a rotating shoulder, wrist and grippers for dexterity. It can also expand its mission capabilities when fitted with tracks for enhanced mobility. Options include day/night cameras, pan/tilt/zoom cameras and a microphone.



Anexo B

PackBot

Neutralize roadside bombs,
car bombs and other IEDs...

Screen vehicles, cargo, buildings and
people for traces of explosives...

Search buildings, bunkers,
caves, tunnels
and sewers...



*iRobot 510 with
EOD manipulator arm*

The iRobot 510 PackBot is one of the
most successful battle-tested robots
in the world.

Modular, adaptable and expandable,
PackBot performs bomb disposal,
surveillance/reconnaissance and a
wide range of other dangerous
missions while keeping armed
forces out of harm's way.

More than 4,500 PackBot robots
have been delivered worldwide.



Multi-mission flexibility

Mobile

PackBot easily climbs stairs,
rolls over rubble and navigates
narrow passages with
sure-footed efficiency. The
robot traverses rock, mud,
snow and other tough terrain
at speeds of up to 5.8 miles
per hour.

Expandable

PackBot accommodates a
wide variety of interchangeable
payloads that enable a wide
variety of missions. The robot
is quickly configured based on
the needs of the mission and
the operator's preferences.

Portable

PackBot is deployable by one
person in less than two minutes.
No expensive, specialized
equipment or vehicles are
necessary; the robot is easily
loaded into a MOLLE pack, the
trunk of a car or a helicopter.

Easy to use

PackBot relays real-time
video, audio and sensor data
while the operator stays at a
safe standoff distance. The
robot uses a game-style hand
controller for fast training and
easy operation in the field.

One robot, unlimited possibilities

PackBot is a modular,
multi-mission robot.

Powered by iRobot Aware® 2 robot
intelligence software, the robot's
digital architecture accommodates
a wide range of interchangeable
payloads, sensors and tools that
enable a wide range of missions.

PackBot is quickly configured
based on the needs of the mission
and easily adapts to the
ever-changing requirements of
bomb identification, search and
other life-threatening missions.



I. Start with the robot

Robot

PackBot provides multi-mission flexibility and unlimited customization options on a proven chassis.

- Easily climbs stairs
- Travels up to 5.8 miles per hour
- Climbs grades up to 60 degrees
- Submersible in 3 feet of water
- Operational in all weather environments

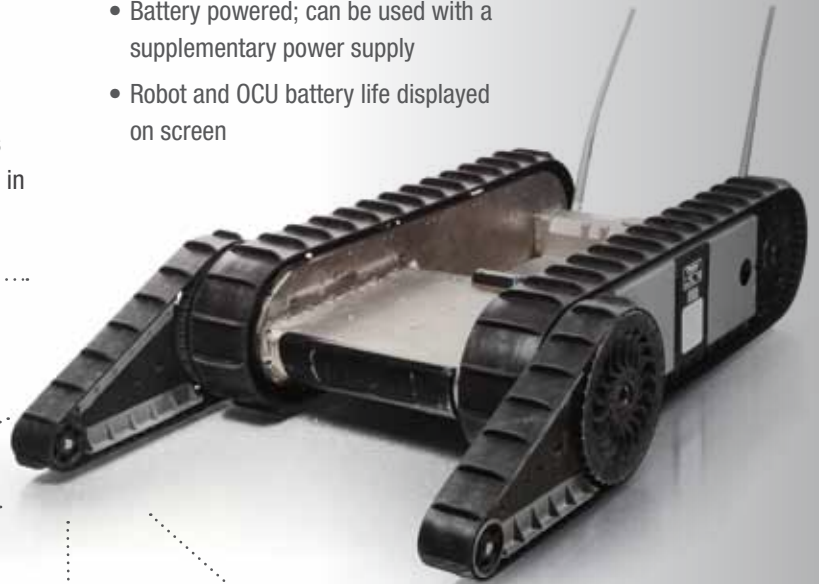
Hand Controller

Modeled after video game-style controllers, PackBot's hand controller makes the robot easy to use, resulting in less training time and faster operations in the field.

OCU

The rugged, lightweight 15" Amrel laptop OCU is easy to use and makes it easy to operate the robot.

- Intuitive graphical user interface
- Pre-set poses for fast positioning of the robot
- Real-time video from multiple high resolution cameras
- 3-D graphics show the robot's orientation
- Battery powered; can be used with a supplementary power supply
- Robot and OCU battery life displayed on screen



II. Add payloads, sensors and tools

Check out our complete list of accessories in PackBot Accessory Catalog



Payloads

PackBot accommodates many payloads and a variety of manipulator arms, including:

- Enhanced Awareness Payload (EAP)
- Manipulator 1.0 (3-Link Arm)
- Small Arm Manipulator (SAM)

Sensors

PackBot accommodates a broad range of sensors, including:

- Flir Fido® Explosives Detection Kit
- LWIR Thermal Camera
- HazMat Detection Kit

Tools

PackBot accommodates a wide selection of tools, including:

- Route Clearance Kit
- Mechanical Cable Cutters
- PAN Disruptor Mount

III. Perform multiple missions

- Explosive Ordnance Disposal
- HazMat Detection
- Surveillance / Reconnaissance
- Checkpoint, Vehicle and Personnel Inspections
- Building and Route Clearance
- Explosives Detection

And many more...



Mesh Radio Kit

Establish reliable communications in radio challenged environments

Inspect culverts, tunnels and other subterranean and restricted features. Increase the communications range in urban and built-up areas. Overcome lost line-of-sight communications due to low lying areas and other terrain features.

With the 4.9 GHz mesh radio kit, PackBot uses multiple nodes to establish and relay communications, increasing the robot's operational range in radio challenged environments. (In addition to standalone nodes, the robot and the radio on the Operator Control Unit (OCU) can also serve as nodes.)

User Assist Package (UAP)

Add semi-autonomous capabilities to PackBot

The User Assist Package makes it faster and easier to use the robot and safer for the operator.

Better situational awareness

The UAP speeds up operations and reduces workload for the operator.

Less risk

The UAP minimizes the need to retrieve a robot that has been flipped over or lost communications downrange.

Robot capabilities

- Retro-traverse
If communications are disrupted, the robot automatically retraces its approach path to restore them.
- Self-righting
If the robot is flipped over, it automatically rights itself and continues the mission.
- Heading hold
The robot maintains a constant heading set by the operator, automatically adjusting for bumps, debris and other obstacles.

OCU capabilities

- GPS mapping
- Custom poses
- Gripper force meter

iRobot PackBot 510 Chassis Specifications

- On-board computer with overheat protection
- 8 payload bays
- Global Positioning System (GPS)
- Compass
- Accelerometers
- Inclinometer
- Dismounted firing circuit
- QuickClamp Fireset and auxiliary port
- Rugged, sealed hard case
- Users manual and documentation

Speed	Up to 5.8 mph (9.3 kph)
Height	7" (17.8 cm) with no payload or manipulator
Width	16" (40.6 cm) without flippers 20.5" (52.1 cm) with flippers
Length	27" (68.6 cm) with flippers stowed 35" (88.9 cm) with flippers extended
Weight	About 24 lbs (10.89 kg) without batteries

Operator Control Unit (OCU)

Size	11.6" L x 13.3" W x 2.5" H (29.5 cm L x 33.8 cm W x 6.35 cm H)
Weight	<ul style="list-style-type: none"> • 11.85 lbs (5.38 kg) laptop only, not including hand controller, radio module or antenna • 15.45 lbs (7.01 kg) includes hand controller, radio module antenna and wall charger
Environmental	All-weather operation
Screen	<ul style="list-style-type: none"> • 15.1" (38.1 cm) XGA (1024 x 768 resolution) anti-reflective TFT LCD • Multi-image display with full screen option • 3-D active model of robot • Auxiliary USB, Ethernet, video output • Image capture capability • Gauge display of battery power • Gauge display of fiber • Gauge display of communications signal strength

iRobot Corporation

8 Crosby Drive
Bedford, MA 01730
www.irobot.com

Sales Contact

888.776.2687
(Toll Free in USA)
+(1) 781.430.3090
(international customers)
sales@irobot.com

Media Contact

781.430.3182
publicrelations@irobot.com

- Power Sources**
- Removable 11.1V/7200mAh lithium-ion battery
 - AC adaptor (90V-240V) with 50/60Hz input

- Hand controllers**
- 2 hand controllers

- Communications**
- Digital radio – 2.4 GHz or 4.9 GHz rechargeable batteries
 - Two-way audio
 - Headphone with microphone
 - Multiple high resolution cameras

- Batteries, cradles and chargers**
- PackBot is powered by two BB-2590/U lithium-ion rechargeable batteries, providing more than 4 hours of continuous runtime on one charge – up to 10 miles of travel. (A set of spare batteries is also included.)

- 4 BB-2590/U lithium-ion
- 2 BB-2590 battery cradles
- Battery charger

Accessories

- Manipulator 1.0 (510 3-Link Arm)**
- Multiple pre-set positions
 - Targeting-head tracking gripper
 - 8 independent degrees of freedom
 - Shoulder Rotation: 360° Continuous
 - Shoulder Pivot: 220°
 - Elbow 1 Pivot: 340°
 - Elbow 2 Pivot: 340°
 - Gripper Rotation: 360° Continuous
 - Gripper Open and Close: 180°
 - Head Rotation/Pan: 360° Continuous
 - Head Tilt: 220°

Extension 73.5" (187 cm)

Lifting capacity 10 lbs (4.54 kg) at full extension
30 lbs (13.61 kg) at close-in position

Weight 20.55 lbs (9.32 kg)

- Small Arm Manipulator (SAM)**
- Multiple pre-set positions
 - Targeting-head tracking gripper
 - 3 independent degrees of freedom
 - Shoulder Pivot: 185°
 - Head Rotation/Pan: 360° Continuous
 - Head Tilt: 220°

Extension 23.5" (60 cm)

Weight 5.75 lbs (2.61 kg)

This literature has been compiled for worldwide circulation. While general information, picture and descriptions are provided, some illustrations and text may include product options and accessories NOT AVAILABLE in all regions. iRobot reserves the right to change specification, design and price of the products described in this literature without notice

Anexo C

TALON

TALON[®] Robots

From reconnaissance to rescue, always ready on any terrain

Since its introduction more than a decade ago, QinetiQ North America's TALON[®] family of robots has earned a reputation for durability, flexibility, modularity and performance in keeping personnel, assets and civilians out of harm's way. In military, law enforcement and first responder applications, these lightweight tracked vehicles are widely deployed for improvised explosive device (IED) and explosive ordnance disposal (EOD), reconnaissance, communications, CBRNE (Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, Explosive)/hazmat, security, heavy lift, defense and rescue missions.

Of the full range of robots QinetiQ North America develops – with varying sizes and capabilities to help protect warfighters and first responders dealing with a variety of scenarios – the best-known robot is TALON. Initially deployed in 2000, the TALON robot system has grown to include many specialized models, modules, attachments, and applications, from route clearance missions to SWAT/MP unit support.

Large enough to get the job done, yet small enough to be easily transported, the TALON is a remarkable achievement in robotic technology. The full TALON line includes:

- **TALON Military** – The original, standard TALON robot
- **TALON CBRNE/Hazmat** – Configured with hazardous material detection devices
- **TALON w/GEN IV Heavy Lift** – Equipped with a heavy duty rotating shoulder and longer reach than a standard TALON
- **TALON Responder** – Designed specifically for urban and public safety applications
- **TALON SWAT/MP** – Equipped for tactical scenarios frequently encountered by SWAT units and MPs

The TALON is fast and mobile, able to climb stairs, negotiate rock piles, overcome concertina wire and plow through snow. The robots have been used worldwide, from Ground Zero after the 2001 World Trade Center attack – where it withstood repeated decontamination – to Iraq, where a TALON deployed with an EOD team was borrowed by a nearby infantry unit to follow a bomb-wielding insurgent into a building. The insurgent dropped the building, but the TALON survived.

Rugged, easy to use, and – most importantly – protecting the lives of those who protect ours. TALON delivers.



TALON has the highest payload capacity and payload-to-weight ratio to support a broad array of sensor packages.

TALON® Robots

From reconnaissance to rescue, always ready on any terrain

The TALON family of robots is configurable enough to meet almost any need in any environment:

- 115 lbs to 156 lbs (52 kg to 71kg) – easily transported
- Rugged and mobile
- Longest battery life of all man-portable robots
- Three infrared-illuminated color cameras, including a pan/tilt mast with 300:1 zoom camera
- High payload capacity supports a broad range of sensor packages
- Fastest robot on the market
- Easy to operate, maintain and sustain
- Attachments include two-way hailer, universal disruptor mount, thermal camera upgrade packages and magnetic antenna mounts

TALON Responder

- Equipped to serve in highly radio frequency-congested inner cities
- Long distance remote operation
- Disruptor-ready manipulator arm, wrist and gripper for exceptional combined lifting, dragging, towing and grabbing capabilities
- Up to 30 inch-pounds of force on a 6" wide object
- Long-range and agile wireless digital and analog communications

TALON SWAT/MP

- Two-way hailer enables two-way audio transmissions at long distances
- Extended reach capability
- Night vision and thermal cameras
- Choice of weapons for lethal, less than lethal and non-lethal responses
- Digital radio system supports enhanced reception, even in cluttered environments

TALON CBRNE/HAZMAT

- Tray- and gripper-mounted detection capabilities
- Easy on/easy off mounting tray with attachment brackets for the Joint Chemical Agent Detector (JCAD), MultiRAE, AN/UDR14 and Raytek sensors
- Controllers feature gamepad devices, quad screens, touch screens and daylight readable displays

TALON GEN IV Heavy Lift

- Designed to detect and clear mines, unexploded ordnance and dangerous IEDs from a safe distance
- Heavy-duty rotating shoulder and sturdier gripper
- Capable of lifting 65 lbs
- Stronger, longer reach than standard TALON robot
- Lightweight and reduced-size Operator Control Unit with touch screen, gamepad control and more versatile radio (802.11 digital, analog, COFDM digital) options



FOR MORE INFORMATION

QinetiQ North America
11091 Sunset Hills Road
Suite 200
Reston, VA 20190
Tel: (571) 521-7700
contactus@qinetiq-na.com
©QinetiQ North America, Inc.

Anexo D

Black Hornet



**AIRBORNE PERSONAL
RECONNAISSANCE SYSTEM (PRS)
FOR DISMOUNTED SOLDIERS**

Black Hornet PRS

The FLIR Black Hornet PRS equips the non-specialist dismounted soldier with immediate covert situational awareness (SA). Game-changing EO and IR technology bridges the gap between aerial and ground-based sensors, providing the same amount of SA as a larger UAV and threat location capabilities of UGVs. Extremely light, nearly silent, and with a flight time up to 25 minutes, the combat-proven, pocket-sized Black Hornet PRS transmits live video and HD still images back to the operator.

Including a less-than 33-gram UAV and a controller with integral UAV containers, Black Hornet PRS is easy to carry and requires minimal training to operate. Using imagery transmitted through an encrypted data link with a range up to 2 km, mission squads can rapidly and safely engage targets beyond visual line-of-sight. The world's smallest and lightest UAV reconnaissance system designed for autonomous operations, Black Hornet PRS is optimal when dismounted soldiers need mission-critical SA.

FEATURES

SQUAD-LEVEL IMMEDIATE SITUATIONAL AWARENESS

Save lives and minimize collateral damage. Detect and identify threats day and night without being detected. Increase speed of movement and expand maneuver options.

NON-SPECIALIST NANO UAV SYSTEM

At 1.3 kg and small enough for a dismounted soldier to carry on a utility belt, Black Hornet PRS deploys easily, with minimal training required.

COVERT AIRBORNE SENSOR

Extremely low visual and audible signatures allow covert operation and increased security for dismounted soldiers. It can operate almost anywhere any time without prior airspace coordination.*

BEYOND VISUAL LINE-OF-SIGHT CAPABILITY

Expand visual range in complex and urban environments. Rapidly engage targets beyond visual line-of-sight, and conduct real-time weapon effectiveness assessment.

RESILIENT AND BATTLE-TESTED

Combat-proven on the battlefield by NATO forces, Black Hornet PRS is wind tolerant up to gusts of 20 knots (10 m/s) and multi-mission capable with ground speeds up to 6 m/s

APPLICATIONS

IMMEDIATE ISR

COVERT OPERATIONS

SITUATIONAL AWARENESS

BEYOND LINE-OF-SIGHT RECONNAISSANCE

FORCE PROTECTION

*Due to its extremely small size and light weight, the UAV is regarded by several Military Aviation Authorities to expose minimal risk to other aircraft or personnel on the ground, and as such simplifies the required certification process and minimizes the need for airspace clearance to operate. This allows the user to launch a UAV immediately and operate with maximum freedom of operation. Different national rules and regulations may apply. FLIR UAS has gained approval from the US Federal Aviation Authorities to operate the Black Hornet without restrictions in CONUS (limitations apply in areas close to airports).

SPECIFICATIONS

Item	Specification
Rotor diameter	123 mm (4.8 in)
Total length	168 mm (6.6 in)
Weight	< 33 grams (1.16 oz)
Signature	
Visual detection	Best in class, details upon request
Audio	Best in class, details upon request
Payload	
Replaceable	Yes
Day Imager	2 EO Cameras
Night Imager	Fused thermal and EO
Performance	
Endurance	Up to 25 minutes
Max. speed	6 m/sec ground speed (~20 ft/sec)
Environment	
Temperature	-10°C to +43°C
Wind	15 knots/gust 20 knots
Precipitation	2.5 mm (.1 in)//hr (Light rain)
Data Link	
Frequency	Details on request
Radio Range	2 km (1.24 mi)
Performance	Encrypted, dynamic power, frequency hopping, beyond line-of-sight
Resolution	
EO Video	640x480
EO Snapshot	1600x1200
Thermal Imaging Video	160x120
Thermal Imaging Snapshot	160x120
Flight modes	
	Auto and Manual Hover & Stare Route and user selectable waypoint actions Automatic return Lost link
Navigation	
	GPS and GPS denied (Launch and Landing). Indoor capability
Mission Data	
	AES 256 encrypted Video, Snapshots, and Metadata STANAG 4609 and Cursor on Target (COT) compliant ATAK Compatible Can be integrated with selected BMS
Launch Time	
	30-120 Seconds depending on launch mode



AMERICAS
CORPORATE
HEADQUARTERS
FLIR Systems Inc.
27700 SW Parkway Ave
Wilsonville OR 97070
+1 877.773.3547

Washington DC
2800 Crystal Drive
Suite 330
Arlington, VA 22202
PH: +1.703.416.6666

EUROPE

FLIR Unmanned Aerial
Systems AS
Nye Våkås vei 56
NO-1395 Hvalstad
Norway
PH: +47 66 77 9100

FLIR Systems AB
Antennvägen 6,
PO Box 737
SE-187 66 Täby
Sweden
PH: +46 (0)8 753 25 00

MIDDLE EAST

FLIR Systems B.V. - Abu Dhabi
Wadi Al Fey St.
Building 60, Office # 302
New Ministries Exit / Khalifa Park Area
Abu Dhabi, U.A.E.
Office: +971 2 666 1561
e-Fax +1 503 914 1591

FLIR Systems Saudi Arabia
Office 127, First Floor
Akaria Plaza Building, Olaya Street
Riyadh, 11481, Saudi Arabia
Office: +966 11 464 5323
Fax +966 11 464 0438

ASIA

FLIR Systems Japan K.K.
Meguro Tokyu Bldg. 5F,
2-13-17
Kami-Osaki, Shinagawa-ku.
Tokyo, 141-0021, Japan
T +81-3-6721-6648



For More Information contact
surveillance_sales@flir.com

www.flir.com
NASDAQ: FLIR

Equipment described herein is
subject to US export regulations
and may require a license prior
to export. Diversion contrary to
US law is prohibited. Imagery
for illustration purposes only.
Specifications are subject to
change without notice. ©2018
FLIR Systems, Inc. All rights
reserved. 07/16/18

18-1533-SUR-SUR-Black
Hornet-Brochure-Spec Sheet-
Revisions LTR



The World's Sixth Sense®

Anexo E

tEODor

The EOD robot **TEODor**

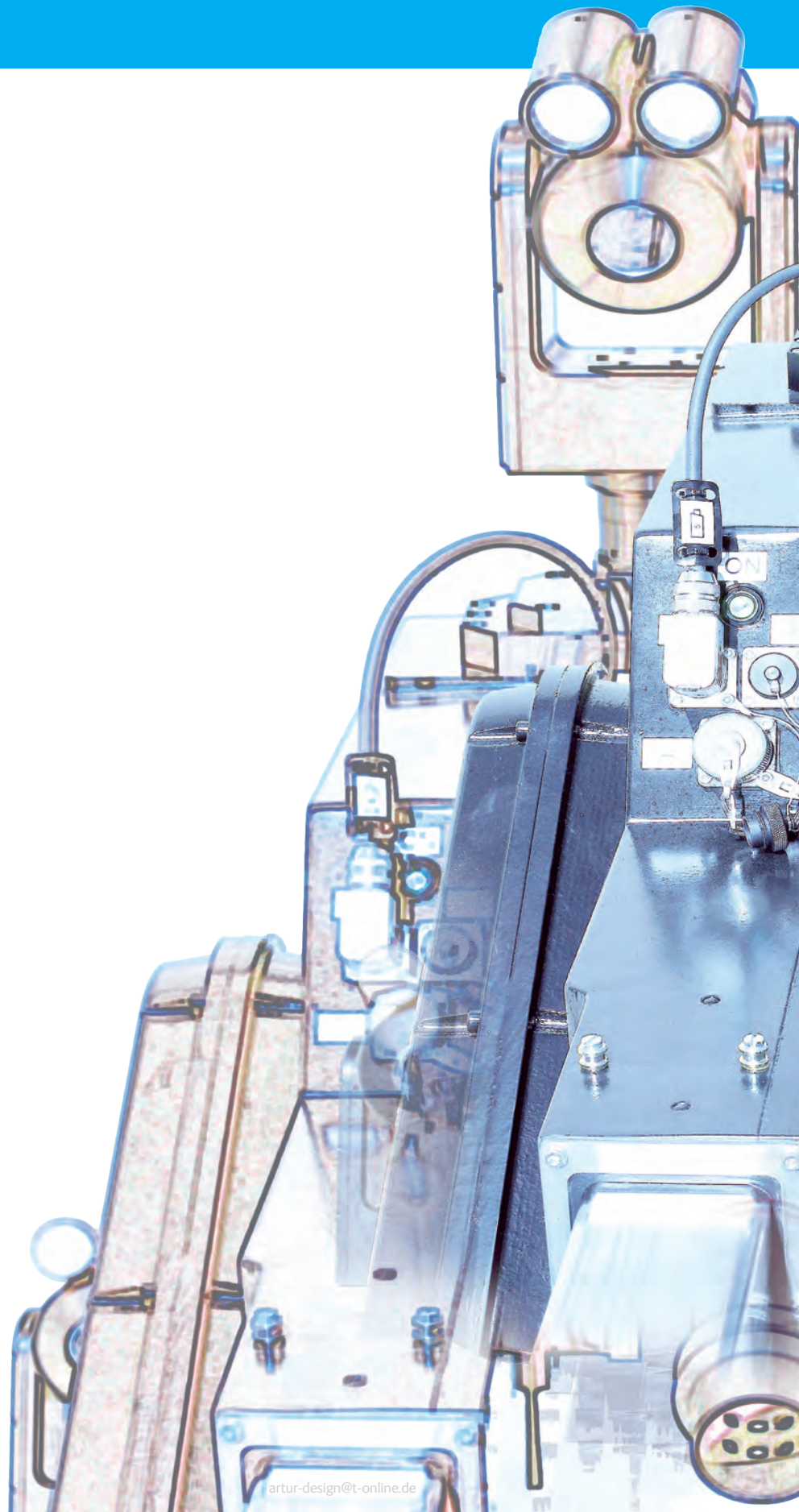
Distance means safety

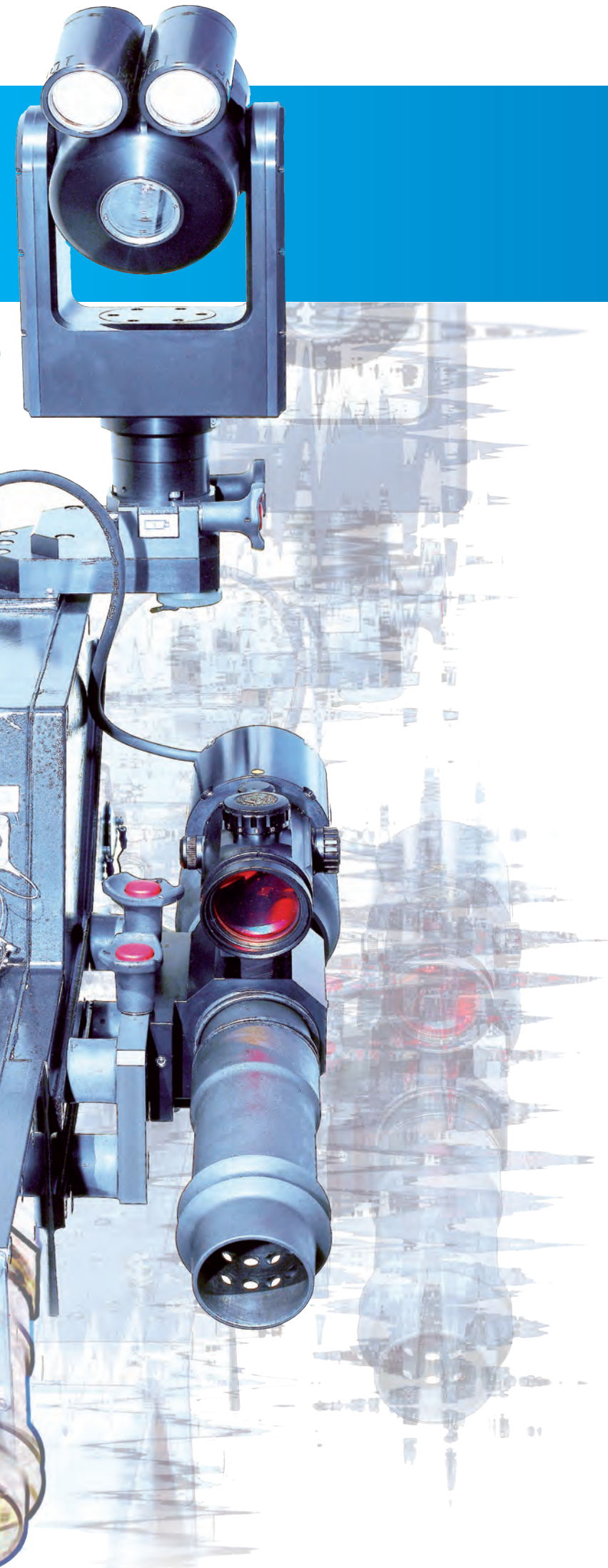
This basic rule with regard to disarming explosive devices means that bomb disposal officers increasingly prefer EOD robots as their tool of choice.

The **t**elerob **E**xplosive **O**rdnance **D**isposal and **o**bservation **r**obot sets the standard worldwide. Robust, reliable and flexible in use, the innovative bomb disposal system provides a maximum degree of safety and protection.

More than **450** units in **41** countries help daily to prevent harm to people and the environment.

A total of **20** NATO countries place their trust in the superior reliability of the most widely sold EOD robot of recent years.





The highlights:

- Programmable 6-axis manipulator with linear axis
- Magazine for three additional EOD devices, with automatic tool change
- Parallel operation of up to five firing systems with a maximum of ten separate shots
- Universal interfaces to connect to all current firing systems
- Built-in diagnostic system with remote maintenance module
- Long list of accessories (more than 40 systems and devices)
- Can be used under all ambient conditions from -20°C to $+60^{\circ}\text{C}$

The EOD robot **TEODor**

Technical Data

Vehicle

Length / Width / Height:	1 300 / 685 / 1 240 mm
Weight:	375 kg
Speed (infinitely):	max. 3 km/h
Climbing ability:*	45°
Turning circle:	1 460 mm
Payload:	350 kg
Towing capacity:	3000 N
Reach vertical / horizontal:	2 860 / 1 860 mm

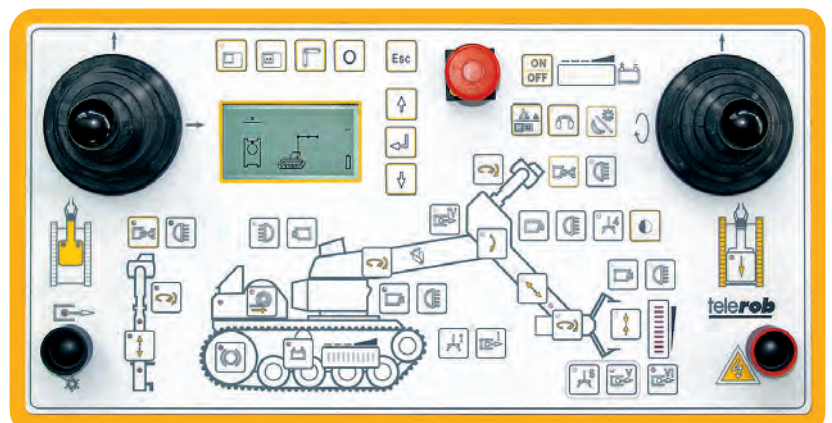
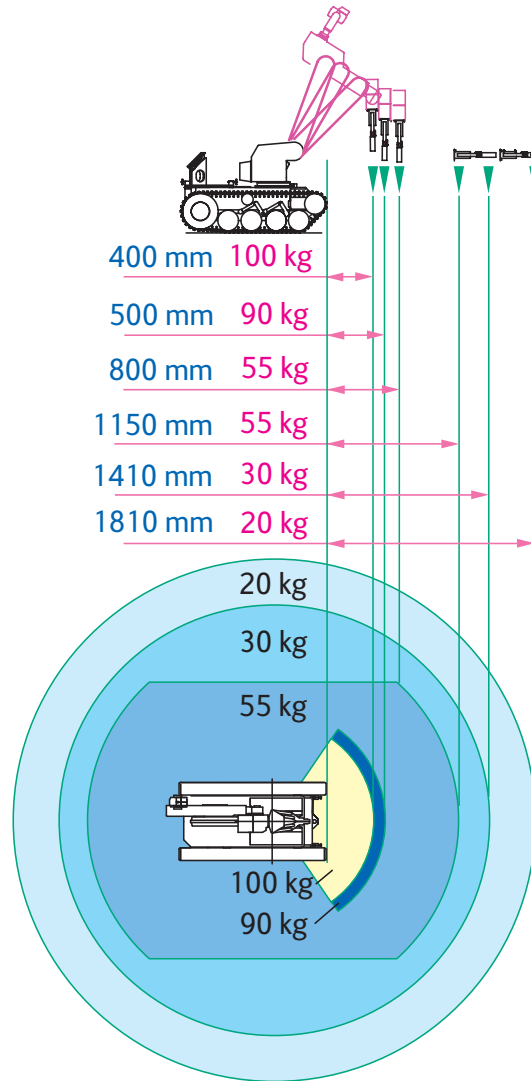
Manipulator

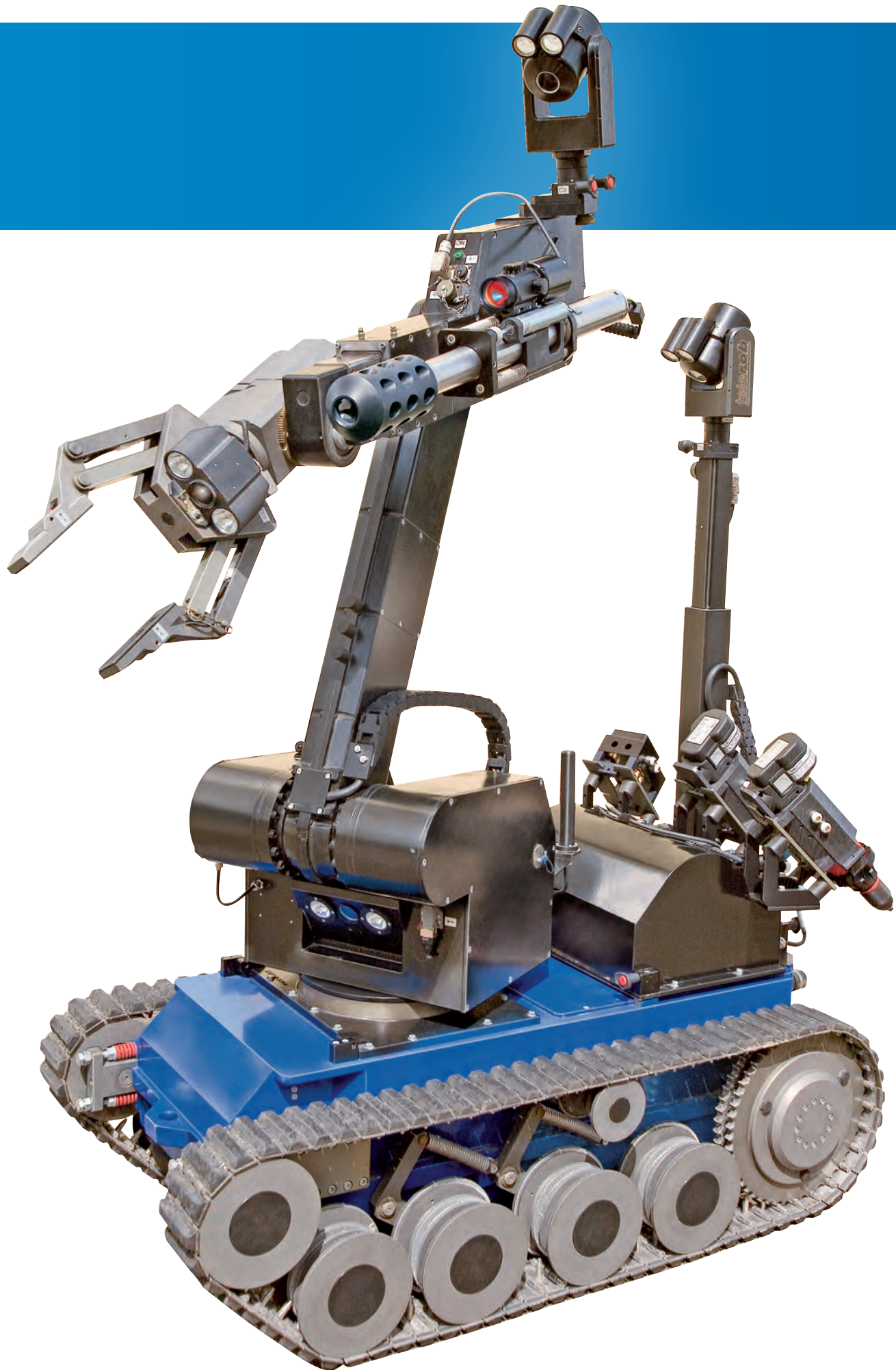
Turret rotation:	± 205°
Upper arm incline:	+ 144°, - 85°
Lower arm incline:	± 110°
Lower arm extension:	0 - 390 mm
Gripper incline:	+ 120°, - 95°
Gripper rotation:	± endless
Gripper open/close:	300 mm
Gripper force:	600 N

Control panel

Width / Height / Depth:	440 / 350 / 310 mm
Weight:	9 kg

**Depending on ground and friction. Trained operators under ideal conditions may achieve even more by using specific arm configurations.*





The EOD robot **TEODor**

The basic vehicle is designed as a twin-track vehicle. Extremely good maneuverability, good properties on open ground and the ability to climb at angles of up to 45** characterize the running gear that is equipped with sprung rollers. It is easy to replace individual links of the robust steel track if they become worn or damaged.

The high-torque drive units work with continuous 4-quadrant control both backwards and forwards.

You can operate both the vehicle and the manipulator with extreme delicacy.

When the vehicle stops on slopes or gradients the safety brakes operate automatically to hold the vehicle in place.

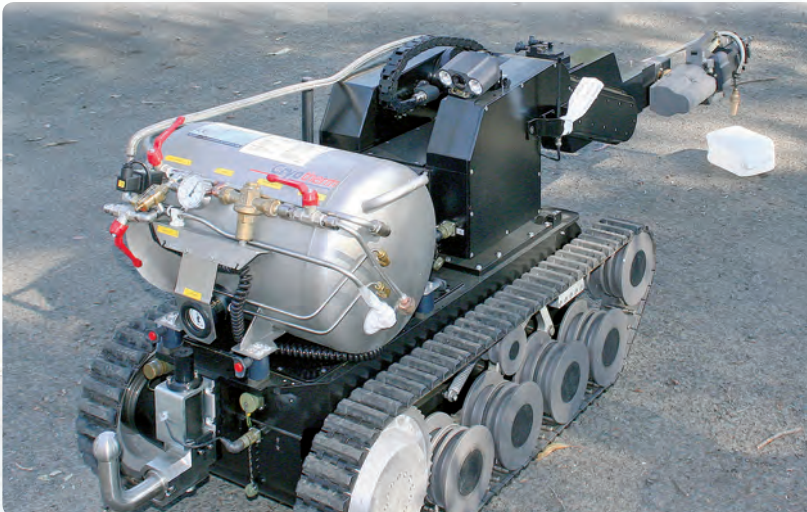
The manipulator is a 6-axis high-power manipulator with a range of 2,860 mm. It can handle even the heaviest objects thanks to a payload of up to 100 kg**. Slipping clutches protect the manipulator axes against damage in the event of overloading.

A unique feature in this class is that the manipulator has a linear axis in the lower arm. This simplifies all linear movements in particular and makes investigation underneath vehicles much easier. Just press a button to automatically initiate routine activities such as tool changes or folding up/unfolding.

* Depending on the surface and its friction characteristics. Greater values are possible if you position the arm accordingly and are working under ideal ambient conditions.

** See the Technical Data on page 58.





The EOD robot **TEODor**

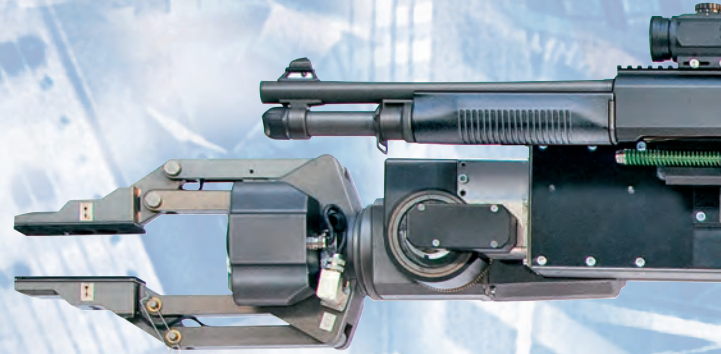
You can control the robot either by radio or by using a 200 m fiber optic cable.

A special data protocol allows secure and error-free operation. Important vehicle data such as the battery voltage or the gripper force is collected regularly and shown on the control panel.

A built-in diagnostic system allows simple troubleshooting. Special software allows access to the diagnostic system via the internet.

In the basic version **the vision system** consists of two drive cameras plus one overview camera and one gripper camera. Stereo, night vision or infrared cameras are available as option.

The control station has been designed as a mobile operations control center. It has its own power supply and can be brought easily to any desired place of use. A large TFT monitor gives a superb overview of the operations area. The compact control panel can also be operated separately from the control station in the event of operations within sight of the vehicle.



Anexo F

DJI Spark

ESPECIFICACIONES DJI SPARK

AERONAVE

Peso de despegue	300 g
Dimensiones	143 × 143 × 55 mm
Distancia diagonal (hélices excluidas)	170 mm
Velocidad máx. en ascenso	3 m/s (9.8 pies/s) en modo Sport sin viento
Velocidad máx. en descenso	3 m/s (9.8 pies/s) en modo Aterrizaje Automático
Velocidad máx.	50 km/h (31 mph) en modo Sport sin viento
Altura máx. de servicio sobre el nivel del mar	4 000 m (13 123 pies)
Tiempo de vuelo máx.	16 minutos (sin viento a una velocidad constante de 20 km/h (12.4 mph))
Tiempo de vuelo estacionario máx.	15 minutos (sin viento)
Rango de temperatura de funcionamiento	de 0 a 40° C (de 32 a 104° F)
Sistemas de posicionamiento por satélite	GPS/GLONASS
Rango de precisión en vuelo estacionario	"Vertical: +/- 0.1 m (si el Posicionamiento Visual está activado) o +/- 0.5 m" Horizontal: +/- 0.3 m (si el Posicionamiento Visual está activado) o +/- 1.5 m
Potencia del transmisor (PIRE)	2.4 GHz FCC: 25 dBm; CE: 18 dBm; SRRC: 18 dBm 5.8 GHz FCC: 27 dBm; CE: 14 dBm; SRRC: 27 dBm
Frecuencia de funcionamiento	2.400 - 2.483 GHz; 5.725 - 5.825 GHz

SISTEMA DE DETECCIÓN 3D

Rango de detección de obstáculos	0.2 - 5 m (1 - 16 pies)
----------------------------------	-------------------------

Entorno operativo

La superficie debe ser mayor de 20 x 20 cm y permitir la reflexión difusa con una tasa de reflexión de >20% (por ej. paredes, árboles, personas)

CÁMARA

Sensor

1/2.3" CMOS
Píxeles efectivos: 12 MP

Objetivo

FOV 81.9° 25 mm (formato equivalente a 35 mm) f/2.6
(distancia de disparo: 2 m a ∞)

Rango ISO

Vídeo: 100-3200
Foto: 100-1600

Velocidad obturador electrónico

2-1/8000 s

Tamaño de imagen

3968×2976
1440×1080 con ShallowFocus
2300×1280 con Pano (horizontal)
960×1280 con Pano (vertical)

Modos de fotografía

Disparo único
Disparo en ráfaga: 3 fotogramas
Exposición automática en horquillado (AEB), 3 horquillas de exposición a 0.7 EV bias
Intervalo: 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s

Resolución de vídeo

FHD: 1920 × 1080 30p

Tasa de bits máx. de almacenamiento de vídeo

24 Mbps

Sistemas de archivo compatibles

FAT32

Formatos de fotografía

JPEG

Formatos de vídeo

MP4 (MPEG-4 AVC/H.264)

CONTROL REMOTO

Frecuencia de funcionamiento

2.412-2.462 GHz; 5.745-5.825 GHz

Distancia de transmisión máx.

2.412 - 2462 GHz (sin obstrucciones, libre de interferencias)
FCC: 2 km (1.2 mi); CE: 500 m (0.3 mi); SRRC: 500 m (0.3 mi)

	5.745 - 5.825 GHz (sin obstrucciones, libre de interferencias) FCC: 2 km (1.2 mi); CE: 300 m (0.18 mi); SRRC: 1.2 km (0.7 mi)
Rango de temperatura de funcionamiento	de 0 a 40° C (de 32 a 104° F)
Batería	2970 mAh
Potencia del transmisor (PIRE)	2.4 GHz FCC: ≤26 dBm; CE: ≤18 dBm; SRCC: ≤18 dBm 5.8 GHz FCC: ≤28 dBm; CE: ≤14 dBm; SRCC: ≤26 dBm
Corriente/Voltaje de funcionamiento	950 mAh @3.7 V
Tamaño de dispositivos móviles compatibles	Rango de grosor: de 6.5 a 8.5 mm Longitud máx: 160 mm

BATERÍA DE VUELO INTELIGENTE

Capacidad	1480 mAh
Voltaje	11.4 V
Voltaje máx. de carga	13.05 V
Tipo de batería	LiPo 3S
Energía	16.87 Wh
Peso neto	Aprox. 95 g (0.2 lbs)
Rango de temperatura de carga	de 5 a 40 °C (de 41 a 104 °F)

ESTABILIZADOR

Intervalo controlable	Inclinación: -85° a 0°
Estabilización	Mecánico de 2 ejes (inclinación, rotación)

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO POR VISIÓN

Rango de velocidad	≤36 km/h (22.4 mph) a 2 m (6.6 pies) del suelo
Rango de altitud	0 - 8 m (0 - 26 pies)
Rango de operación	0 - 30 m (0 - 98 pies)

Entorno operativo

Una superficie con patrones claros, que permite la reflexión difusa
con una tasa de reflexión de >20% Iluminación adecuada (lux>15)

WI-FI

Frecuencia de operación

2.4 G/5.8 G

Distancia de transmisión máxima

100 m(Distancia), 50 m(Altura) (sin obstrucciones, libre de interferencias)

CARGADOR

Entrada

100-240 V; 50/60 Hz; 0.5 A

Salida

5 V/3 A; 9 V/2 A; 12 V/1.5 A

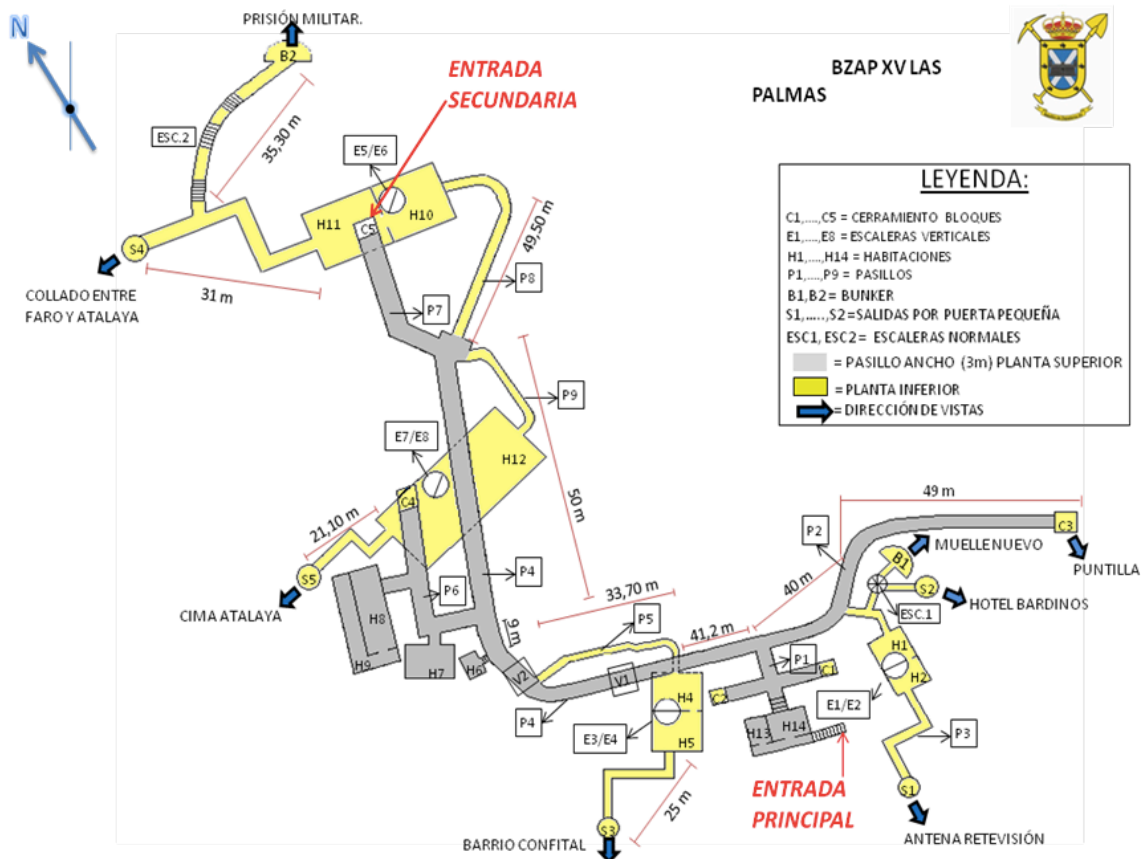
TARJETAS MICROSD RECOMENDADAS

Modelo

Sandisk 16/32 GB UHS-1 microSDHC
Kingston 16/32 GB UHS-1 microSDHC
Samsung 16/32 GB UHS-I microSDHC
Sandisk 64 GB UHS-1 microSDXC
Kingston 64 GB UHS-1 microSDXC
Samsung 64 GB UHS-I microSDXC

Anexo G
Instalaciones

En la siguiente figura se puede ver un croquis de las instalaciones para instrucción en combate en subsuelo del campo de maniobras y tiro La Isleta. Estas instalaciones subterráneas están ubicadas en la Montaña del Vigía y pertenecen a unas posiciones de tiro de artillería que ya no se usan. Estas galerías comunicaban distintos puestos de tiro, observatorios y almacenes.



Anexo H

Encuesta

CUESTIONARIO DE COMBATE EN SUBSUELO

Nombre y apellidos: _____

Empleo: _____ Unidad: _____ Especialidad: _____

Puesto/Función: _____

El siguiente formulario trata de alcanzar las necesidades que se precisan para el combate en subsuelo y así poder extrapolarlas a un posible robot (UGV o UAV) que pueda ser usado en este entorno, sea especializado o no. El estudio de necesidades se enmarca dentro de un Trabajo de Fin de Grado (TFG) del Centro Universitario de la Defensa - Academia General Militar (CUD-AGM) para el curso 2018-2019 llevado a cabo por el CAC Inf. Guillermo Labrado Cabrera con el título "Análisis de las necesidades en el uso de robots en combate en subsuelo". Dentro de cada apartado dispone de una casilla para comentarios en la que puede especificar algo que no se haya tenido en cuenta en la encuesta o que crea de importancia. **En caso de que le sea de mayor comodidad y para facilitar la toma de datos, puede realizar la encuesta online a través del código QR que encontrará al final del documento.**

Marque con una X la puntuación que considere más acorde (1 muy poco, 5 mucho)

A.- Experiencia					
1.¿Cuenta con experiencia en combate en subsuelo?	Sí		NS/NC	No	
2.¿Ha estado en unidades especializadas en combate en subsuelo?	Sí		NS /NC	No	
3.Nivel de conocimientos sobre combate en subsuelo.	1	2	3	4	5
4.¿Qué importancia le da al combate en subsuelo?	1	2	3	4	5
5.¿Tiene experiencia en combate en ZZUU?	1	2	3	4	5
6.Relación que considera entre combate en subsuelo y en ZZUU	1	2	3	4	5
Comentarios:					

B.- MEDIOS – El objetivo es valorar qué medios tienen carencias en subsuelo para tratar de compensarlos con el empleo de un robot.					
7.¿Cómo valora el material en dotación para el combate en subsuelo?	1	2	3	4	5
8.¿Cree que el material en dotación es apto para el combate en subsuelo?	1	2	3	4	5
9.Indique los medios en dotación que no considera aptos para combate en subsuelo.					
10.Valore la necesidad de nuevos proyectos de adquisición de material enfocados al combate en subsuelo.	1	2	3	4	5

11. Sugiera un nuevo proyecto de adquisición si lo considera necesario.					
12. Valore la necesidad de adaptación de cierto material para el combate en subsuelo.	1	2	3	4	5
13. Indique los medios en dotación que considera que necesiten una adaptación al combate en subsuelo.					
14. ¿Considera suficientes los medios NBQ-R de detección y protección?	1	2	3	4	5
15. ¿Cómo valora la utilidad de un robot para combate en subsuelo?	1	2	3	4	5
16. ¿Cree que algún material en dotación necesita una renovación? Indique cuál.					
Comentarios					

C.- Necesidades combate en subsuelo					
17. Valore la importancia del sigilo para el combate en subsuelo.	1	2	3	4	5
18. Valore la importancia de las capacidades de protección NBQ-R en el combate en subsuelo.	1	2	3	4	5
19. Valore la importancia de las capacidades ópticas para observación en el combate en subsuelo.	1	2	3	4	5
20. Valore la importancia de la velocidad de avance en el combate en subsuelo.	1	2	3	4	5
21. Valore la importancia de la capacidad de superar obstáculos en el combate en subsuelo.	1	2	3	4	5
22. Valore la importancia de la potencia de fuego en el combate en subsuelo.	1	2	3	4	5
23. Valore la importancia de la precisión de fuego en el combate en subsuelo.	1	2	3	4	5
Comentarios					

D- Combate en subsuelo (especialización) – El objetivo es ver la necesidad de especialización en el combate en subsuelo y ver así el grado de especialización del robot en combate en subsuelo.					
24. ¿Cree necesaria la existencia de unidades especializadas en combate en subsuelo?	1	2	3	4	5
25. ¿Cree que todas las unidades deben tener instrucción en combate en subsuelo como una aptitud más? (Fuerza, Infantería y Zapadores)	1	2	3	4	5
26. ¿Ve necesaria la instrucción en ZZUU previa a la instrucción en combate en subsuelo?	1	2	3	4	5

27.¿Cree que debe haber material específico para el combate en subsuelo?	1	2	3	4	5
28.En caso de un robot en dotación para CS, ¿cree que este debe ser específico para CS o polivalente?	Específico		NS/NC	Polivalente	
Comentarios					

E.- NECESIDADES ROBOT			
29.¿Cree que dicho robot debe tener capacidades para ser autónomo o debe ser controlado?	Autónomo	NS/NC	Guiado
30.¿Cree que dicho robot debe estar enfocado solo al reconocimiento o ser capaz de combatir (armado)?	Reconocimiento	NS/NC	Armado
31.¿Cree que debe ser transportado por un combatiente y ser usado en ocasiones puntuales o debe seguir a las tropas en todo momento?	Transportado	NS/NC	Seguir en todo momento
32.¿Cree que el robot debe avanzar en vanguardia pegado al Pn. o como punta de lanza distanciado?	Pegado	NS/NC	Distanciado
33.¿Cree que el robot debe contar con cámara con aumentos (zoom)?	Sí	NS/NC	No
34.¿Cree que el robot debe contar con una cámara de 360º o varias cámaras en distintos sectores?	360º	NS/NC	Distintos sectores
35.¿Cree que debe ir con luz iluminando la galería o con cámaras térmicas y nocturnas?	Luz	NS/NC	Visión nocturna/ térmica
36.¿Cree que el robot debe avanzar en silencio o es irrelevante?	Silencio	NS/NC	Ruido
37.¿Cree que se debe tener un control complejo con muchas posibilidades o sencillo y fácil de usar?	Muchas posibilidades	NS/NC	Sencillo
38.¿Cree que debe tener control por radio o por cable?	Control radio	NS/NC	Cable
Comentarios			

39. ¿Para qué tipo de combate debería estar más adaptado el robot?

- a Combate en subsuelo
- b Combate en ZZUU
- c Combate convencional
- d Polivalente para todo tipo de combates

40. ¿Qué tipo de movilidad cree que debe tener?

- a Orugas
- b Ruedas
- c Bípedo
- d Cuadrúpedo
- e Ala rotatoria (UAV con capacidad anticolidión)

41. Valore del 1 al 5 la prioridad de los siguientes requerimientos para combate en subsuelo.

- a Sigilo
- b Velocidad
- c Capacidades ópticas de observación
- d Capacidad para superar obstáculos
- e Capacidad para hacer fuego
- f Facilidad de mantenimiento

42. De acuerdo a las necesidades del combate, determine la autonomía que cree necesaria para dicho robot.

- a 15 min
- b Entre 15 y 30 min
- c Entre 30 min y 1 hora
- d Entre 1 hora y 2 horas
- e Entre 2 horas y 4 horas
- f Más de 4 horas



Anexo I
Análisis de Riesgos

Análisis de riesgos

Tabla 9 - Tabla de análisis de riesgos / Fuente: elaboración propia.

Título Proyecto:		ESTUDIO DE NECESIDADES DE ROBOTS PARA COMBATE EN SUBSUELO							
Jefe de proyecto:		CAC. Guillermo Labrado Cabrera					Fecha comienzo:		30/7/09
Evaluación de riesgos									
ID	Descripción riesgo	Causa del riesgo	Impacto (bajo, medio, alto)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida	Clase riesgo tras implementar medida	
1	Personal entrevistado no tiene conocimiento suficiente en combate en subsuelo como para que las encuestas sean relevantes.	Mala elección del personal que se ha elegido para rellenar la encuesta ya que no cuentan con conocimiento en la materia.	M	2	2M	Los resultados de la encuesta no son relevantes ya que responde personal que no tiene conocimientos.	Ponderar las respuestas del personal en función de su conocimiento, añadiendo un apartado para valorar el conocimiento y experiencia del personal que está respondiendo la encuesta. Cuanta más experiencia y conocimiento tenga, sus respuestas valdrán más.	1L	
2	Resultados de la encuesta muy dispares, no habiendo una respuesta clara que predomine sino respuestas muy distribuidas sin que una respuesta destaque.	Mala elección del personal que se ha elegido para rellenar la encuesta que responden sin conocimiento y/o mala elaboración de las preguntas, siendo ambiguas o dando lugar a error de forma que no se entiendan y el personal entrevistado interprete cosas distintas.	M	1	1M	Los resultados de la encuesta no son relevantes ya que no hay una respuesta clara con la que se pueda concluir. Si esto se da en una pregunta, no se puede sacar una conclusión siendo inútil la respuesta.	Revisión de las preguntas con DIRMIL y DIRACA para asegurarse de que las preguntas son claras y no dan lugar a error. Ponderar las respuestas del personal en función de su conocimiento, añadiendo un apartado para valorar el conocimiento y experiencia del personal que está respondiendo la encuesta. Cuanta más experiencia y conocimiento tenga, sus respuestas valdrán más.	1H	
3	La encuesta no llega a mucho personal teniendo poca acogida y pocas respuestas.	Mala difusión de la encuesta no llegando a todo el personal que debería llegar y por tanto no obteniendo respuestas.	H	2	2H	La encuesta resultaría inútil ya que tendría pocas respuestas y los resultados no serían relevantes. Así, no habría información que estudiar y sobre las que sacar las conclusiones necesarias para las necesidades del robot.	Duplicar los medios a través de los que se difunde la encuesta, haciéndolo llegar distinto personal de las unidades y que este personal a la vez lo difunda. A su vez, se ampliará el personal al que se encuestará, obteniendo el mayor número de respuestas posibles.	2L	
4	Resultados contradictorios en una encuesta, encontrándose resultado distribuidos entre dos opciones opuestas.	Las respuestas seleccionadas son viables en ambos casos y son válidas, la elección entre una u otra no es objetiva sino que el personal se ha basado en preferencias personales.	M	1	1M	Habría dos opciones válidas y ambas deberían ser de estudio produciendo dos variantes. La pregunta solo habrá servido para acotar o limitar las opciones.	En caso de que se dé, se acotarían las respuestas y ambas variables serían de estudio, usando a personal experto en la unidad para tomar la última decisión.	1M	
5	Los resultados de las encuestas no permiten el análisis de las necesidades que tenga que tener el robot.	Las preguntas de la encuesta no dan lugar a la obtención de información objetiva sobre las necesidades del robot, siendo ambiguas o no estando conducidas a la obtención de información.	H	2	2H	La encuesta resultaría inútil ya que las respuestas no dan pie al análisis de las necesidades, teniendo respuestas a preguntas que no son relevantes y su análisis no da ningún producto útil para el estudio.	Revisión de las preguntas con DIRMIL y DIRACA para asegurarse de que las preguntas son claras y no dan lugar a error y que sus respuestas conducen al estudio de las necesidades del robot.	1H	
6	La encuesta no es rellenada por el personal tendiendo poca acogida y pocas respuestas.	La encuesta resulta tediosa, compleja o el personal no la rellena por falta de tiempo o interés en el tema.	H	3	3H	La encuesta resultaría inútil ya que tendría pocas respuestas y los resultados no serían relevantes. Así, no habría información que estudiar y sobre las que sacar las conclusiones necesarias para las necesidades del robot.	Facilitar la realización de la encuesta ofreciendo distintos medios para rellenarla, dando opción a rellenarla tanto en papel como en formato digital a través de un gestor de encuestas.	2H	
7	El personal encuestado no rellena la encuesta debidamente contestando a preguntas sin analizarlas o aleatoriamente.	Falta de interés en la temática o lectura rápida de la encuesta sin analizarla para ahorrar tiempo y quitarse la encuesta de encima.	H	2	2H	Los resultados estarían alterados con respuestas que no son sinceras dando lugar a errores en el análisis de las necesidades de los robots.	Facilitar la lectura y el rellenado de la encuesta evitando textos largos o preguntas repetitivas. Por otro lado, las preguntas referentes a la experiencia y conocimiento sobre la materia se pondrán en último lugar para evitar que personal con alta ponderación pierda interés a mitad de encuesta y sus respuestas aleatorias valgan mucho.	1H	
8	El personal encuestado hace mucho uso de la opción NS/NC.	Mala elección del personal que se ha elegido para rellenar la encuesta que responden sin conocimiento y/o mala elaboración de las preguntas, siendo ambiguas o que no se entiendan.	L	2	2L	Las respuestas de ese personal en esas preguntas no será de utilidad, teniendo menos cantidad de respuestas y por tanto obteniendo resultados menos relevantes.	Revisión de las preguntas con DIRMIL y DIRACA para asegurarse de que las preguntas son claras y la elección de alguna opción es factible.	1L	
9	Las opciones presentadas en la encuesta no son las adecuadas, no siendo ninguna de ellas válida o habiendo mejores opciones que no se hayan contemplado.	Mala elaboración de las preguntas de la encuesta, no valorando correctamente las opciones que se plantean ni teniendo en cuenta otras posibles opciones.	H	2	2H	El análisis de las necesidades para el robot no sería adecuado ya que no se han valorado otras opciones válidas o viables, obteniendo un resultado que no es el mejor, teniendo necesidades que no se contemplan.	Revisión de las preguntas con DIRMIL y DIRACA para asegurarse de que las opciones presentadas son válidas y se contemplan varias opciones. Para cada apartado se permite al encuestado una sugerencia o comentario, pudiendo poner la opción que considere aunque no aparezca.	1M	