



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Sistemas del arma de Ingenieros que pueden servir de apoyo a la movilidad en el combate en el subsuelo

Nombre y apellidos del autor

C.A.C. D. Pelayo García Fernández

Director académico: Doctor D. Andrés Miguel Cosialls Ubach

Director militar: Capitán D. Emilio Lorente Bonelli

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2022



Agradecimientos

En agradecimiento en primer lugar a mi tutor del Trabajo de Fin de Grado, el Doctor D. Andrés Miguel Cosialls Ubach, por la increíble ayuda que me ha aportado, así como su paciencia conmigo a lo largo del trabajo.

A todos los miembros del Regimiento de Ingenieros nº8, especialmente al Teniente Gómez Rubio, jefe de la Sección de Zapadores II de la Compañía de Zapadores del RING-8 y al Sargento Ramírez de la Sección de Zapadores I.

Al equipo de la Unidad Especial de Subsuelo y Protección Ambiental de Asturias, especialmente al Subinspector Víctor Manuel García Busto y al Oficial de Policía Luis Miguel Fernández Santos, por su cercanía y permitirme vivir la inolvidable experiencia en el espacio subterráneo.

Y a mí familia y a mí pareja, Lucía, por su constante apoyo y motivación desde siempre.



RESUMEN

El presente trabajo surge debido a la necesidad, por parte del Ejército de Tierra, de poder estar preparado para combatir en el escenario subterráneo ante la creciente actividad en el mismo. Tanto por fuerzas de gran magnitud como puede ser un ejército convencional como por células insurgentes en un conflicto asimétrico.

Se pretende encontrar nuevos instrumentos que permitan a los Ingenieros realizar con éxito en Apoyo a la Movilidad a las unidades en el subsuelo. Dicho escenario es uno de los que más complejidad e incertidumbre tiene. Además de ser uno de los más cambiantes, nunca se encontrarán dos situaciones similares. Por tanto, es necesario unos medios capaces de enfrentarse al mayor número de problemas posibles con un único objeto.

Para ello, se ha analizado el material del que disponen actualmente las unidades de Zapadores para poder favorecer el movimiento por el espacio subterráneo. Así como la forma en la que se emplean y el número de dificultades que son capaces de superar. Para corroborar que es necesario una actualización del Ejército de Tierra en este ámbito, debido a que lo que se posee actualmente no es suficiente para combatir y obtener éxito.

Por último, a través del análisis y la investigación, se han detectado cuáles son los instrumentos que optimizan la manera de resolver las múltiples dificultades que se pueden encontrar en el ambiente subterráneo. Una vez identificados, se realizó un análisis de mercado para poder adquirirlos de la manera más asequible posible y que las unidades de Ingenieros puedan disponer de los nuevos medios lo antes posible.

Palabras clave

Apoyo, Movilidad, Combate, Subterráneo, Instrumentos.



ABSTRACT

The present work arises due to the need, on the part of the Army, to be able to be prepared to fight in the underground scenario in the face of the growing activity in it. Both by large-scale forces such as a conventional army and by insurgent cells in an asymmetric conflict.

The aim is to find new instruments that allow Engineers to successfully carry out Mobility Support for units in the subsoil. This scenario is one of the most complex and uncertain. In addition to being one of the most changeable, two similar situations will never be found. Therefore, it is necessary to have means capable of dealing with the largest possible number of problems with a single object.

For this, the material currently available to the Sapper units has been analyzed in order to favor movement through the underground space. As well as the way it is used and the number of difficulties, they are capable of overcoming. To corroborate that an update of the Army in this area is necessary because what is currently possessed is not enough to fight and be successful.

Finally, through analysis and research, defects have been detected in the instruments that optimize the way to solve the many difficulties that can be found in the underground environment. Once identified, a market analysis was carried out in order to be able to acquire them in the most affordable way possible and so that the Engineering units can have the new means as soon as possible.

KEYWORDS

Support, Mobility, Combat, Underground, Instruments.



INDICE DE CONTENIDO

<i>Agradecimientos</i>	<i>I</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>II</i>
<i>Palabras clave</i>	<i>II</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>III</i>
KEYWORDS	III
<i>INDICE DE FIGURAS</i>	<i>VI</i>
<i>INDICE DE TABLAS</i>	<i>IX</i>
<i>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</i>	<i>X</i>
<i>1 INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
<i>2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</i>	<i>2</i>
2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE	2
2.2 METODOLOGÍA	2
2.2.1 Encuestas 3	
2.2.2 Entrevistas 3	
2.2.3 Análisis de mercado	4
<i>3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO (ESTADO DEL ARTE)</i>	<i>4</i>
3.1 GUERRA DE VIETMAN (IRON TRIANGLE).	5
3.2 GUERRA SOVIÉTICA EN AFGANISTÁN	6
3.3 FRONTERA MEXICANA (CÁRTELES DE DROGA)	7
3.4 ISRAEL 7	
<i>4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS</i>	<i>8</i>
4.1 AMBIENTE SUBTERRÁNEO	8



4.1.1	Características y limitaciones	9
4.1.2	Resultados de la encuesta para identificar factores más limitantes en el combate subterráneo	11
4.1.3	FASE DE EXPERIMENTACIÓN: UNIDAD DE POLICÍA DE SUBSUELO	16
4.2	MEDIOS Y EQUIPOS DE INGENIEROS ACTUALES PARA COMBATES SUBTERRÁNEOS	22
4.3	MEDIOS Y EQUIPOS DE INGENIEROS NECESARIOS PARA COMBATES SUBTERRÁNEOS	28
5	<i>ANÁLISIS DE MERCADO (MÉTODO SCORING).....</i>	33
5.1	ADQUISICIÓN DE LA PINZA HIDRÁULICA DE RESCATE	34
5.2	ADQUISICIÓN DE LA ESCALA DE ESPELEO.....	35
5.3	ADQUISICIÓN DEL RADAR DE TÚNEL.....	36
6	<i>LÍNEAS FUTURAS DE INSTRUCCIÓN. NECESIDAD DE UN SOLDADO DE INGENIEROS ESPECÍFICO PARA COMBATE SUBTERRÁNEO.....</i>	38
7	<i>CONCLUSIONES.....</i>	38
8	<i>Bibliografía.....</i>	41



INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. "Ratas de túnel" explorando un túnel de Viet Cong.	6
Ilustración 2. Operaciones de Karez soviéticas reimpresa de Grau y Jalali.	7
Ilustración 3. Imagen de un túnel de drogas transfronterizo revestido de cemento entre Estados Unidos y México	7
Ilustración 4. La imagen del túnel de la ciudad de Gaza similar al utilizado por los palestinos en el secuestro del Cabo Shalit.	8
Ilustración 5. Resultado encuesta: Ambiente NBQ.	11
Ilustración 6. Resultado encuesta: Amenaza Explosiva (IED).	12
Ilustración 7. Resultado encuesta: Desplazamientos verticales.	13
Ilustración 8. Resultado encuesta: Accesibilidad.	13
Ilustración 9. Resultado encuesta: Limitaciones Psíquicas.	14
Ilustración 10. Resultado encuesta: Oscuridad.	15
Ilustración 11. Resultado encuesta: Mando y control.	15
Ilustración 12. Resultado encuesta: Transmisiones.	15
Ilustración 13. Resultado encuesta: Falta de información topográfica.	16
Ilustración 14. Imagen del subsuelo tipo de una ciudad con todos sus elementos (Ver Anexo II para tener más detalle).	18
Ilustración 15. Cabecera de colector de aguas pluviales.	19
Ilustración 16. Agente de Policía durante la fase de experimentación accediendo al interior de un colector pluvial.	19
Ilustración 17. Agente de Policía junto al autor del trabajo en la entrada de un colector pluvial, con la puerta de acceso abierta y en el interior de este.	19
Ilustración 18. Cola de colector vertiendo a río.	19
Ilustración 19. Colector de aguas residuales con una cuna y dos andenes / Colector con hastiales y bóveda de obra de piedra.	20
Ilustración 20. Galería de varios servicios.	20
Ilustración 21. Entrada e interior de un habitáculo de un transformador eléctrico.	21



Ilustración 22. Entrada e interior de un habitáculo de agua potable.....	21
Ilustración 23. Montaje de un trípode sobre un pozo registro y anti-caídas..	21
Ilustración 24. Entrada a pozo de registro con su etapa de cierre.....	22
Ilustración 25. Bajada de pozo de registro con pates de PVC.....	22
Ilustración 26. Bajada de pozo registro sin pates.	22
Ilustración 27. VH3 del RING-8.	25
Ilustración 28. Groundhunter del RING-8.....	26
Ilustración 29. Groundhunter del RING-8.....	26
Ilustración 30. Mochila BLAEX del RING-8 y los componentes de su interior. r.	26
Ilustración 31. Cargas confeccionadas en cruz con madera. Apertura de butrón.	27
Ilustración 32. Carga confeccionada con PVC para la apertura de una puerta.	27
Ilustración 33. Palanca. Métodos de apertura en frío.	28
Ilustración 34. Pinzas hidráulicas de rescate.	29
Ilustración 35. Pinzas hidráulicas de rescate. Efecto cizalla.....	30
Ilustración 36. Pinzas hidráulicas de rescate. Efecto empuje.....	30
Ilustración 37. Pinzas hidráulicas de rescate. Doble efecto.....	31
Ilustración 38. Escalera de espeleo.	32
Ilustración 39. Empleo de la escalera de espeleo en el subsuelo.	32
Ilustración 40. Diferentes dispositivos distintos de "Radar de Túnel".....	33
Ilustración 41. Principales empresas de distribución de Pinzas Hidráulicas de rescate.	34
Ilustración 42. Principales empresas de distribución de la Escala de Espelo.	35
Ilustración 43. Empresa distribuidora de sistemas de radar de túneles.	36
Ilustración 44. Modelos ND-SV009..	37
Ilustración 45. Modelos ND-SV007.	37
Ilustración 46. Imagen del subsuelo tipo de una ciudad con todos sus elementos.	46
Ilustración 47. Cabecera de colector de aguas pluviales.....	47
Ilustración 48. Cola de colector vertiendo a río.....	47



Ilustración 49. Colector de aguas residuales solo con cuna.....	47
Ilustración 50. Colector de aguas residuales con cuna y un andén.....	48
Ilustración 51. Colector de aguas residuales con cuna y dos andenes.....	48
Ilustración 52. Colector con hastiales y bóveda de obra de piedra.....	48
Ilustración 53. Colector con hastiales de obra de piedra y bóveda de ladrillo.....	49
Ilustración 54. Colector con hastiales y bóveda de obra de hormigón prefabricado.....	49
Ilustración 55. Galería de varios servicios.....	49
Ilustración 56. Entrada e interior de un habitáculo de un transformador eléctrico.....	50
Ilustración 57. Entrada e interior de un habitáculo de agua potable.....	50
Ilustración 58. Entrada a pozo de registro con su tapa de cierre.....	50
Ilustración 59. Bajada de pozo de registro con pates de PVC.....	51
Ilustración 60. Bajada de pozo de registro con pates de hierro.....	51
Ilustración 61. Bajada de pozo de registro sin pates.....	51
Ilustración 62. Linternas ADARO.....	52
Ilustración 63. Detector para control de atmósferas.....	53
Ilustración 64. Arnés para descenso al alcantarillado.....	53
Ilustración 65. Casco protector.....	53
Ilustración 66. Auto rescatador.....	54
Ilustración 67. Equipo ERA completo.....	54
Ilustración 68. Montaje de un trípode sobre pozo de registro y anticaídas.....	55



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales de una Sección de Zapadores estándar.	24
Tabla 2. Riñonera de Artificiero de una Sección de Zapadores.	24
Tabla 3. Materiales mochila BLAEX de una Sección de Zapadores..	24
Tabla 4. Mochila de apertura de brechas de una Sección de Zapadores.	25
Tabla 5. Distintos Lotes de una Sección de Zapadores.	25
Tabla 6. Encuesta sobre los criterios de las Pinzas Hidráulicas de Rescate.	34
Tabla 7. Estudio estadístico de la encuesta junto con ajuste a 5.	34
Tabla 8. Resultados método Scoring para las Pinzas Hidráulicas de Rescate..	35
Tabla 9. Encuesta sobre los criterios de la Escala de Espeleo..	35
Tabla 10. Estudio estadístico de la encuesta junto con ajuste a 5..	35
Tabla 11. Resultados método Scoring para la Escala de Espeleo.	36
Tabla 12. Encuesta sobre los criterios del sistema de radar de túnel..	36
Tabla 13. Estudio estadístico de la encuesta junto con ajuste a 5..	37
Tabla 14. Resultados método Scoring para el sistema de radar de túnel.	37



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

En el ámbito militar es habitual la utilización de gran cantidad de abreviaturas, siglas y acrónimos, por ello, a continuación, se proporciona una relación de las mismas empleadas en este trabajo.

A/R	Anti-remoción
AA	Avenida de Aproximación
ACING	Academia de Ingenieros
AGM	Academia General Militar
AGT	Agrupamiento táctico
BIL	Batallón de Infantería Ligera
BIMZ	Batallón de Infantería Mecanizada
BMR	Blindado Medio sobre Ruedas
BON	Batallón
BRI	Brigada
BZAP	Batallón de Zapadores
C/MOV	Contra movilidad
C/PE	Contra personal
CÍA	Compañía
CZ	Carro de Zapadores



CZURB	Combate Zona Urbanizada
EOD	Explosive Ordnance Disposal
ET	Ejército de Tierra
FAS	Fuerzas Armadas
IED	Improvised Explosive Device
IRS	Intelligence, Surveillance, Reconnaissance
MADOC	Mando de Adiestramiento y Doctrina
MEX	Manguera Explosiva
MI	Manual de Instrucción
MOV	Movilidad
MT	Manual Técnico
NOP	Norma Operativa Particular
OPORD	Orden de Operaciones
RING-8	Regimiento de Ingenieros nº8
SCC	Sección
TFG	Trabajo de Fin de Grado
TTP	Tácticas Técnicas y Procedimientos



VCZ	Vehículo Combate de Zapadores
ZU	Zona Urbanizada



1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las operaciones en el subsuelo se han identificado como uno de los nuevos requisitos de combate de las Fuerzas Armadas (FAS). El objetivo es poder superar los desafíos de los nuevos entornos operativos. Esta demanda deriva de la proliferación del crimen, el terrorismo y las redes insurgentes. Estos actores no estatales con carácter violento utilizan nuevos métodos para crear la guerra, en los que cobra especial relevancia el escenario subterráneo, ya que les proporciona mayor seguridad, protección y ocultación. Además, este espacio tiene muchas restricciones sobre los medios y armamento de las fuerzas de combate, siendo una de las más perjudiciales que minimiza la superioridad tecnológica de los ejércitos convencionales.

Sin embargo, ya no sólo cobra especial relevancia en un combate asimétrico. Como puede verse en los últimos años, la creciente capacidad armamentística de las fuerzas convencionales en artillería y los nuevos elementos empleados como los drones harán que se creen infraestructuras complejas en el subsuelo. Con el fin de tener un abrigo para los proyectiles a la vez que dificulta su identificación y detección.

Aún no se ha encontrado una definición del término "combate subterráneo". Se intentará dar una definición de este tipo de combate, así como determinar en qué espacios se pueden desarrollar. La guerra subterránea puede ser definida como una combinación de dos factores: "guerra" (conflicto, generalmente armado, en el que intervienen dos o más partes) y "subterráneo" (lugar o espacio que se encuentra bajo tierra).

Así, los espacios del subsuelo en los que pueden intervenir las fuerzas militares se pueden dividir en dos: espacios rurales y urbanos.

Los *espacios rurales* son: Centros de mando y control o bases logísticas, instalaciones de misiles estratégicos, laboratorios o instalaciones de armas de destrucción masiva, bases terroristas subterráneas, posiciones defensivas, puertos y bases aéreas, red de túneles de contrabando, redes de abastecimiento para núcleos urbanos o industrias, y, minas o cuevas naturales.

Los *espacios urbanos* son: Red eléctrica, de aguas o gas natural, redes de alcantarillado o de telecomunicaciones, red metropolitana y ferroviaria subterránea, red de comunicaciones (túneles), refugios (antiaéreos, centros sanitarios, centros de mando y control, puesto de observación o escucha, aeródromos, puertos...), sótanos y aparcamientos o laboratorio o bases logísticas.

De esta forma, la guerra subterránea se puede definir como la lucha armada que una fuerza convencional militar, equipada y adiestrada, ha de realizar para garantizar el dominio de los espacios naturales o artificiales situados en el subsuelo. Todo ello para: impedir la utilización del subsuelo por parte del adversario ya sea con propósitos defensivos u ofensivos y, preparar y ejecutar acciones en beneficio de las operaciones en superficie y darles continuidad.

En este nuevo escenario, los Ingenieros formarán parte de un núcleo imprescindible en el combate en el subsuelo. De todas las funciones de combate, es dentro de la maniobra y protección donde más importancia tienen las actividades realizadas por las unidades de Ingenieros. Estas son principalmente actividades de apoyo a la movilidad, contra movilidad y protección, tendentes a favorecer el movimiento de los medios propios y a dificultar el del enemigo, así como para mantener la capacidad de las fuerzas propias para cumplir la misión.

Dentro del combate subterráneo las acciones de movilidad adquieren una especial relevancia. La necesidad de progresar de la manera más segura posible al fuego enemigo y en un ambiente de amenazas explosivas hace imprescindibles las aportaciones de Zapadores.



2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo de este proyecto es el de realizar un amplio estudio sobre combate subterráneo, que se ha estimado necesario a causa de los escasos trabajos de investigación, artículos y fuentes documentales existentes sobre este tema.

Para ello será cumplir los siguientes objetivos secundarios:

- Conocer las características principales de los medios subterráneos.
- Determinar los principales escenarios subterráneos.
- Investigar las diferentes amenazas a las que se exponen las unidades al trabajar en el subsuelo.
- Analizar los distintos materiales de apoyo a la movilidad de Ingenieros para poder implementarlos en el combate en el subsuelo, además de quitar o añadir instrumentos para combatir de la manera más eficaz posible.

El proyecto contará con opiniones y experiencias del personal que ha manipulado el material de apoyo a la movilidad que utilizan las unidades de Ingenieros, tanto en operaciones como en instrucción. Debido a la importancia de las lecciones aprendidas y la opinión personal de los experimentados, para utilizar el material en espacios subterráneos de la manera más eficiente posible.

El Trabajo de Fin de Grado abordará los problemas, que se pueden encontrar en el combate en el subsuelo, en el ámbito de la movilidad, y la manera en la que podrán resolverse con los medios de las unidades de Zapadores. Para ello se utilizará la experiencia del personal del Regimiento para conocer sus opiniones, conocimientos y visión sobre el escenario subterráneo y las formas en las que pueden aportar los Ingenieros. Así como con unidades especiales en el ambiente subterráneo de las Fuerzas y Seguridad del Estado, como la Unidad Especial de Subsuelo y Protección Ambiental de la Policía Nacional de Asturias.

El trabajo consigue visualizar de forma clara los distintos escenarios subterráneos que se pueden encontrar las fuerzas de combate. Para ello, se utilizan manuales, entrevistas e información. Una vez identificados los diversos tipos medios en el subsuelo, se identifica las diferentes amenazas que se pueden encontrar en cada uno de ellos y, la manera de abordarlos por parte de los Ingenieros, en el ámbito de apoyo a la movilidad.

2.2 METODOLOGÍA

El presente proyecto ha tratado sobre el estudio del estado actual para definir el estado del arte en la instrucción del Ejército de Tierra en el combate subterráneo. Para ello, se ha realizado una búsqueda, recopilación, selección y análisis de la información proporcionada por el Regimiento de Ingenieros nº8 y el MADOC, en el que se recogen planes de instrucción y adiestramiento, así como manuales que el ET está tomando como referencia para llevar a cabo la instrucción.

Para el desarrollo se ha utilizado un enfoque metodológico, tanto cualitativo como cuantitativo. Las herramientas que se han empleado se describen a continuación:



2.2.1 Encuestas

Las encuestas son unas de las metodologías más utilizadas para recoger y comparar las opiniones de un gran número de personas de una manera rápida y eficaz. Por este motivo, se ha considerado conveniente el diseño de un cuestionario orientado a recopilar todas las experiencias y opiniones para su posterior análisis.

Las encuestas realizadas en este trabajo tuvieron el fin de determinar cuáles son los principales problemas que se pueden encontrar en el combate subterráneo, en cuestión de movilidad. De esta manera, al encontrar cuáles son estas dificultades, se pueden interpretar por necesidades que necesitan resolverse de la manera más eficaz posible.

El personal que responde está actualmente en función de servicio dentro de las Fuerzas Armadas, concretamente destinado en el RING-8 en Melilla. Un grupo entrevistado compuesto por mandos, Suboficiales y Tropa, algunos de los cuáles cuenta con experiencia en el subsuelo debido a la práctica de ejercicios de instrucción y adiestramiento en este ambiente, y otros, en cambio, con conocimientos mínimos. Así, a su vez, se podrá medir el grado de instrucción por parte de los componentes del Ejército de Tierra y ver si hay una necesidad de aumentar el número de ejercicios de este tipo.

2.2.2 Entrevistas

Las experiencias vividas tanto por los mandos y tropa de las unidades del Ejército de Tierra, como por profesionales de otros cuerpos de las FAS en el combate subterráneo son una fuente de información fundamental a tener en cuenta para la investigación del proyecto. A lo largo del mismo, se realizarán varias entrevistas cara a cara tanto a personal del ET como a profesionales de la Policía Nacional en el ámbito subterráneo. Concretamente, al Subinspector Víctor Busto, jefe de la unidad de subsuelo de Oviedo, Asturias, y al resto de su equipo a lo largo de la práctica de alcantarillado.

Esta metodología permite:

- Recoger información en torno a las experiencias, acontecimientos vividos y aspectos subjetivos tales como opiniones, actitudes o valores con relación a la situación que se está estudiando.
- Permite al usuario entrevistado explicarse cómodamente, expresarse libremente, imaginarse supuestos e incertidumbres y aportar, en su opinión, las mejores soluciones para dichas situaciones.
- No limitar las respuestas a alternativas predeterminadas.
- Perfilar el proyecto junto con los mejores expertos de la materia a estudiar.

A través de las entrevistas, especialmente a los verdaderos expertos en el ambiente subterráneo, la Unidad Especial de Subsuelo y Protección Ambiental de la Policía Nacional, se resuelven múltiples dudas y se contrastan con la opinión de los integrantes de las Fuerzas Armadas, lo que permite ver el grado de conocimiento por parte del personal militar. Además, un aspecto importante es tratar de ponerse en la piel de profesionales en el sector, para sí, en caso de conflicto con un país enemigo, adivinar como actuarían en el subsuelo. Así, preparar a las unidades de Ingenieros de la mejor manera posible en cuestión de apoyo a la movilidad. Estudiando con que nuevos instrumentos específicos se podrían equipar para combatir debajo de la superficie. Sin olvidar, la gran experiencia adquirida por el autor al realizar la práctica y poder comprobar por sí mismo cuál es el ambiente que está estudiando y



ser conocedor de a lo que se enfrentarían las unidades.

2.2.3 Análisis de mercado

Una vez encontrados los problemas principales a los que se pueden enfrentar en el subsuelo el personal del Ejército de Tierra, se necesita hallar una solución. Debe ser un instrumento eficaz, rápido y práctico de usar. Que pueda utilizarse en el mayor número de ocasiones posibles y que resuelva una dificultad a la que sea muy probable que haya que enfrentarse. Una vez determinados estos instrumentos se realizará un estudio de mercado para encontrar al proveedor más rentable y así poder dotar a los Ingenieros de estos materiales. Con el fin de que se pueda cumplir con éxito la misión de las unidades gracias al apoyo a la movilidad de los Zapadores. El procedimiento empleado ha sido el método *Scoring*.

3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO (ESTADO DEL ARTE)

Desde la antigüedad, multitud de factores como el terreno o el clima se han considerado en los conflictos. Hasta el día de hoy, el subsuelo sigue siendo un área casi inexplorada. Al igual que la superficie o los mares, los recursos también pueden obtenerse del entorno subterráneo y desarrollarse de varias formas posibles, incluyendo el uso en el campo militar.

Hay innumerables casos en la historia en los que, gracias a una buena estrategia y dominio del subsuelo, se consiguió una gran ventaja que cambió radicalmente el transcurso del conflicto. El asalto a la fortaleza Dura-Europos en el siglo III d.C. se conoce como la batalla más antigua en las que se utiliza el entorno subterráneo. Los persas intentaron cavar minas para destruir los cimientos de la muralla de la ciudad romana. Para evitarlo, los romanos intentaron detectar la ubicación exacta de las minas excavadas y poder destruirlas. Para ello, construyeron su propia mina defensiva hasta encontrar la mina persa. La batalla terminó a favor de los persas, que vencieron a los romanos a través de la creación de una bomba química, con base de azufre, hecho que data como la primera vez que se usaron armas químicas en una batalla.

Sin embargo, a pesar de que la guerra en escenarios subterráneos ha estado presente a lo largo de la Historia, es en el siglo XX cuando el combate en el subsuelo alcanza su máximo esplendor en Stalingrado, durante la II Guerra Mundial. En la denominada guerra de ratas (*Rattenkrieg*), en la cual los rusos aparecían y desaparecían en los edificios y en la retaguardia de las tropas alemanas; y en la guerra de Vietnam, en la que la guerrilla comunista survietnamita (*Viet Cong*¹) hostigaba a los americanos utilizando una extensa red de galerías y túneles.

¹ Viet Cong: Las Fuerzas Armadas de Liberación Popular, más conocidas como Viet Cong, eran el brazo militar del Frente Popular de Liberación Nacional.



3.1 GUERRA DE VIETNAM (IRON TRIANGLE).

Durante la Guerra de Vietnam, “*The People’s Army of Viet Nam (PAVN)*” y el *Viet Cong* usaron una extensa red de túneles para ocultarse de la potencia de fuego superior de los Estados Unidos. Protegían instalaciones críticas y guardaban armas y suministros.

Entre los más significativos de muchos complejos de túneles construidos por el *Viet Cong* fueron los ubicados en el área conocida como “*Iron Triangle*”, “Triángulo de Hierro”. Los EE. UU llevaron a cabo múltiples operaciones contra los insurgentes como “*Operations Cedar Falls*” (enero-febrero de 1967) y “*Junction City*” (febrero-marzo de 1967). El propósito de estas era destruir las bases de esta región, entre Saigón, Vietnam del Sur capital, y Camboya al oeste, para separar a los insurgentes desde su base civil de apoyo a la zona. Aunque los militares estadounidenses sabían del empleo del espacio subterráneo, no eran conscientes de la extensión total de la red de complejos de túneles. (Army, 2009)

“*Ben Suc*” se consideraba una base logística para los insurgentes en el Triángulo de Hierro. Primeramente, parecía ser un pueblo típico, sin embargo, las fuerzas estadounidenses pronto descubrieron que debajo de la superficie del pueblo había un extenso complejo subterráneo con cámaras para suministros, almacenamiento de documentos, tratamiento médico y fabricación de minas, uniformes y trampas explosivas.

Las instalaciones en el Triángulo de Hierro se consideraban demasiado peligrosas, por lo que la mayoría de los sitios fueron destruidos por los Ingenieros después de una rápida exploración. Los documentos recuperados de los túneles proporcionaron inteligencia valiosa, incluidos relatos detallados de la actividad insurgente en el área durante los últimos 5 años, los distintivos de llamada y frecuencia de Vietnam del Sur y los nombres de los oficiales de Vietnam del Sur que estaban proporcionando información al *Viet Cong*.

A medida que avanzaban las operaciones “*Cedar Falls*” y “*Junction City*” de EE. UU. Las fuerzas reconocieron la necesidad de llevar a cabo una explotación más completa de los sistemas subterráneos construidos por el *Viet Cong*, por lo que comenzó a utilizar voluntarios conocidos como “ratas de túnel” para pasar a la clandestinidad (Ilustración 1). Las “ratas del túnel” entraron en los túneles para identificar las ubicaciones del *Viet Cong*, matar insurgentes y colocar explosivos para destruir estructuras subterráneas. El equipo de una “rata de túnel” era mínimo: cuchillo, linterna y pistola. Inicialmente, recibieron poco o ningún entrenamiento. Sin embargo, los programas de capacitación, finalmente, se establecieron dentro de las Divisiones y, aunque limitados, los kits de exploración de túneles fueron desarrollados por el Ejército. Además, las unidades desarrollaron sus propios kits, que consistía en 30 metros de cuerda, chalecos antibalas, agarre, ganchos, máscaras de gas, teléfonos de cable con alimentación por sonido, guantes, rodilleras, taponos para los oídos, linternas, y, un carrete de 800 metros de cable de comunicaciones.

² Iron Triangle: Los túneles en las cercanías del Triángulo de Hierro a menudo se denominan túneles de Cu Chi. Cu chi era un campamento base que se utilizaba en apoyo a operaciones estadounidenses contra los insurgentes vietnamitas



Ilustración 1. "Ratas de túnel" explorando un túnel de Viet Cong. Fuente: (Army, 2009).

Con el tiempo, se desarrollaron programas de capacitación divisionales para preparar a las "ratas del túnel" por su ardua tarea. En ocasiones, también trabajaron con desertores insurgentes, conocidos como "Kit Carson Scouts", que permitieron entender mejor el diseño de los túneles. Fueron capaz de anticipar las ubicaciones de las trampas explosivas y, a veces, podían encontrar los escondites de los insurgentes.

El uso del Viet Cong de los sistemas subterráneos persistió hasta el final de la guerra. Además de mejorar la eficacia y supervivencia, los túneles también sirvieron como un símbolo de poder frente a los estadounidenses.

3.2 GUERRA SOVIÉTICA EN AFGANISTÁN

Durante la guerra afgana-soviética (1979-1989), los soviéticos llevaron a cabo numerosas operaciones contra los combatientes muyahidines que operaban desde sistemas *karez*³. Estos, junto con la población civil, utilizó estos espacios subterráneos para refugiarse de los ocupantes soviéticos, protegiéndose de los ataques, fuego indirecto y munición lanzada desde el aire. Aunque los soviéticos no solían realizar operaciones a gran escala contra los túneles, en ocasiones realizaron operaciones de búsqueda de acordonamiento utilizando fuerzas comunistas tanto soviéticas como afganas. Los preparativos soviéticos para la conducción subterránea y las operaciones contra los muyahidines incluyeron el establecimiento de escuelas para Ingenieros soviéticos y soldados de las Fuerzas Especiales afganas.

El ejército soviético desarrolló una variedad de técnicas para la guerra subterránea, incluidas formas de destruir el *karez* utilizando estereofonía y voladuras, que se resumen a continuación:

- Separar a los civiles que pudieran estar escondidos de los muyahidines. Para ello, los soviéticos intentarían primero llamar civiles a través de comandos de voz. Mientras mantenían limpia la entrada, el ejército ruso lanzaba granadas de conmoción y volvía a avisar a los ocupantes para que se rindieran antes de destruir el *karez*.
- A continuación, bajarían explosivos a la parte baja del *karez*. Colocarían uno en el fondo del pozo y otro explosivo en la cima. Al explotar ambos, el superior sellaba la entrada y las vías respiratorias con gases. Mientras, la onda de choque de la carga más baja chocaba con el bloqueo de la de más arriba. Por tanto, se expandía también hacia los lados y las conexiones

³ *Karez*: Sistema de irrigación que está compuesto por pozos, conectados con canales.



con otros túneles. La detonación de ambos explosivos creaba una sobrepresión, “efecto estereofónico”, que afectaba a toda persona u objeto del interior del pozo. La técnica podía usarse simultáneamente contra múltiples túneles al mismo tiempo.

Otras estrategias utilizadas por el ejército soviético incluyeron equipos de búsqueda, señales de bengala para aturdir a los que se escondían, rondas incendiarias y productos de petróleo para matar a las fuerzas enemigas.



Ilustración 2. Operaciones de Karez soviéticas reimpresa de Grau y Jalali. Fuente: (Army, 2009).

3.3 FRONTERA MEXICANA (CÁRTELES DE DROGA)

Las fuerzas de orden han descubierto túneles con distintos niveles de sofisticación desde 1990 a lo largo de la frontera de Estados Unidos con México. La Ilustración 3 muestra un túnel de drogas descubierto por la Agencia Antidrogas (DEA), y por los agentes del Servicio de Inmigración y Control de Aduanas (ICE) en 26 de enero de 2006. Este túnel transfronterizo revestido de cemento conectaba almacenes de carteles de drogas en Tijuana, México, a Otay Mesa, California. El túnel de casi 1,000 yardas se completó con electricidad y ventilación.



Ilustración 3. Imagen de un túnel de drogas transfronterizo revestido de cemento entre Estados Unidos y México. Fuente: Departamento de Justicia de Estados Unidos.

Se sabe que los túneles de infiltración construidos por los cárteles de la droga aprovechan los túneles de infraestructura de EE. UU. del pasado. Una técnica utilizada por los cárteles de la droga es ubicar sus casas seguras cerca de los grandes sistemas de alcantarillado que a suelen llegar a México. Realizan las excavaciones subterráneas de tal manera que su piso franco queda conectado al sistema de alcantarillado. Los carteles pueden transportar cargamentos de droga desde México usando los espacios del subsuelo como sistema de ocultación para llegar a su destino. A partir de ahí, el envío puede cargarse en vehículos de transporte y entregarse a los distintos objetivos.

3.4 ISRAEL

Los militantes palestinos en Gaza usan túneles para una variedad de propósitos (Ilustración 4). Aunque las operaciones de contrabando son probablemente las de mayor uso conocido de túneles, también los utilizan para infiltración, sabotaje y ataques. Uno de los ataques más famosos fue el secuestro del Cabo *Gilad Shalit* de la Fuerza de Defensa de Israel el 25 de junio de 2006. Ese día,



militantes palestinos usaron el espacio subterráneo para cruzar la frontera de Gaza a Israel y atacar la unidad de *Shalit* (Army, 2009).

En dicho conflicto, los asaltantes palestinos mataron a dos Soldados israelíes y secuestraron al Cabo *Shalit* para escapar con él a Gaza. Desde entonces, los grupos militantes palestinos han utilizado la captura de este con fines de propaganda y para negociar con el gobierno israelí. Además, la incapacidad del Estado de Israel para obtener la liberación del rehén se convirtió en un tema político importante en el país. Al final, la negativa de Hamás de liberar a *Shalit* fue una de las justificaciones que Israel utilizó para invadir Gaza en enero de 2009.



Ilustración 4. La imagen del túnel de la ciudad de Gaza similar al utilizado por los palestinos en el secuestro del Cabo Shalit. Fuente: (Army, 2009).

4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 AMBIENTE SUBTERRÁNEO

Actualmente, el combate en el subsuelo se ha identificado como una de las necesidades operativas que presentan las FAS. El objetivo es poder superar los desafíos de los nuevos entornos operativos. Dicha necesidad nace del considerable aumento de redes criminales, terroristas e insurgentes. Estos utilizan nuevos métodos para combatir, en los que cobra especial relevancia el escenario subterráneo, ya que les proporciona mayor seguridad, protección y ocultación. Además, este espacio tiene un gran número de limitaciones para los medios y armamentos de las fuerzas de combate, siendo una de las más perjudiciales que minimiza la ventaja tecnológica de los ejércitos convencionales.

No obstante, el subsuelo se está usando tanto por fuerzas regulares como irregulares. El empleo de túneles y dispositivos situados a diferentes niveles de profundidad y con amplitud, dimensiones o complejidad variables, está volviéndose más frecuente, complejo y eficaz.

La capacidad del armamento es cada vez mayor, especialmente en las municiones guiadas con precisión. Llevando a muchos países a creer que en el futuro sus sistemas deben de estar protegidos en el subsuelo para evitar su destrucción.

A partir del espacio subterráneo, el enemigo tratará de protegerse de los fuegos, equilibrar su potencial desventaja tecnológica y militar u obtener ventajas tácticas o de cualquier otra naturaleza. Por tanto, será muy probable que, en las batallas del futuro, las fuerzas de combate se encuentren cada vez más con este tipo de infraestructuras.

El ambiente del subsuelo, si es muy bien explotado por el enemigo, le proporcionarán un elemento elevado de protección frente al fuego propio, dificultando o contrarrestando



simultáneamente la acción de los medios ISR⁴, lo que dificultará su localización, determinar las acciones que en ellas se realizan y proceder con su destrucción o neutralización.

Las distintas acciones, para las que puede ser empleado el ambiente subterráneo, son tales como: ubicación de puestos de mando o zonas de vida, almacenes, vías de comunicación, zulos de la insurgencia, vías de abastecimiento, etc. Principalmente, será usado por fuerzas irregulares; sin embargo, podrá ser una alternativa para ejércitos convencionales en situaciones de estabilidad o bloqueo táctico, en las que la maniobra de superficie pudiera haber agotado sus opciones, no resulte eficiente llevarla a cabo o no se disponga de los medios necesarios para alcanzar el éxito.

Para asegurar la acción en este entorno, no solo será necesario disponer de herramientas, medios y personal cualificado en este ambiente. Se deberá de realizar un programa específico de instrucción y adiestramiento de la fuerza, con el fin de alcanzar las destrezas necesarias para actuar con éxito en este tipo de operaciones minimizando al máximo los riesgos. Con una alta probabilidad la amenaza subterránea, podrá llegar a ser el centro de gravedad de alguna de las operaciones futuras. Obligando así al desarrollo de tácticas, técnicas y procedimientos (TTP) específicos.

Las fuerzas propias estarán en desventaja si tienen que combatir contra un enemigo con sistemas subterráneos o una red de estructuras. Dispondrá de rutas de escape protegidas, lanzará contraataques y emboscadas desde posiciones a cubierto, podrá recibir refuerzo, abastecimientos y además, estará protegido por el terreno.

Los futuros líderes del ET deberán de estar preparados para emplear parte de su fuerza en un escenario como el subsuelo. Esto impondrá elevados riesgos, fatiga física y psíquica a la tropa, ritmo lento y utilización de tecnología y medios específicos. El buen uso por parte de la fuerza enemiga del ambiente subterráneo puede tener consecuencias desastrosas para las fuerzas propias, viéndose abatidas por los flancos y la retaguardia. En cualquier caso, la decisión de ejecutar una operación en el subsuelo deberá ser analizada con detalle, considerando unos factores METT-TC⁵ que podrán ser inciertos, asumiendo un elevado grado de incertidumbre.

4.1.1 Características y limitaciones

Para realizar un correcto planeamiento de las operaciones en el subsuelo, es necesario conocer una serie de características físicas y funcionales, además de unas limitaciones que determinan el espacio subterráneo.

Las limitaciones han sido extraídas principalmente de: el manual "MI-102 COMBATE SUBTERRÁNEO" del ET, el "2009 AWG *subterranean warfare handbook*" (Army, 2009) del Ejército Americano y las experiencias propias del autor en la fase de experimentación.

Para empezar, las características son las siguientes:

- **Funcionalidad:** Dependiendo del uso y la función que se le vaya a dar, existe una serie de grupos

⁴ IRS: Intelligence, Surveillance, Reconnaissance. Sistemas de obtención, fundamentalmente de imágenes

⁵ METTC-TC: Misión, enemigo, tiempo disponible, terreno, tropas disponibles y consideraciones civiles.



funcionales:

- Puesto de mando: empleado para la preparación y el planeamiento de acciones operativas.
- Vías de comunicación y aproximación: transporte de material y desplazamiento de personal.
- Zulos y depósitos: para proteger y enmascarar cualquier tipo de material o munición.
- Posiciones defensivas y refugios: para dar protección al personal tanto civil como militar frente a amenazas externas.
- **Profundidad:** Las infraestructuras subterráneas podrán estar establecidas a una gran profundidad o pegadas a la superficie. Esto condiciona la manera de actuar, incrementando la peligrosidad acorde a la profundidad.
- **Movilidad:** Existirán zonas con mayor o menos dificultad de movimiento, en función de las limitaciones físicas del terreno. Esto permite realizar la siguiente clasificación de las zonas:
 - Restringidas: solo permite la progresión del personal en hilera, posición agachada o gateando, con equipo ligero o poco voluminoso.
 - Semirrestringidas: al igual que en el caso anterior, aunque permite llevar una posición erguida.
 - Permisivas: permiten el desplazamiento de pie y el despliegue limitado de la unidad.
 - No restringidas: permiten el despliegue de unidades y el desplazamiento incluso de vehículos.
- **Accesibilidad:** en función de la estructura podrá ofrecer mayores o menores dificultades para acceder a ella. Pueden considerarse tres niveles:
 - Nivel I: acceso mediante herramientas de manos sencillas.
 - Nivel II: acceso mediante explosivos o medios similares para acceder al interior.
 - Nivel III: acceso con medios y procedimientos avanzados y personal especializado.

Las limitaciones en el combate subterráneo pueden ser de muy distinta índole. Hay una serie de restricciones que provocan una considerable reducción del rendimiento de la unidad y de la tropa. Esto se debe de tener en cuenta para la instrucción y el adiestramiento de las futuras unidades del ET. Las limitaciones que cabe destacar son:

- **Limitaciones fisiológicas:** El ser humano no está acostumbrado a desenvolverse por el subsuelo, no es su medio habitual. Por tanto, la adaptación de la persona a nivel individual es la primera de las limitaciones que se deben afrontar.

Se trata de un entorno desconocido, oscuro y peligroso, con frecuencia tendrá dimensiones



reducidas, y donde lo habitual será encontrarse una atmósfera anormal. Por todo ello, las capacidades físicas y psíquicas se verán condicionadas por un entorno hostil y claustrofóbico, provocando desorientación y pérdida de la noción del tiempo en el combatiente. Por tanto, el personal deberá adaptarse progresivamente al medio.

- **Limitaciones de vida y movimiento:** La protección del combatiente como individuo es uno de los objetivos primordiales en toda ocasión y especialmente en entornos desconocidos y peligrosos. Las condiciones, poco comunes y adversas de los espacios en el subsuelo, implican serios problemas en todo lo relacionado con la vida y el movimiento de las unidades.
- **Limitaciones de mando y control:** Una de las limitaciones fundamentales es el enlace con el escalón superior ya que condiciona la progresión y los apoyos, poniendo en riesgo el cumplimiento de la misión. Esto se debe a que el terreno e infraestructuras del subsuelo dificultan el mando y control de las unidades. Las paredes de espacios confinados provocan apantallamiento de las ondas interfiriendo de esta manera en el buen funcionamiento de los elementos radio (Army, 2009). En muchas ocasiones, puede fallar, incluso disponiendo de los elementos más modernos en tecnología.

4.1.2 Resultados de la encuesta para identificar factores más limitantes en el combate subterráneo

Con el fin de obtener los factores más limitantes en el ambiente subterráneo, se ha realizado una encuesta (**Anexo I**) a varios componentes de los cuadros de mando y tropa del RING-8. Los integrantes del Ejército de Tierra debían contestar el cuestionario dándole cierto nivel de importancia a cada uno de los problemas. Han respondido en función de cuáles más les preocupa, ya sea por su complejidad a la hora de resolverlo o por la frecuencia en los que estos tienden a aparecer.

Con esta encuesta, se pueden ver cuáles son los principales inconvenientes a los que se enfrenta el personal del ET para mantener la seguridad internacional y de la Nación en el ámbito del subsuelo. Por esta razón, servirá para determinar, especificar y canalizar los problemas y posteriormente, poder buscar una solución a estos. La resolución más eficaz a estos factores será un sistema de Ingenieros que permita realizar de la manera más eficiente posible el apoyo a la movilidad.

Los resultados se muestran a continuación, así como las conclusiones obtenidas de estos:

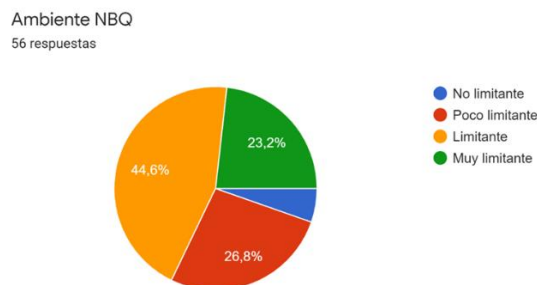


Ilustración 5. Resultado encuesta: Ambiente NBQ. Fuente: propia.



El ambiente NBQ es visto mayoritariamente como un factor limitante (44,6% de los votos) y limitante (23.2%), siendo por tanto considera un factor peligroso en el combate subterráneo por parte de los encuestados.

Sin embargo, el personal de las Fuerzas Armadas no le da la importancia merecida al ambiente NBQ. Posteriormente, se contrastará con la entrevista realizada a la Unidad de Subsuelo de Asturias, en la que encuentran este factor como el más común y limitante prácticamente.

Este resultado demuestra que existe una necesidad en este ámbito. Es necesario tanto instrucción el personal para estar preparado para actuar en este tipo de situaciones, como algún sistema que permita detectar la concentración de gases en la zona o la falta de oxígeno. De esta manera, se facilita la movilidad de las unidades para realizar combate subterráneo de la forma más segura posible.

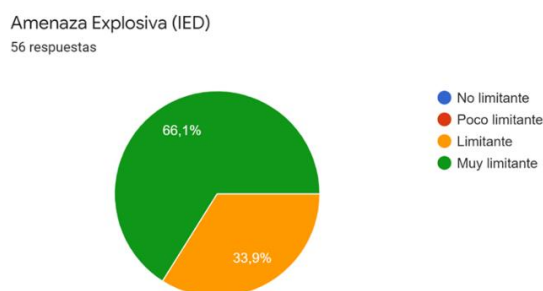


Ilustración 6. Resultado encuesta: Amenaza Explosiva (IED). Fuente: propia.

Como era de esperar, y más aún en una Unidad del Ejército de Tierra del Arma de Ingenieros, la amenaza explosiva es el factor que más riesgo supone en una operación subterránea. La explosión de un artefacto en el escenario del subsuelo podría destruir un gran número de tropas incluso no estando cerca del lugar, por la presión que puede provocar, así como la falta de oxígeno. Además, probablemente el derrumbamiento de la zona.

Este resultado demuestra la vital importancia que tiene el Arma de Ingenieros en el subsuelo. Cada unidad que pretenda desplazarse por este ambiente deberá estar acompañado de un mínimo equipo de Zapadores que les de apoyo a la movilidad. Un apoyo necesario e imprescindible.

Desgraciadamente, en la actualidad, no existe un sistema específico que pueda neutralizar la mayoría de las amenazas explosivas. Esto es debido a la naturaleza propia de los IED. Pueden ser de distinta naturaleza y complejidad, que resulta imposible un único sistema para neutralizar todos, y ni si quiera un gran porcentaje de ellos. Los incidentes deberán de ser resueltos a través de TTP's específicas o detonaciones, las cuales las últimas, podrían suponer un riesgo para la seguridad debido a derrumbamiento de la estructura.

Sin embargo, sería muy interesante un radar, portable, con unas dimensiones tamaño dispositivo "tablet", que pudiera ya sea por densidad u otro tipo de tecnología, darnos información sobre que hay más allá del lugar en el que se encuentra la unidad. Así, como avisar de objetos ajenos al propio entorno, lo que permitiría a las tropas empezar a trabajar en un incidente, tipo IED, por ejemplo, antes de tener contacto visual directo y por tanto exponerse a los peligros de



este.

Desplazamientos verticales (vasos de decantación en alcantarillado, acceso desde alcantarillas, zonas con altura, pozales...)
56 respuestas

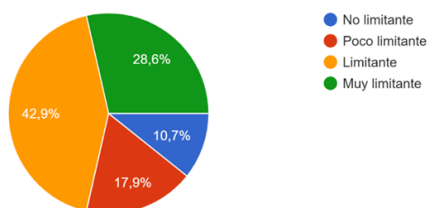


Ilustración 7. Resultado encuesta: Desplazamientos verticales. Fuente: propia.

Los desplazamientos verticales en el subsuelo tienen mucha importancia para la movilidad de las unidades. Podrían suponer el fracaso total de una misión, o incluso la pérdida de personal debido a una mala superación del obstáculo, o, quedándose atrapado en el subsuelo.

Esto se puede ver reflejado en las respuestas de la encuesta realizada, en la que un 28,6% lo percibe muy limitante y un 42,9% limitante. Lo que es muy superior al 17,9% que lo considera poco limitante y el 10,7% que lo ve no limitante.

Los desplazamientos verticales, que tengan que superar las unidades, no son considerados por parte del personal encuestado un factor tan limitante como los anteriores, lo que era de esperar debido a su naturaleza. Ya que no cuenta con un poder destructivo intrínseco. Sin embargo, deberá ser superado en distintas ocasiones, ya sea hacia arriba o hacia abajo, por lo que es necesario un sistema tipo escalera que permita movimientos ascendentes y descendentes. Además, deberá de ser resistente, fácil de usar y portable, debido al poco espacio que puede estar presentar el subsuelo.

Accesibilidad (Puertas, alcantarillas, candados, rejas)
56 respuestas

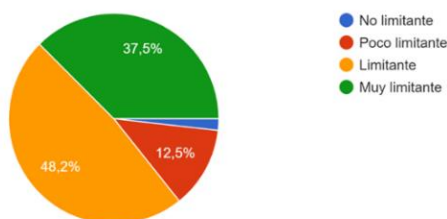


Ilustración 8. Resultado encuesta: Accesibilidad. Fuente: propia.

Con una probabilidad muy alta, las fuerzas que vayan a actuar en el subsuelo tendrán que superar algún obstáculo que dificulte la accesibilidad. Cuando las unidades tengan que pasar, por diversas causas, de moverse por la superficie a un escenario en el subsuelo, habrá algún impedimento que dificulte el paso. No necesariamente estará colocado como un obstáculo contra movilidad contra un enemigo. Dicho impedimento puede haber sido situado, en ese lugar, para evitar que personas ajenas



a la propiedad accedan a ese inmueble; o, para garantizar la seguridad a la población civil de la zona. El resultado de la encuesta lo muestra perfectamente. A pesar de que no cause bajas, la accesibilidad para el cambio de la superficie al subsuelo será muy frecuente, por tanto, algo que es necesario de resolver.

Por un lado, en las grandes ciudades se encontrarán con: alcantarillas, rejas, vallas, rejas con candado, puertas con candado, puertas con cerradura, etc. Por otro lado, en entornos rurales o en países subdesarrollados y teatros de operaciones como Afganistán, no habrá infraestructuras tan complejas. Sin embargo, siempre habrá que superar algún objeto o estructura que dificulte la entrada a un espacio subterráneo.

De aquí nace la necesidad de encontrar un sistema que permita resolver de manera generalizada, por sí misma, gran parte de los problemas de accesibilidad de las unidades al subsuelo.

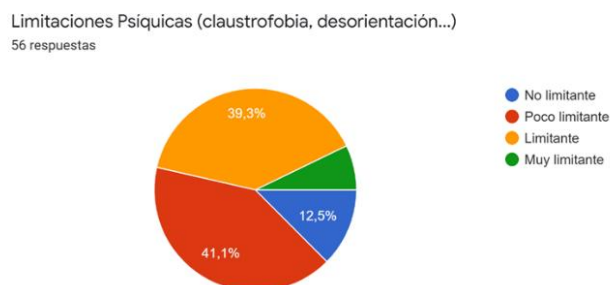


Ilustración 9. Resultado encuesta: Limitaciones Psíquicas. Fuente: propia.

Las limitaciones psíquicas no son algo extremadamente preocupante para los encuestados. Si es cierto que es necesario personal instruido y preparado que haya trabajado en ambientes similares, de manera progresiva y expuestos a situaciones de estrés. Una vez superadas estas limitaciones psíquicas por los sujetos, no deberían de suponer un problema vital para la misión.

Este factor junto con el siguiente son los menos valorados. Con un 41,1% de las respuestas lo muestran como poco limitante y un 12,5% no limitante. Sin embargo, un 39,3% lo considera limitante y un 7,1% muy limitante. Los encuestados son conscientes de la complejidad del combate subterráneo, y la necesidad de un entrenamiento específico y exigente para poder llevar a cabo las operaciones con éxito.

No existe ningún sistema que pueda utilizarse para solventar este problema. La instrucción individual del combatiente en tiempos de paz será lo que determine la capacidad del personal para combatir en este espacio.

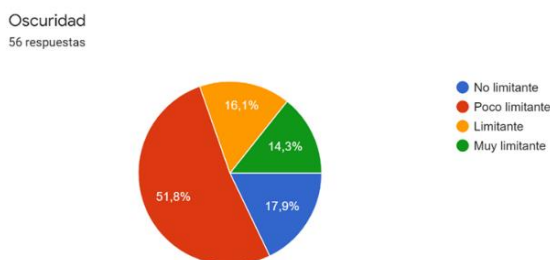


Ilustración 10. Resultado encuesta: Oscuridad. Fuente: propia.

Como se ha comentado anteriormente, el factor de la oscuridad ha sido el valorado con un 51,8% como poco limitante y un 17,9% no limitante. Para poder superare este problema, con un medio específico, el ET ya cuenta con las gafas de visión nocturna en sus unidades. Con estas, las unidades podrán desplazarse en escenarios oscuros, por tanto, no será necesario adquirir o inventar un instrumento para subsanar la limitación.

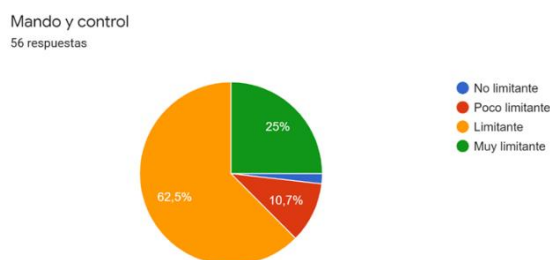


Ilustración 11. Resultado encuesta: Mando y control. Fuente: propia.

El mando y control de las unidades es uno de los factores fundamentales a la hora de llevar a cabo una misión, ya sea en la superficie o en el subsuelo. Así se ve reflejado con un 62,5% de los encuestados que consideran que es limitante y un 25% que piensa que es muy limitante. Un gran porcentaje en comparación que le da menos importancia.

En el mando y control las transmisiones son un factor determinante. Llevarlo a cabo sin ellas será muy complicado. Sin embargo, en el subsuelo, con espacios tan cerrados, mantener el contacto podrá ser un factor favorable para avanzar por un túnel o espacio cerrado.

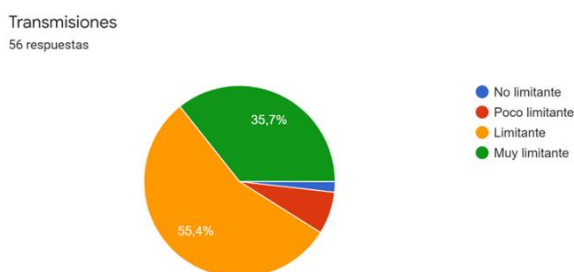


Ilustración 12. Resultado encuesta: Transmisiones. Fuente: propia.

Las transmisiones, tanto en el subsuelo como en la superficie, son uno de los problemas principales



a la hora de conducir una operación. El 55,4% lo considera limitante y el 35,7% muy limitante.

Se han realizado diversas pruebas con respecto a las transmisiones entre el personal establecido en la superficie y la unidad que avanza en el subsuelo. En la entrevista a la Unidad de Subsuelo de la Policía Nacional (**Anexo II**), se ha recolectado información sobre este tema. El Regimiento de Infantería "Príncipe" n.º 3 ha realizado ejercicios de instrucción en la misma zona en la que el autor realizó la fase de experimentación. Dicha unidad militar aún no ha sido capaz de lograr un enlace efectivo entre la superficie y las unidades desplegadas en el ambiente subterráneo. La única forma de comunicación de la que disponían era de "walkie talkie" para los miembros que actuaban en el subsuelo. Algo importante era el empleo de relés a lo largo del desplazamiento, ya que una simple esquina, debido a las cualidades de los materiales del subsuelo, podía suponer un corte de transmisión.

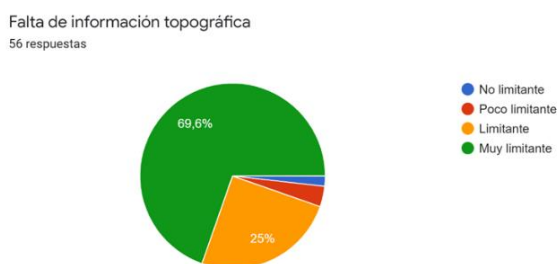


Ilustración 13. Resultado encuesta: Falta de información topográfica. Fuente: propia.

El factor del desconocimiento topográfico junto con las amenazas explosivas, el factor del desconocimiento con respecto a la topografía del escenario subterráneo es el considerado el más limitante. La falta de esta información podría desencadenar en muchos de los anteriores inconvenientes y en otros no mencionados. Por tanto, es de vital importancia que las unidades dispongan de algún medio para tener más visibilidad de la que sus sentidos les proporcionen. Además, en combate subterráneo, en territorio nacional, se contará con planos de las infraestructuras del subsuelo. Sin embargo, en un país enemigo, realizando una maniobra de carácter ofensivo es probable que inteligencia no sea capaz de proporcionar información detallada del subsuelo de la zona.

4.1.3 FASE DE EXPERIMENTACIÓN: UNIDAD DE POLICÍA DE SUBSUELO

El autor quería realizar una fase de experimentación en la que pudiera ver un espacio subterráneo en persona. Así poder contemplar las limitaciones, sensaciones y exigencias de primera mano.

Debido a la falta de infraestructuras de ambiente subterráneo en la mayor parte de unidades del Ejército de Tierra, el autor optó por realizar la práctica en la Unidad de Subsuelo y Protección Ambiental de Oviedo. El equipo de la Policía Nacional está integrado en la Jefatura de Unidades Especiales de la Comisaría General de Seguridad Ciudadana, y se distribuye en 14 unidades por el territorio nacional, de acuerdo con las necesidades operativas de actuación.

La práctica se dividió en tres partes diferenciadas:

Primera parte: Una vez se llegó a la Unidad de Policía de Subsuelo en la capital de Asturias, Oviedo, se realizó una visita rápida por el cuartel y puesta en contexto de la unidad históricamente, desde sus inicios hasta sus cometidos actuales.



El origen de la Unidad Especial de Subsuelo de la Policía se formaliza con la creación en Madrid, en 1958 de la primera Unidad, integrada en sus inicios por 37 funcionarios. Los motivos entre otros y que justifican su creación fueron:

- La existencia de grandes redes subterráneas transitables.
- La seguridad del Jefe del Estado, de otras personalidades y de los edificios oficiales.
- Los continuos robos de materiales de tendido eléctrico y de distribución de agua potable.

Actualmente, conforman la especialidad dentro de la Jefatura de Unidades Especiales, una Sección Operativa Central, 2 unidades de la Dirección Adjunta Operativa (Presidencia del Gobierno y Congreso de los Diputados) y 14 Unidades Territoriales.

Los especialistas de Subsuelo y Protección Ambiental se forman mediante cursos de capacitación y reciclaje en:

- Cursos de especialización dirigidos a funcionarios de la Policía Nacional, que acceden a la especialidad.
- Cursos de actualización, que tienen que conocer nuevas técnicas y medios.
- Cursos específicos en áreas de trabajo: Protección Ambiental, Trabajo Vertical, Espacios Confinados.

Así mismo se imparte formación a otras unidades del Cuerpo Nacional de Policía, como TEDAX-NRBQ, Policía Científica y GOIT.

Entre las funciones que desarrollan estas Unidades se encuentran las siguientes

- Elaboración de estudios y planes integrales de seguridad referidos al subsuelo de edificios oficiales, y domicilios de altos representantes de la administración.
- Colaboración en la planificación y ejecución de dispositivos policiales de seguridad.
- Vigilancia e inspección preventiva del subsuelo.
- Con ocasión de la comisión de actos delictivos, búsqueda y recuperación de instrumentos, efectos o del cuerpo del delito, en lugares de difícil acceso.
- Intervención en la localización de personas o víctimas de catástrofes naturales.
- Recogida y análisis de vertidos a la red de alcantarillado, así como de otras sustancias contaminantes del suelo, agua y aire, en colaboración con la Fiscalía de Medio Ambiente.

Además, la Unidad de Subsuelo y Protección Ambiental encamina su futuro hacia el completo desarrollo de sus competencias, potenciando:

- La colaboración con las Fiscalías de Medio Ambiente sobre la investigación de hechos que revistan el carácter de delito ecológico.
- La colaboración con la Dirección General de Protección Civil, en materia de búsqueda y rescate de personas o víctimas de catástrofes naturales tales como terremotos o inundaciones. La colaboración con otras unidades policiales en materia de búsqueda y recuperación del cuerpo del delito en espacios confinados y otros lugares de difícil acceso.

Todo esto otorga a la unidad un enorme prestigio, siendo uno de los principales referentes a los que



acudir para informarse de todo lo relacionado al ámbito subterráneo. Además de aprender de ellos, también es necesario contar con su presencia a la hora de realizar instrucción por parte del Ejército de Tierra por temas de seguridad y movilidad en el subsuelo, ya que aún no tienen la instrucción necesaria para llevar a cabo ejercicios intensos sin la presencia de verdaderos profesionales.

Posteriormente, se realizó la segunda parte de la práctica. En el despacho del Subinspector Victor Manuel García Busto, que acompañó al autor del trabajo durante la visita, junto con el Oficial de Policía Luis Miguel Fernández Santos, se impartió una teórica sobre el ambiente subterráneo y las clases de subsuelo que existen. Además, se proporcionó un informe específico para la práctica (**Anexo I**).

Y por último la tercera parte, en la que el autor tuvo la posibilidad de realizar un movimiento por el alcantarillado (Ilustración 17) para poder sentir por sí mismo las sensaciones y límites del subsuelo, además de ganar experiencia en el mismo.

El autor recibió una explicación sobre las clases de subsuelo que existen.

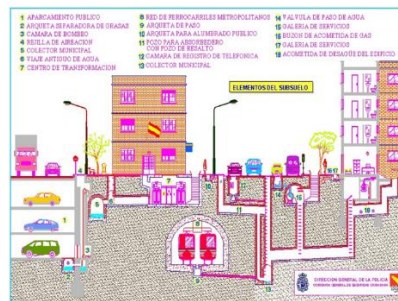


Ilustración 14. Imagen del subsuelo tipo de una ciudad con todos sus elementos (Ver Anexo II para tener más detalle). Fuente: U.E.S.

CLASES DE SUBSUELO:

- Colectores: Los conductos subterráneos, que pueden ser de dos tipos:
 - A) Colectores de aguas pluviales: Se recogen aguas pluviales (limpias), bien de arroyos, fuentes y durante su recorrido por la ciudad las aguas de escorrentías (lluvias). Suelen comenzar a las afueras de las poblaciones y vierten sus aguas a ríos o al mar directamente sin depurar. Además de acceder a ellos por pozos de registro instalados en su recorrido suelen tener acceso en su comienzo y su final a través de sus propias canalizaciones.

Básicamente, estos colectores son los encargados de pasar el agua limpia proveniente de arroyos, fuentes y lluvias, a través de la ciudad sin causar daños ni molestias a la población e infraestructuras. El hecho de que canalice a través de toda la ciudad supone que tiene un punto de entrada y uno de salida, ambos a las afueras de la ciudad. Esto les hace ser más vulnerables hacia los ataques externos. Una fuerza convencional enemiga o un grupo de terroristas, que quieran realizar un asalto a una ciudad o zona de esta, en su planeamiento considerarán como un punto muy importante estas zonas de entrada y salida. Ya que, permite desplazarse desde un punto exterior hacia adentro, saltándose posibles controles y peligros que podría suponer el ir por la superficie.

Debido a que el trabajo se enfoca más en la movilidad que en el apoyo a la contramovilidad, se deben de estudiar estos colectores como zona de acceso vulnerable para el enemigo. Aún así, al ser conocedores de esto, será muy común encontrarse la zona trampeada en un ambiente hostil u obstaculizada, por el simple hecho de las infraestructuras civiles que restringen la entrada por riesgos de atentado y delincuencia.



Ilustración 15. Cabecera de colector de aguas pluviales. Fuente: U.E.S.

Como puede verse en la Ilustración 15, una de las entradas pluviales cuenta con una reja que da una dificultad que restringe el acceso al interior, en la que se requeriría algún instrumento específico para superar el obstáculo de la manera más eficiente posible.



Ilustración 16. Agente de Policía, durante la fase de experimentación, accediendo al interior de un colector pluvial. Fuente: realizada por el autor.



Ilustración 17. Agente de Policía, junto al autor del trabajo, en la entrada de un colector pluvial, con la puerta de acceso abierta y en el interior de este. Fuente: realizada por el autor.



Ilustración 18. Cola de colector vertiendo a río. Fuente: realizada por el autor.

- B) Colectores de aguas residuales: Es una red interna de la ciudad que transporta las aguas residuales de todas sus edificaciones hasta la depuradora EDAR (estación depuradora de aguas residuales). El acceso a los mismos siempre ha de ser a través de pozos de registro.

Cabe destacar que estos colectores son una red interna de la ciudad, es decir, no tendrá acceso a esta desde las afueras. Por tanto, no se podrán utilizar como una forma de infiltración a una urbe. Sin embargo, una vez adentrados en la zona urbanizada, localizar uno de los accesos puede ser una ventaja



considerable, ya que permitirá el movimiento por toda la ciudad de una manera discreta.

El movimiento por estos colectores es algo más complicado que por los pluviales. Llevan menos caudal, pero la contaminación es muy superior llegando a ser muy peligrosa, hay un elevado nivel de dióxido de carbono y ácido sulfhídrico. Este es uno de los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de desplazarse por este tipo de canalizaciones. Deberá ser necesario el uso de un equipo específico que permita detectar el nivel de oxígeno y de gases contaminantes que hay en el ambiente. (**Anexo II**).

Principalmente, podrían ser utilizados por delincuentes o terroristas que quieren realizar un atentado o grupos pequeños como los de Operaciones Especiales, más que por unidades convencionales de gran entidad. Estos agentes, compuestos por un escaso número de personas, tendrán una mayor facilidad para infiltrarse en las ciudades haciéndose pasar por población civil que una unidad con mayor personal y de ahí acceder a esta poderosa red interna.



Ilustración 19. Colector de aguas residuales con una cuna y dos andenes⁶ / Colector con hastiales⁷ y bóveda⁸ de obra de piedra. Fuente: U.E.S.

- Galerías de servicio: Canalizaciones por donde discurren un servicio o varios, bajo las calles o el interior de los edificios.

Estas canalizaciones serán un punto a tener en cuenta en las grandes urbes debido a que cuentan con galerías de un tamaño considerable, que permite llevar los servicios (agua, luz, gas...) por varias calles. Pudiendo ser utilizadas como pasos que permiten la movilidad por varias manzanas.



Ilustración 20. Galería de varios servicios. Fuente: U.E.S.

⁶ Andén: Parte del colector por donde se puede transitar.

⁷ Hastiales: Partes laterales de la obra.

⁸ Bóveda: Parte superior de la obra.



- Habitáculos: Otro elemento que encontramos en el subsuelo urbano, y que se diferencia de los anteriores porque es un espacio cerrado y, normalmente, con un solo acceso. Contiene casi siempre un servicio exclusivo.
- A) Habitáculos de electricidad: Son zonas de gran interés tanto para la delincuencia interna de las propias ciudades como para ejecutar un ataque a un enemigo convencional u asimétrico. Tienen el poder de cortar, o, restablecer el suministro eléctrico de edificios importantes; e, incluso, manzanas enteras.



Ilustración 21. Entrada e interior de un habitáculo de un transformador eléctrico. Fuente: U.E.S.

- B) Habitáculos de agua potable: Son zonas de interés para los delincuentes, ya que pueden cortar el suministro de agua potable. Además, son puntos vulnerables a la hora de colocar explosivos ya que con la presión del explosivo con el agua puede ser devastadora, así como la reacción de algún explosivo con ella. Incluso podrían destruir puntos importantes de la estructura de un edificio.



Ilustración 22. Entrada e interior de un habitáculo de agua potable. Fuente: realizada por el autor.

ACCESOS:

La entrada tipo a los colectores, galerías y habitáculos, son los pozos de registro, orificios de entre 62 y 67 cm. de diámetro, con tapas de fundición cerradas por gravedad. Pueden presentar, en uno de sus hastiales, unos peldaños a modo de escalera de PVC o de hierro. Sin embargo, también se encuentran muchos sin ningún tipo de apoyo por lo que sería necesario algún tipo de material para su descenso como el trípode o la escala.



Ilustración 23. Montaje de un trípode sobre un pozo registro y anti-caídas. Fuente: U.E.S.



Ilustración 24. Entrada a pozo de registro con su etapa de cierre. Fuente: realizada por el autor.



Ilustración 25. Bajada de pozo de registro con pates⁹ de PVC. Fuente: realizada por el autor.



Ilustración 26. Bajada de pozo registro sin pates. Fuente: realizada por el autor.

4.2 MEDIOS Y EQUIPOS DE INGENIEROS ACTUALES PARA COMBATES SUBTERRÁNEOS

Actualmente, las unidades convencionales no utilizan métodos prácticos para el combate subterráneo. No hay ningún manual español específico que explique la manera de actuar en este ambiente. Hoy en día, se está utilizando el manual americano “*Subterranean Warfare - U.S. Army Asymmetric Warfare Group*” (Army, 2009), y, similares, a la hora de realizar estudios prácticos e investigación por parte del Ejército de Tierra. Una de las unidades punteras es la Brigada “REY ALFONSO XIII” II de la Legión, que realiza a través de distintos ejercicios y entrenamientos informes (LEGIÓN, 2015) que pueden servir de uso para el resto de los componentes de las Fuerzas Armadas. Otro ejemplo son los informes por parte del MADOC (DIDOM, 2014) en los que se realizan estudios de los diferentes conflictos ocurridos a lo largo de los tiempos actuales, y, concluyen en unas lecciones aprendidas que deberán usarse en el futuro para solventar determinados problemas. Sin embargo, no existe un manual específico como tal, que se pueda utilizar tanto para la instrucción individual como para el adiestramiento de las unidades. Sería un interesante un informe similar al manual de búsqueda militar (DOCTRINA, 2012), en el que se explica teoría, técnicas y

⁹ Pates: Peldaños verticales que se colocan en uno de los hastiales del colector para facilitar el acceso por los pozos de registro.



procedimientos e informes que se deben utilizar en distintos tipos de ocasiones. Por tanto, de ahí pueden derivar un elevado número de ejercicios para la instrucción y el adiestramiento.

Se produce un círculo vicioso en el sentido de que, debido a la falta de un material específico para el subsuelo, no hay unas técnicas y procedimientos para desenvolverse en él, ni viceversa.

Para conocer cuáles son los equipos de los que dispone una unidad convencional del Ejército de Tierra, el autor realizó un análisis de los medios con los que cuenta el RING-8 acompañado por el Sargento Ramírez de la primera Sección de Zapadores, que le mostró tanto el listado de materiales como todos ellos para que pudiera verlos y manejarlos personalmente mientras recibía la explicación teórico-práctica del acompañante.

Además, con el fin de perfeccionar este análisis, el autor se ha puesto en contacto con el Teniente de Ingenieros D. Luis Rodríguez Sáez de Tejada 1^oCía. BCAM el cual realizó un ejercicio junto a la Sección experimental de Zapadores de la BRILEG. A través de esta práctica, realizó una serie de conclusiones e informes que se le proporcionaron posteriormente al autor del trabajo, tales como: (LEGIÓN, 2015) un informe de la BRILEG en donde se relatan las experiencias de adiestramiento en combate subterráneo; (Tejada, 2020), un informe realizado por el Teniente una vez acabados los ejercicios; y (Tejada, 2020) (**Anexo IV**), artículo que escribió para la "Revista del Zapador" del Mando de Ingenieros sobre las jornadas de actualización de combate subterráneo, entre otras presentaciones y archivos de carácter informal, para el uso con sus subordinados.

En estos informes y presentaciones, se ve de manera práctica como son utilizados los materiales de la superficie, de la manera más eficiente posible en el subsuelo. Cabe destacar que coinciden perfectamente con los empleados por la Sección de Zapadores del RING-8, lo que deja ver que aún no se están utilizando nuevos instrumentos específicos que son necesarios con los que se debería trabajar para poder ser utilizados, ya que no se basa simplemente en adquirirlos y empezar a emplearlos, se necesita una instrucción por parte del combatiente. Esto queda reflejado igualmente en el informe del Oficial de Zapadores en el apartado de propuestas:

Disponer de los medios específicos para el combate subterráneo y realizar prácticas propias de Ingenieros con ellos, además de ejercicios Interarmas en el subsuelo con Unidades instruidas. (Tejada, 2020).

A continuación, se mostrarán las tablas de los materiales de movilidad con los que cuenta una Sección de Zapadores estándar en el Ejército de Tierra, concretamente en este caso, la Sección de Zapadores nº1 del RING-8:



Pelayo García Fernández

MATERIAL		CANT
Bidones Gasoil		7
Mochila Limpieza Ruta		2
Blaex		2
Caja Negra Pesada		6
Piñoneras		2
Extintores		3
Alargadera		1
Walkies		6
Rotativos		3
Espaldera Completa		1
Traje NBQ + casco		2
Camillas		2
Lineas		2
Comprobador		1
Explosor		1
Humos Señalizadores	Blancos	6
	Naranjas	5
	Azules	3
	Verdes	2
	Total Humos	16
Cohetes	Blancos	3
	Amarillos	3
	Rojos	1
	Total Cohetes	7
Caja Humos		1
Mochila Apertura Brecha		2
Manopla		8

Tabla 1. Materiales de una Sección de Zapadores estándar. Fuente: Sargento Ramírez.

En Tabla 1, pueden verse los conjuntos de materiales que llevan. Posteriormente, en algunas de las siguientes tablas se desglosará algunas de las mochilas que aparecen en este listado, que contiene material específico dentro de ella que hay que controlar.

RINONERA ARTIFICIERO		
MATERIAL		CANT
Deco pirotécnico		2
Carga fija		5
Cinta aislante		2
Deco eléctrico		1
Plastilina		3
Soplete mechero		1

Tabla 2. Riñonera de Artificiero de una Sección de Zapadores. Fuente: Sargento Ramírez.

BLAEX PELOTON		
MATERIAL		CANT
Spray		3
Conos		8
Linterna		1
Sargento		2
Cuerdas		3
Pinzas		3
Cordino		2
Cinta métrica 50m		1
Flexómetro 8m		1
Cinta americana		1
Cinta doble cara		1
Cinta envolvente		1
Prismáticos		1
Espejo		1
Cialúmenes		4
Martillo		1
Cúter		1
Hilo pesca		1
Mosquetones		9
Caja	Poleas	6
	Poteras	3
Cinta aislante		1
Bridas bolsa	Corta	1
	Larga	2
Libreta		1
Tiza bolsa		1

Tabla 3. Materiales mochila BLAEX de una Sección de Zapadores. Fuente: Sargento Ramírez.



MOCHILA BRECHAS		
MATERIAL		CANT
Cargas		4
Bolsas munición		2
Garfio lanzable		1
Banderas	Roja	1
	Verde	1
Conos		20
Plastilina		1
Deco		3
Cordón detonante	Derivaciones	8
	Línea Maestra	1
Cinta Cocacola		1

Tabla 4. Mochila de apertura de brechas de una Sección de Zapadores. Fuente: Sargento Ramírez.

LOTE 1		LOTE 2		LOTE 3	
MATERIAL	CANT	MATERIAL	CANT	MATERIAL	CANT
Palas	6	Cartel pasillo	24	Sombreretes	16
Azadas	6	Cartel mina	20	Tramos Pértiga	10
Picos	6	Bridas	1	Bastones	7
Guadaña	1	Almádenas	1	Red Sondeo	2
Almádena	1	Puntos Base	8	Rollo cinta	8
Hacha	3	Bases	9		
Zumba	1	Banderolas	Roja 6 Amarilla 3		
Patacabra	1	Agujas Marcar	62		
		Carpeta Topo	1		

Tabla 5. Distintos Lotes de una Sección de Zapadores. Fuente: Sargento Ramírez.

Como se puede observar, en los materiales de que dispone una Sección de Zapadores de apoyo a la movilidad no se encuentra ninguno que vaya específicamente relacionado con el subsuelo. Un medio tan novedoso e impredecible necesita un estudio previo y unos análisis para poder estar preparado y actuar en él.

Es cierto que existe un gran número de materiales que se pueden utilizar para el ambiente subterráneo y tendrán un elevado número de eficacia en múltiples ocasiones. Sin embargo, no son suficientes para poder enfrentarse al ambiente del subsuelo con éxito. Habrá numerosos obstáculos y dificultades que no se podrán superar si no se dispone de unos instrumentos específicos para ello. Es probable que al encontrarse una dificultad al acceso como puede ser una reja, con los materiales actuales, podrán realizarse una o dos repeticiones; pero, después, no se podrá seguir avanzando. Además de que se utilice demasiado tiempo del que no se dispone, también habrá dificultades logísticas a la hora de llevar el material para conseguir sobrepasar varios obstáculos en una misma operación.

Posteriormente, se mostrarán los materiales de dotación más efectivos que se emplean en la superficie y que serán de gran utilidad en el subsuelo. Pero que no serán suficientes para conseguir el éxito de la misión, a menos que la permanencia en el subsuelo sea mínima. Para lograr un movimiento de unidades e incluso la vida de estas en el ambiente subterráneo, será necesario el uso de nuevos instrumentos específicos.



Ilustración 27. VH3 del RING-8. Fuente: Sargento Ramírez. Fotografía realizada por el autor.



El VH3¹⁰ será uno de los detectores más utilizados debido a su efectividad con los metales y por ser el más ligero. Sin embargo, ante un subsuelo de una zona urbanizada, probablemente, sea poco efectivo, ya que habrá muchos materiales que detectará, tales como: vías de tren, alcantarillas, etc, y que podrían causar una confusión a la hora de detectar las amenazas.



Ilustración 28. Groundhunter del RING-8. Fuente: Sargento Ramírez. Fotografía realizada por el autor.

El *Groundhunter*, a diferencia del VH3, será capaz de detectar densidades, lo que reducirá a niveles muy inferiores la confusión con respecto a detectar una amenaza. No obstante, es mucho más pesado y aparatoso, dificultando en exceso la movilidad del combatiente e, incluso, imposibilitando acceder a determinados accesos muy estrechos de movilidad restringida. Podría emplearse mejor en canales de metro o lugares que tengan un mayor espacio de movimiento.



Ilustración 29. Groundhunter del RING-8. Fuente: Sargento Ramírez. Fotografía realizada por el autor.

Detector especializado en la detección de cables. Puede llegar a ser muy efectivo en la entrada o salida del subsuelo, ya que podría tener el acceso trampeado con un cable de tracción. Por otro lado, dificulta demasiado el movimiento del combatiente, al igual que el resto de los detectores, lo que le inhabilita para el combate al restringir su movilidad.



Ilustración 30. Mochila BLAEX del RING-8 y los componentes de su interior. Fuente: Sargento Ramírez. Fotografía realizada por el autor.

¹⁰ VH3: Detector de metales en dotación del ejército español.



La mochila *blaex*, también conocida como "mochila de remoción", es uno de los elementos más empleados, actualmente, en el subsuelo. Era uno de los materiales más destacados por la Sección experimental de la BRILEG en las jornadas de experimentación, además, cuando se le preguntaba a la Tropa, Suboficiales y Oficiales destinados en el RING-8 sobre su experiencia en el ambiente subterráneos, todos mencionaban la mochila *blaex* como uno de los instrumentos principales más utilizados, principalmente debido a su naturaleza. Por un lado, su utilidad, permite realizar remociones empleando una esquina o, incluso, varias como protección. Esto es algo vital en un ambiente como el del subsuelo, en el que se pueden encontrar túneles o cavidades muy estrechas con muchos giros. Si se necesita remover un objeto se necesita mantener una distancia de seguridad, o, puede ser letal en la mayoría de los casos si se trata de algún artefacto explosivo, o, alguna trampa de cualquier tipo, por tanto, esta mochila es de mucha utilidad. Por otro lado, es uno de los instrumentos más utilizado debido a la facilidad de su transporte. Una mochila, cómoda, que lleva un operador con múltiples elementos en un espacio muy reducido, lo que hace que sea muy práctica, eficiente y rápida de usar, algo imprescindible para el ambiente subterráneo.

A continuación, se muestran dos elementos que quizás no todas las unidades del Ejército de Tierra dispongan, ya que han sido adquiridas por el propio Regimiento de Ingenieros de Melilla. Dos elementos que llamaron la atención del autor debido a su desconocimiento sobre estos elementos:



Ilustración 31. Cargas confeccionadas en cruz con madera. Apertura de butrón. Fuente: Sargento Ramírez. Fotografía realizada por el autor.

El documento, que realizó el Batallón de Zapadores VII de la Brigada Galicia VII (VII, 2019), permitió ver la efectividad de confeccionar cargas específicas para determinadas situaciones comunes en las zonas urbanizadas y que, por tanto, se pueden extrapolar al subsuelo, o a las entradas y salidas a este. En la imagen se muestra una carga confeccionada para la apertura de un butrón. En una situación real se realizará mediante PVC, debido a que supone mucho menos peso y mayor facilidad de movimiento.



Ilustración 32. Carga confeccionada con PVC para la apertura de una puerta. Fuente: (VII, 2019).



No obstante, aunque se pueda emplear en el subsuelo, deberá de ser en grandes ciudades con una estructura subterránea firme, que no se derrumbe, y además, poca carga. Será eficaz en los accesos al subsuelo, ya sea en la entrada o la salida. Aunque, si son muchos los obstáculos presentes de este tipo, supondrá una carga logística el llevar tanto explosivo y una dificultad de transporte para los combatientes el llevar tantas cargas confeccionadas, por tanto, sería interesante sustituirlo por algún elemento de apertura en frío que se pudiera emplear en muchas ocasiones.



Ilustración 33. Palanca. Métodos de apertura en frío. Fuente: Sargento Ramírez. Fotografía realizada por el autor.

El RING-8 también cuenta con un método de apertura en frío bastante novedoso. Una palanca hidráulica de empuje para la apertura de puertas. Sin embargo, tiene mucha dificultad de transporte para solo dar efectividad en las puertas. En zonas urbanizadas puede ser de gran utilidad debido al elevado número de puertas que se pueden encontrar, pero en el subsuelo se necesita algo más cómodo de transportar y que se pueda emplear para muchos más obstáculos de acceso: alcantarillas, puertas, rejas... Como puede verse en los resultados de las encuestas (Ilustración 8), los obstáculos en los accesos son uno de los factores claves en el ambiente subterráneo, por tanto, no es posible llevar una herramienta para cada uno de los distintos tipos de apertura. Se necesita un único instrumento capaz de superar muchas de estas restricciones de movimiento y de manera indefinida.

4.3 MEDIOS Y EQUIPOS DE INGENIEROS NECESARIOS PARA COMBATES SUBTERRÁNEOS

A través de los resultados de la investigación (encuestas y entrevistas), se aprecia la necesidad de adquirir unos sistemas de apoyo a la movilidad específicos para combate subterráneo. Unos instrumentos capaces de superar el mayor número de obstáculos y dificultades posibles para poder realizar con éxito la misión de apoyo a la movilidad propia de los Ingenieros. Cada medio deberá ser capaz de facilitar la movilidad debido a que un único objeto, es capaz de subsanar muchas necesidades. Además, tendrá que cumplir una serie de requisitos esenciales para poder ser empleado en el subsuelo:

- Fácil de transportar: Los combatientes deberán de ser capaces de transportarlos en zonas de movilidad reducida o restringida, por tanto, deberá de tener unas dimensiones moderadas y ser fácil de llevar ya sea en una mochila o en el chaleco.

- Rápido y sencillo de usar: El ambiente subterráneo es un escenario muy cambiante y peligroso. Un momento que parece estar en calma, puede convertirse en una situación letal en cuestión de minutos o, incluso, segundos. Por ello, será necesario que los nuevos sistemas de Ingenieros de apoyo a la movilidad sean prácticos para ponerlos rápidamente en funcionamiento; y, además, tengan un mecanismo que no sea muy complicado ya que, en situaciones de estrés y



fatiga, el combatiente tiene que ser capaz de utilizarlo de forma rápida y eficaz.

- Eficiente y eficaz: El subsuelo tiene unas características que permite a los que tienen menos medios, enfrentarse a los que poseen más, ya que no serán capaces de emplearlos en él por su dificultad logística y de movimiento. Por ello, cada uno de los medios que porten las unidades deberán de ser específicos de subsuelo, para así poder afrontar el mayor número de problemas posibles con un único instrumento.

La investigación ha permitido detectar las necesidades que presenta el Ejército de Tierra en el subsuelo. Alguno de ellos está en el punto de mira del ejército americano (Allen, 2017), están desarrollando nuevos materiales y poniéndolos en práctica en jornadas experimentales para ver su efectividad en el ambiente subterráneo.

Por ello, es necesario obtener un material específico para poder combatir en el subsuelo y poder estar al nivel del resto de las naciones. Así, se propone la incorporación de tres nuevos instrumentos para poder solventar estas dificultades. A continuación, se mostrarán los nuevos materiales y su descripción, para posteriormente realizar un análisis de mercado:

Pinzas hidráulicas de rescate

Este tipo de pinzas son utilizadas para auxiliar en la extracción de víctimas de un vehículo que se haya visto involucrado en un accidente automovilístico, así como de otros espacios pequeños. Entre las herramientas se encuentran cizallas y expansores. Son conocidas como “*Mandíbulas de vida*”. Las herramientas hidráulicas de rescate son accionadas a través de una bomba hidráulica la cual puede ser manual o accionada por un motor o por la misma herramienta. Estas herramientas pueden ser de actuación sencilla en donde la presión hidráulica se provee en una sola dirección, y el retorno a la posición inicial se logra a través de un sistema de resortes y una válvula de alivio. También pueden ser de doble acción en donde la presión hidráulica es usada para abrir o cerrar el sistema de cilindros.



Ilustración 34. Pinzas hidráulicas de rescate. Fuente: <https://elbomberonumero13.files.wordpress.com/2015/12/herramientas-eh-4.png>

- A) Cizalla o tijera: Es una herramienta hidráulica que está diseñada para cortar piezas de metal. La misma consiste en un par de tijeras accionadas hidráulicamente. A veces, su capacidad es especificada indicando el máximo diámetro de una barra sólida de acero que es capaz de cortar. Este tipo de herramienta es la más comúnmente utilizada para cortar a través de la estructura de un vehículo en una operación de extracción. Las cuchillas son reemplazables, y, el desarrollo de la cuchilla avanza a medida que progresa la tecnología de vehículos.

Esto permitiría acceder a espacios subterráneos restringidos por rejas, como los que muestra la



Ilustración 15, ya que permite realizar el corte de tubos de acero de un gran diámetro con una fuerza de varias toneladas o kilo newtons llegando a abarcar un metro de apertura. Además, permite romper fácilmente cualquier candado o cerradura, pomo y similares. Lo que resulta de gran eficacia en el subsuelo.



Ilustración 35. Pinzas hidráulicas de rescate. Efecto cizalla. Fuente: <https://bomberosalcorcon.wordpress.com/2008/02/08/entenado-para-rescates-de-accidentes-en-trafficos/>

- B) Separador: Es una herramienta hidráulica diseñada con dos brazos que se unen en una punta estrecha, y que usa la presión hidráulica para separar o abrir trozos de metal que se han unido durante accidentes. La punta de la herramienta se puede insertar en un espacio estrecho entre dos paneles del vehículo (por ejemplo, entre dos puertas, o entre una puerta y un guardabarros), y, al hacer funcionar la herramienta, se abren los dos brazos, separando las partes de metal en los paneles. Los separadores también se pueden usar para desgarrar y separar elementos.

Con esta herramienta, se hace accesible todo aquel espacio restringido por puertas, rejas o similares y así, resolver uno de los principales problemas identificados en el subsuelo a través de la encuesta (Ver Capítulo 4.1.2). Cabe destacar que en el empuje que puede ejercer las puntas de los brazos se pueden abrir hasta un metro con una fuerza de varias toneladas o kilo newtons. Además, puede ejercer palanca tanto en puertas como en cualquier superficie en la que sea necesario este esfuerzo, lo que le da una utilidad aún mayor. Con toda la fuerza capaz de ejercer esta herramienta en distintas superficies. Una gran variedad de obstáculos podrán superarse en cuestión de minutos de una manera limpia. Además, se podrá atacar a un número elevado de diferentes tipos de obstáculos.



Ilustración 36. Pinzas hidráulicas de rescate. Efecto empuje. Fuente: https://www.wikiwand.com/es/Herramientas_hidr%C3%A1ulicas_de_rescate

- C) Cortador o separador: Están diseñados para una aplicación particular, una herramienta combinada posee capacidad de corte y otras funciones en una sola herramienta. En funcionamiento, la punta de los brazos del separador-cortador se acúan en una costura o espacio, por ejemplo, alrededor de una puerta de vehículo y el dispositivo comprometidos. La



bomba hidráulica, que se adjunta a la herramienta o como una unidad separada, posee un pistón que empuja los brazos aparte con gran fuerza y se extiende la abertura. Una vez que la abertura se ha extendido, las cuchillas ahora abiertas pueden cambiarse de posición y morder el metal. Para ello se modifica la ubicación del dispositivo y las cuchillas se encuentran ahora en posición adecuada para cortar a través del metal.

Las herramientas con doble efecto, tanto empuje como cizalla, serán las más prácticas para el subsuelo ya que, con un mismo instrumento se pueden conseguir ambas funciones. Lo que lo hace más eficiente y logísticamente más viable.



Ilustración 37. Pinzas hidráulicas de rescate. Doble efecto. Fuente: https://www.wikiwand.com/es/Herramientas_hidr%C3%A1ulicas_de_rescate

Las pinzas hidráulicas de rescate nacen con la naturaleza de socorrer a la víctima y, por tanto, ser empleado principalmente por el cuerpo de Bomberos. Sin embargo, sus características técnicas lo hacen un instrumento ideal para el combate subterráneo. Ya que permite la apertura de un elevado número de obstáculos de muchos materiales diferentes en cuestión de minutos. Además de que permite hacer un número de repeticiones ilimitado, al contrario que la apertura con explosivos, y sin poner en riesgo al resto de combatientes y a la estructura del subsuelo.

Escalera de espeleo

Las escaleras de espeleo son un elemento indispensable para poder salvar trechos a diferente nivel de una forma sencilla. Se pueden llevar sueltas hasta que se necesiten, o se pueden llevar dentro de una bolsa de PVC para que su transporte sea más cómodo.

En el subsuelo, serán muchas las ocasiones en las que haya que superar diferentes alturas y trabajar en vertical. Simplemente, como puede ser el acceso al espacio subterráneo a través de una alcantarilla sin pates, Ilustración 26, será necesario el empleo de un trípode (por lo que habrá que transportarlo y perder tiempo para ponerlo a disposición) o una escalera de espeleo. Es enrollable lo que facilita su transporte, rápida y práctica de usar y, además, segura. Cada una de ellas puede superar entre 5 y 10 metros dependiendo del estilo de esta, pero, se pueden unir, lo que permite superar incluso 20 metros de desnivel. Con este instrumento se resuelve uno de los problemas más importantes que presenta el subsuelo: la superación de desplazamientos verticales (Ver punto 4.1.2)

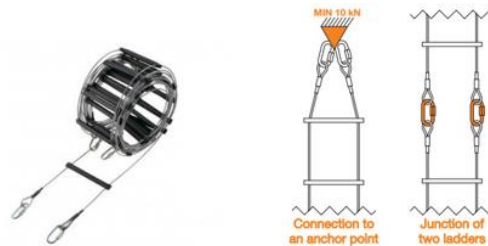


Ilustración 38. Escalera de espeleo. Fuente: <https://www.alpinstore.com/es/102184-echelle-speleo-10m-camp.html>.



Ilustración 39. Empleo de la escalera de espeleo en el subsuelo. Fuente: <https://www.tuvivac.com/escalera-espeleologia/>

Radar de túnel

El radar de túnel es un instrumento muy eficiente tanto en la superficie como en el subsuelo, principalmente, en este último espacio. Debido a que permite superar varios de los problemas que más preocupan a los miembros del Ejército de Tierra (Ver Capítulo 4.1.2), entre ellos, los principales. Concretamente la falta de información topográfica y la presencia de amenaza explosiva (IED), ya que podrá detectarse un objeto distinto al resto del medio. No obstante, también es eficiente para favorecer la conducción de la maniobra ayudando en el mando y control, superar con mayor facilidad las limitaciones psíquicas por parte del personal porque le resta incertidumbre a su movimiento en la oscuridad. A lo que hay que añadir que proporciona una ventaja considerable frente al enemigo que puede estar esperando cubierto o escondido. La unidad se podrá preparar para afrontar la amenaza y estar lo más segura posible, rompiendo la ventaja de la sorpresa por parte del enemigo.

Este es uno de los instrumentos en los que el ejército norteamericano está realizando una investigación más amplia junto con otros de capacidades y características similares (Hollings, 2019) (Allen, 2017) (South, 2019). Principalmente, tiene dos en su punto de mira: un ‘‘Tunnel – Mapping’’ a través del cual pueden introducir los planos del subsuelo (modo GPS) con la novedad de que los soldados se enganchan un dispositivo GPS en el talón por la parte exterior de la bota, lo que hace que aparezcan en el mapa de túnel; por otro lado, está un dispositivo capaz de penetrar la mayor parte de los materiales e identificar objetivos estáticos y en movimiento y poder reflejarlos en la pantalla, conocido como ‘‘Radar de túnel’’ o ‘‘Sistema radar transparente’’, ‘‘See Through Wall Radar System’’ en inglés.

A pesar de que se está trabajando especialmente en los dos, el trabajo se focalizará en el ‘‘Radar de túnel’’ ya que el ‘‘Tunnel – Mapping’’ puede ser fácilmente reemplazable por dispositivos GPS e incluso aplicaciones móviles que trabajan con los Ministerios de Defensa como puede ser el ‘‘ATAK’’, que permite introducir planos y además mostrar en la pantalla los componentes de la



unidad que lo este utilizando. El "Radar Túnel" es algo novedoso e irremplazable.



Ilustración 40. Diferentes dispositivos distintos de "Radar de Túnel". Fuente: <https://www.nqdefense.com/products/see-through-wall-radar-system/nd-sv003-see-through-wall-radar-system/>.

El "Sistema radar transparente" está diseñado específicamente para ubicar personas vivas detrás de las paredes u obstáculos ópticamente no transparentes durante operaciones de protección, misiones de rescate de desastres naturales y búsqueda de recuperación tras avalanchas. Debido a sus características de largo alcance, alta resolución y fuerte penetrabilidad, el sistema proporciona una solución poderosa para muchas agencias gubernamentales, por ejemplo, departamentos de policía y bomberos.

Las ventajas del sistema son:

- Penetración de una pared sólida de ladrillo, hormigón o roca para detectar un objetivo en un radio de 30 metros.
- Detecta y muestra múltiples objetivos en movimiento o estático en tiempo real.
- Alta resolución de los objetivos.
- Detecta múltiples objetivos con una pantalla clara en 2D.
- Trabaja en cualquier momento y en todas las condiciones climáticas. El rendimiento no se verá afectado por la lluvia, la neblina, la nieve, el polvo, el humo o la oscuridad.

5 ANÁLISIS DE MERCADO (MÉTODO SCORING)

Con el fin de determinar cuáles son los mejores instrumentos que se deben de adquirir para mejorar el Apoyo a la Movilidad en el subsuelo, se utilizará una herramienta de decisión multicriterio basado en el método *Scoring*. En dicho método, se valoran unas determinadas cualidades que deben de tener los nuevos medios, las cuáles habrán sido ponderadas previamente. Y una vez obtenidos los resultados se escogerá el mejor proveedor con su respectivo instrumento.

Para ejecutar el método se han realizado una encuesta para cada uno de los tres instrumentos. Dichas encuestas se han realizado a Oficiales y Suboficiales destinados en el Batallón de Zapadores del RING-8 y a personal de la Policía Nacional destinado en la Unidad Especial de Subsuelo y Protección Ambiental. El objetivo ha sido que valorasen la importancia, de una serie de cualidades, de los nuevos medios para trabajar en el ambiente subterráneo. Estas características han sido seleccionadas por personal de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado con experiencia en este ámbito, que las han considerado las más interesantes en lo relativo a las características esenciales que debe tener el equipo empleado en operaciones subterráneas. El personal experimentado es, por un lado, el Subinspector Víctor Manuel García Busto, jefe del equipo operativo de la Unidad Especial de Subsuelo



de la Policía Nacional en Oviedo; el Oficial de Policía Luis Miguel Fernández Santos, subordinado directo del anterior Subinspector; y el Teniente Gómez Rubio, jefe de la Sección de Zapadores II de la Compañía de Zapadores del RING-8, con experiencia en ejercicios tácticos así como en instrucción y adiestramiento de su unidad en el combate subterráneo. Cada una de las cualidades de los nuevos medios han sido valoradas del 1 al 10 (de menor a mayor importancia) y ponderadas del 1 al 5 (siendo 1 muy poco importante y 5 muy importante). Los resultados de las encuestas junto con la misma pueden verse en el **Anexo V**.

Tras obtener los datos se emplea la fórmula *Scoring*:

$$S_j = \sum w_i r_{ij}$$

Siendo:

S_j = Puntuación del *Scoring* para cada caso.

w_i = Ponderación de la característica.

r_{ij} = Media de la característica para cada caso.

5.1 ADQUISICIÓN DE LA PINZA HIDRÁULICA DE RESCATE

En el siguiente apartado podrán verse los resultados de las encuestas realizadas sobre la nueva adquisición, así como la aplicación del método *Scoring* para decidir entre dos de los principales proveedores de pinzas hidráulicas de rescate: *Holmatro* y *Aolai – Rescue*.



Ilustración 41. Principales empresas de distribución de Pinzas Hidráulicas de rescate. Fuente: propia.

Los criterios que deberían de tener las Pinzas Hidráulicas de Rescate escogidos por los profesionales: **Portabilidad, Bajo coste, Autonomía, Mantenimiento y Facilidad de uso.**

Inicialmente se muestra el resultado de encuesta junto con una serie de datos estadísticos y su correspondiente ajuste sobre 5 para poder realizar el método *Scoring*.

Encuestados	Portabilidad	Coste	Autonomía	Mantenimiento	Facilidad de uso
Teniente	9,00	2,00	6,00	2,00	8,00
Teniente	7,00	3,00	8,00	4,00	7,00
Sargento	10,00	1,00	7,00	3,00	7,00
Sargento	9,00	2,00	7,00	2,00	10,00
Oficial de Policía	9,00	1,00	9,00	2,00	7,00
Oficial de Policía	10,00	4,00	6,00	2,00	10,00
Oficial de Policía	8,00	1,00	5,00	1,00	6,00

Tabla 6. Encuesta sobre los criterios de las Pinzas Hidráulicas de Rescate. Fuente: elaboración propia.

Desviación estándar	1,07	1,15	1,35	0,95	1,57
Media	8,86	2,00	6,86	2,29	7,86
Mediana	9,00	2,00	7,00	2,00	7,00
Ajuste sobre 5	4,43	1,00	3,43	1,14	3,93
Redondeo	4,00	1,00	3,00	1,00	4,00

Tabla 7. Estudio estadístico de la encuesta junto con ajuste a 5. Fuente: elaboración propia.



De tal forma, los criterios junto con su ponderación quedan de la siguiente forma:

Criterios	Ponderación
Portabilidad	4
Bajo coste	1
Autonomía	3
Mantenimiento	1
Facilidad de uso	4

Una vez obtenida la ponderación junto con los diferentes criterios, es necesario comparar el mismo instrumento en las dos empresas mencionadas anteriormente. Atendiendo a las características de los instrumentos de la empresa *Aolai - Rescue*, (Aolai-Rescue, 2022) y a los de la empresa *Holmatro*, (Holmatro, 2022), se han sacado las siguientes conclusiones:

Criterios	Ponderación	HOLMATRO	AOLAI-RESCUE
Portabilidad	4	9	8
Bajo coste	1	8	6
Autonomía	3	5	8
Mantenimiento	1	8	7
Facilidad de uso	4	7	7
TOTAL		95	97

Tabla 8. Resultados método Scoring para las Pinzas Hidráulicas de Rescate. Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, lo ideal es elegir como proveedor a la empresa *Aolai – Rescue*.

5.2 ADQUISICIÓN DE LA ESCALA DE ESPELEO

En este punto podrán visualizarse los resultados de las encuestas realizadas sobre la adquisición del nuevo instrumento, al igual que la aplicación del método *Scoring* para determinar cuál de los proveedores será el más indicado para adquirir una escala de espeleo. Los mayores competidores son *Trekkin* y *Koala*.



Ilustración 42. Principales empresas de distribución de la Escala de Espeleo. Fuente: propia.

El ajuste sobre 5 así como los resultados de la encuesta se muestran a continuación. Las características que debería de tener la Escala de Espeleo son: **longitud y resistencia, facilidad de transporte, bajo coste, mantenimiento y facilidad de uso.**

Encuestados	Longitud y Resistencia	Facilidad de transporte	Coste	Mantenimiento	Facilidad de uso
Teniente	8,00	8,00	1,00	2,00	9,00
Teniente	9,00	10,00	2,00	3,00	9,00
Sargento	10,00	9,00	4,00	5,00	8,00
Sargento	10,00	9,00	5,00	5,00	7,00
Oficial de Policía	9,00	8,00	2,00	5,00	10,00
Oficial de Policía	10,00	7,00	2,00	4,00	9,00
Oficial de Policía	8,00	7,00	1,00	4,00	8,00

Tabla 9. Encuesta sobre los criterios de la Escala de Espeleo. Fuente: elaboración propia.

Desviación estándar	0,90	1,11	1,51	1,15	0,98
Media	9,14	8,29	2,43	4,00	8,57
Mediana	9,00	8,00	2,00	4,00	9,00
Ajuste sobre 5	4,57	4,14	1,21	2,00	4,29
Redondeo	5,00	4,00	1,00	2,00	4,00

Tabla 10. Estudio estadístico de la encuesta junto con ajuste a 5. Fuente: elaboración propia.



De esta manera, los criterios junto con su ponderación son:

Criterios	Ponderación
Longitud y Resistencia	5
Facilidad de transporte	4
Bajo coste	1
Mantenimiento	2
Facilidad de uso	4

Para acabar el método *Scoring*, será necesario comparar la escala de espeleo de las dos empresas competidoras mencionadas anteriormente. Atendiendo a los distintos modelos de escalas de la empresa *Koala* (Koala, 2022) y comparándolos con las de *Trekkin* (Trekkin, 2022) se han conseguido los siguientes resultados.

Criterios	Ponderación	KOALA	TREKKIN
Longitud y Resistencia	5	9	9
Facilidad de transporte	4	6	9
Bajo coste	1	1	7
Mantenimiento	2	8	6
Facilidad de uso	4	7	7
TOTAL		114	128

Tabla 11. Resultados método *Scoring* para la Escala de Espeleo. Fuente: elaboración propia.

Por consiguiente, lo correcto es elegir proveedor a la empresa *Trekkin*.

5.3 ADQUISICIÓN DEL RADAR DE TÚNEL

En este último apartado de análisis de mercado, se podrá ver la conclusión sacada a través del método *Scoring*. En este caso, la empresa *NQ Defense* es la principal distribuidora de este tipo de instrumentos marcando una gran diferencia en el mercado. Por tanto, se realizará una comparación entre dos de los diferentes sistemas de radar que ofrecen. Siendo un elemento tan importante y específico, su modelo no puede ser cualquiera. Habrá que elegir el óptimo para que permita el éxito de la operación.



Ilustración 43. Empresa distribuidora de sistemas de radar de túneles. Fuente: propia.

Las características principales que debe de tener el nuevo instrumento son: **Tiempo de inicio, facilidad de transporte, tiempo de funcionamiento, facilidad de uso y bajo coste.**

La encuesta finaliza con los siguientes resultados:

Encuestados	Tiempo de inicio	Facilidad de transporte (pequeñas dimensiones)	Tiempo de funcionamiento	Facilidad de uso	Coste
Teniente	7,00	10,00	10,00	2,00	2,00
Teniente	5,00	9,00	9,00	3,00	1,00
Sargento	8,00	10,00	8,00	5,00	2,00
Sargento	9,00	8,00	7,00	5,00	3,00
Oficial de Policía	10,00	8,00	9,00	5,00	1,00
Oficial de Policía	8,00	9,00	9,00	4,00	5,00
Oficial de Policía	8,00	9,00	9,00	4,00	3,00

Tabla 12. Encuesta sobre los criterios del sistema de radar de túnel. Fuente: elaboración propia.



Desviación estándar	1,57	0,82	0,95	1,15	1,40
Media	7,86	9,00	8,71	4,00	2,43
Mediana	8,00	9,00	9,00	4,00	2,00
Ajuste sobre 5	3,93	4,50	4,36	2,00	1,21
Redondeo	4,00	5,00	4,00	2,00	1,00

Tabla 13. Estudio estadístico de la encuesta junto con ajuste a 5. Fuente: elaboración propia.

Las ponderaciones y los criterios quedan de la siguiente manera:

Criterios	Ponderación
Tiempo de inicio	4
Facilidad de transporte (pequeñas dimensiones)	5
Tiempo de funcionamiento	4
Facilidad de uso	2
Bajo coste	1

Los dos modelos escogidos son el modelo *ND-SV009* Sistema 3D Radar de penetración portable y el *ND-SV007* Sistema 3D Radar de penetración.



Ilustración 44. Modelos *ND-SV009*. Fuente: <https://www.nqdefense.com/es/productos/sistema-de-radar-a-traves-de-paredes/nd-sv009-sistema-3d-radar-de-penetracion-portable/>.



Ilustración 45. Modelos *ND-SV007*. Fuente: <https://www.nqdefense.com/es/productos/sistema-de-radar-a-traves-de-paredes/nd-sv007-sistema-3d-de-radar-a-traves-de-paredes/>.

Para finalizar, se realizará una comparación entre los dos instrumentos de este tipo más vendidos por parte de la empresa *NQ Defense*. Comparando las cualidades que tiene el sistema de radar *ND-SV009* 3D (Defense, 2022) frente al modelo *ND-SV007* 3D (Defense, 2022) se han sacado las siguientes conclusiones a través del método *Scoring*:

Criterios	Ponderación	ND-SV009	ND-SV007
Tiempo de inicio	4	9	9
Facilidad de transporte (pequeñas dimensiones)	5	9	5
Tiempo de funcionamiento	4	7	6
Facilidad de uso	2	6	8
Bajo coste	1	5	7
TOTAL		126	108

Tabla 14. Resultados método *Scoring* para el sistema de radar de túnel. Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, el modelo ideal a adquirir para mejorar las capacidades de los Ingenieros en el Apoyo a la Movilidad en el combate subterráneo es el *ND-SV009* 3D Sistema 3D Radar de penetración portable.



6 LÍNEAS FUTURAS DE INSTRUCCIÓN. NECESIDAD DE UN SOLDADO DE INGENIEROS ESPECÍFICO PARA COMBATE SUBTERRÁNEO

Una vez adquiridos los nuevos instrumentos específicos para combatir en el subsuelo, es necesario obtener conocimientos para emplearlos. Como se ha comentado anteriormente, las nuevas adquisiciones tienen como característica principal su funcionalidad. Son materiales con una gran utilidad y con un uso muy práctico. Sin embargo, a pesar de su facilidad en el empleo, hay que conocer la metodología de estos y automatizar su empleo.

Uno de los problemas identificados que dificultan el combate de las unidades en el subsuelo son las limitaciones psíquicas causadas por el entorno oscuro y claustrofóbico, al que el ser humano no está acostumbrado. Esto puede causar incluso la paralización total del combatiente. Al ser un escenario tan novedoso, ante la incertidumbre y los riesgos asociados que supone el simple hecho de estar en el espacio subterráneo, al sumarle una situación de combate los riesgos se elevan exponencialmente. Por ello, unos minutos o incluso segundos pueden ser determinantes para mantener la vida de una unidad entera. Debajo de la superficie probablemente no haya amplios despliegues y por un derrumbamiento o una trampa enemiga un gran número de combatientes puede quedar atrapado, lo que supone muchas vidas en riesgo.

Estos minutos o segundos pueden ser causados debido a que uno de los combatientes se quede paralizado debido al estrés y los nervios. Por tanto, deberá conocer perfectamente su instrumento y tener automatizados los movimientos para que su empleo sea lo más rápido posible. Por ejemplo, no todo el mundo es capaz de usar las pinzas hidráulicas de rescate sin antes haber impartido teóricas y clases prácticas. Al igual que un bombero en un accidente, un militar en el combate deberá ser capaz de usarlo con la misma eficacia.

Para ello, será necesario que todos los Zapadores tengan instrucción sobre los nuevos instrumentos y sean capaces de utilizarlos ante una situación de combate. Sin embargo, sería interesante crear un equipo operativo que realice un curso, estilo EOD, que permita a los que lo superen ser incorporados con otras unidades para realizar el apoyo a las mismas. De esta manera, se crearía un Zapador especializado en el combate urbano para operaciones subterráneas de gran calibre. Y, además, todos los Ingenieros del Ejército de Tierra tengan la capacidad de moverse en el subsuelo y emplear los nuevos instrumentos a la perfección.

7 CONCLUSIONES

El objetivo del trabajo, según se refleja al principio de este, es realizar un estudio sobre las necesidades que presenta el Ejército de Tierra en el combate subterráneo. Concretamente, en el ámbito de Ingenieros para facilitar el Apoyo a la Movilidad de las unidades de maniobra en el subsuelo.

En este documento, se ha tratado de ir obteniendo conclusiones acerca de cuáles son los principales problemas para combatir en un escenario tan novedoso y con tanta incertidumbre. Para ello, se ha tenido en cuenta al personal de las Fuerzas Armadas, concretamente a los militares destinados en el RING-8 en Melilla; y a equipos especializados que pasan su día a día instruyéndose en este escenario como la Unidad Especial de Subsuelo y Protección Ambiental de



la Policía Nacional de Oviedo.

Para poder realizar un estudio exhaustivo es necesario remontarse a conflictos en los que se ha empleado el subsuelo para hacer la guerra. Ver de qué manera se ha utilizado, cuáles han sido los efectos y la manera en la que se intentó combatir su uso. Con ello se pueden sacar lecciones aprendidas que serán de gran utilidad para realizar la instrucción y adiestramiento de las unidades, pudiendo darles un enfoque real y efectivo, capaz de emplearse cuando sea necesario.

Una vez analizadas las características y las limitaciones que presenta se han identificado cuáles son las principales dificultades que superar a través de la investigación y la fase de experimentación. Se ha podido ver que el subsuelo es un escenario muy complejo y cambiante, del que resulta muy difícil realizar unas TTP's que permitan actuar en distintas ocasiones de una manera mecánica que se pueda practicar. Cada una de las situaciones será única e irreplicable, ya sea por los materiales, la obra, las estructuras en la superficie. Por tanto, el personal que ejecute la misión debe de presentar un gran liderazgo para tomar decisiones en cuestión de segundos y una gran flexibilidad para adaptarse al momento en el que se encuentre y poder superarlo. Además, deberá de haberse sometido a un entrenamiento específico de adaptación al medio para que las limitaciones psíquicas sean lo menos perjudicantes posibles.

El estudio se dedica específicamente a la mejora de los instrumentos de Apoyo a la Movilidad en el ambiente subterráneo. Por tanto, una vez conocidos los principales problemas a superar, se deberá realizar un análisis de los medios de Ingenieros actuales y ver si son capaces de superar dichas dificultades. Se ha visto, que tanto la instrucción y el adiestramiento del subsuelo, la cual no está actualizada salvo en algunas unidades punteras que se dedican a la experimentación, como los medios de los que dispone el ejército español están obsoletos y no son suficientes para poder afrontar con éxito una misión en el subsuelo.

Actualmente, se están empleando, incluso, en las jornadas de experimentación, los medios de Zapadores que se emplean en la superficie para el subsuelo. Efectivamente algunos de ellos pueden tener alguna utilidad, no son ni mucho menos efectivos ni suficientes. Es necesario intentar su adaptación, pero se está viendo que no sería un Apoyo a la Movilidad suficiente para mantener el curso de la misión. Por tanto, será necesario además de una adaptación de los ya disponibles, la nueva adquisición de unos instrumentos específicos para el combate subterráneo.

Estos instrumentos deben cumplir una serie de características para poder emplearse en el suelo con éxito. Deben de tener un tamaño que no sea considerablemente grande, incluso sería ideal que las tres nuevas adquisiciones puedan meterse dentro de una misma mochila de un operador. Tienen que ser prácticos. Aunque el Soldado haya recibido una instrucción deberá ser capaz de manejarlo en momentos de máximo estrés. Por lo tanto, su empleo tiene que ser de gran facilidad y además debe de permitir un empleo rápido del mismo.

De esta forma, la pinza hidráulica de rescate permitirá el acceso a la mayoría de los espacios del subsuelo, ya que podrá abrir puertas, rejas, alcantarillas, obstáculos a través de la cizalla o a través del empuje. Por otro lado, la escala de espeleo permite el acceso al subsuelo desde alturas como puede ser una alcantarilla sin pates, y el desplazamiento vertical de las unidades en el combate subterráneo. Por último, el radar de túnel permite resolver el resto de principales problemas: la amenaza IED, la falta de información topográfica, mejora el mando y control, a la hora de acceder se puede observar que hay al otro lado para realizar una apertura sin peligro, o, ver si esta trampeada la entrada, e, incluso sirve para ayudar a los combatientes a combatir contra las limitaciones psíquicas causadas por la incertidumbre de no saber que tienen a escasos metros de sí.

Debido al estudio anterior, con los nuevos medios que podría adquirir el Ministerio de Defensa,



quedarían resueltas la mayor parte de las amenazas del combate subterráneo. Lo que es de vital importancia para que las unidades puedan realizar las misiones que se les encomiendan con éxito y mantener la vida del personal del Ejército de Tierra. Los tres instrumentos propuestos permiten una gran flexibilidad, ya que como se ha dicho anteriormente, cada una de las situaciones en el subsuelo son únicas, y estos nuevos medios sirven para múltiples ocasiones, lo que facilita aún más la instrucción y el adiestramiento del personal.

Por último, cabe destacar que, a pesar de la adquisición, es necesario un rápido empleo de los nuevos materiales, como se ha repetido en múltiples ocasiones a lo largo del documento, para poder superar situaciones de extremo riesgo en cuestión de minutos. Por todo ello, surge una nueva obligación: la necesidad de dar una nueva capacidad a los Zapadores. Conseguir que todas las unidades de Ingenieros sean capaces de realizar movimiento y apoyo a la movilidad con éxito, al igual que tienen capacidad EOR y, después, haya especialistas EOD, deberían de tener esta nueva capacidad y, por supuesto, crear un equipo élite de Ingenieros a través de un curso, que sea capaz de realizar las operaciones más difíciles específicas de subsuelo y puedan ser acoplados a cualquier tipo de unidad y movimiento.



8 Bibliografía

Allen, T., 2017. *U.S. Army developing new equipment for future subterranean combat*. [En línea] Available at: <https://sofrep.com/news/u-s-army-developing-new-equipment-for-future-subterranean-combat/>

Aolai-Rescue, 2022. *Herramienta de funcionamiento combinado de rescate hidráulico*. [En línea] Available at: <https://www.aolairescue.com/hydraulic-rescue-tools/rescue-spreader-cutter/hydraulic-rescue-combi-tool.html>
[Último acceso: 18 Diciembre 2021].

Army, U., 2009. *Subterranean Warfare - U.S. Army Asymmetric Warfare Group*, s.l.: UNCLASSIFIED.

Defense, N., 2022. *ND-SV007 Sistema 3D de Radar a través de las paredes*. [En línea] Available at: <https://www.nqdefense.com/es/productos/sistema-de-radar-a-traves-de-paredes/nd-sv007-sistema-3d-de-radar-a-traves-de-paredes/>
[Último acceso: 27 Diciembre 2021].

Defense, N., 2022. *ND-SV009 Sistema 3D Radar de Penetración Portable*. [En línea] Available at: <https://www.nqdefense.com/es/productos/sistema-de-radar-a-traves-de-paredes/nd-sv009-sistema-3d-radar-de-penetracion-portable/>
[Último acceso: 23 Diciembre 2021].

DIDOM, M. -, 2014. *Lecciones identificadas combate en túneles*, s.l.: USO OFICIAL.

DOCTRINA, M. D. A. Y., 2012. *PD4-001 MILITARY SEARCH (BÚSQUEDA MILITAR)*, s.l.: USO INTERNO DE LAS FUERZAS ARMADAS.

Hollings, A., 2019. *Tunnel-mapping tech may be the most important special operations gear of the 21st century*. [En línea] Available at: <https://sofrep.com/news/darpas-tunnel-mapping-tech-may-be-the-most-important-special-operations-gear-of-the-21st-century/>

Hollings, A., 2019. *Tunnel-mapping tech may be the most important special operations gear of the 21st century*. [En línea] Available at: <https://sofrep.com/news/darpas-tunnel-mapping-tech-may-be-the-most-important-special-operations-gear-of-the-21st-century/>

Holmatro, 2022. *Herramientas combinadas*. [En línea] Available at: <https://www.holmatro.com/es/rescate/corte-y-separacion/herramientas-combinadas>
[Último acceso: 19 Diciembre 2021].

Koala, 2022. *Escalas Metálicas*. [En línea] Available at: <https://tienda.deporteskoala.com/382-escalas-escaleras-metalicas>
[Último acceso: 17 Diciembre 2021].

LEGIÓN, B. ' . A. X. I. D. L., 2015. *Experiencias de adiestramiento en combate subterráneo*, s.l.: Ejército de Tierra - Ministerio de Defensa.



South, T., 2019. *The subterranean battlefield: Warfare is going underground, into dark, tight spaces*. [En línea]

Available at: <https://www.militarytimes.com/news/your-army/2019/02/26/the-subterranean-battlefield-warfare-is-going-underground-into-dark-tight-spaces/>

Tejada, T. D. L. R. S. d., 2020. *Experiencias jornadas combate subterráneo BRILEG 2020*, s.l.: USO OFICIAL.

Trekkin, 2022. *Speleo Ladder*. [En línea]

Available at: <https://www.trekkin.com/montana/lacd-speleo-ladder/138220094/p>
[Último acceso: 17 Diciembre 2021].

VII, B. ' . V. -. B. d. Z., 2019. *Procedimientos de demoliciones con explosivos en combate en zonas urbanizadas*, s.l.: USO OFICIAL.



Anexo I. Encuesta RING-8

Combate Subterráneo

Encuesta relacionada con el combate en el subsuelo. La finalidad será realizar un estudio para determinar cuáles son los factores más limitantes en el ámbito subterráneo. Conteste en función de los problemas que más le preocuparían en caso de participar en una operación en este escenario, ya sea por su frecuencia o complejidad.

***Obligatorio**

1. Ambiente NBQ *

Marca sólo un óvalo.

- No limitante
- Poco limitante
- Limitante
- Muy limitante

2. Amenaza Explosiva (IED) *

Marca sólo un óvalo.

- No limitante
- Poco limitante
- Limitante
- Muy limitante

3. Caídas al vacío (vasos de decantación en alcantarillado, pozales...) *

Marca sólo un óvalo.

- No limitante
- Poco limitante
- Limitante
- Muy limitante



4. Accesibilidad (Puertas, alcantarillas, candados, rejas) *

Marca solo un óvalo.

- No limitante
- Poco limitante
- Limitante
- Muy limitante

5. Limitaciones Psíquicas (claustrofobia, desorientación...) *

Marca solo un óvalo.

- No limitante
- Poco limitante
- Limitante
- Muy limitante

6. Oscuridad *

Marca solo un óvalo.

- No limitante
- Poco limitante
- Limitante
- Muy limitante



7. Mando y control *

Marca solo un óvalo.

- No limitante
- Poco limitante
- Limitante
- Muy limitante

8. Transmisiones

Marca solo un óvalo.

- No limitante
- Poco limitante
- Limitante
- Muy limitante

9. Falta de información topográfica *

Marca solo un óvalo.

- No limitante
- Poco limitante
- Limitante
- Muy limitante



Anexo II. Práctica Unidad Especial de Subsuelo y Protección Ambiental

UNIDAD DE SUBSUELO Y PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ASTURIAS

TIPOS DE SUBSUELO URBANO Y MEDIOS DE SEGURIDAD

Imagen del subsuelo tipo de una ciudad (con todos sus elementos)

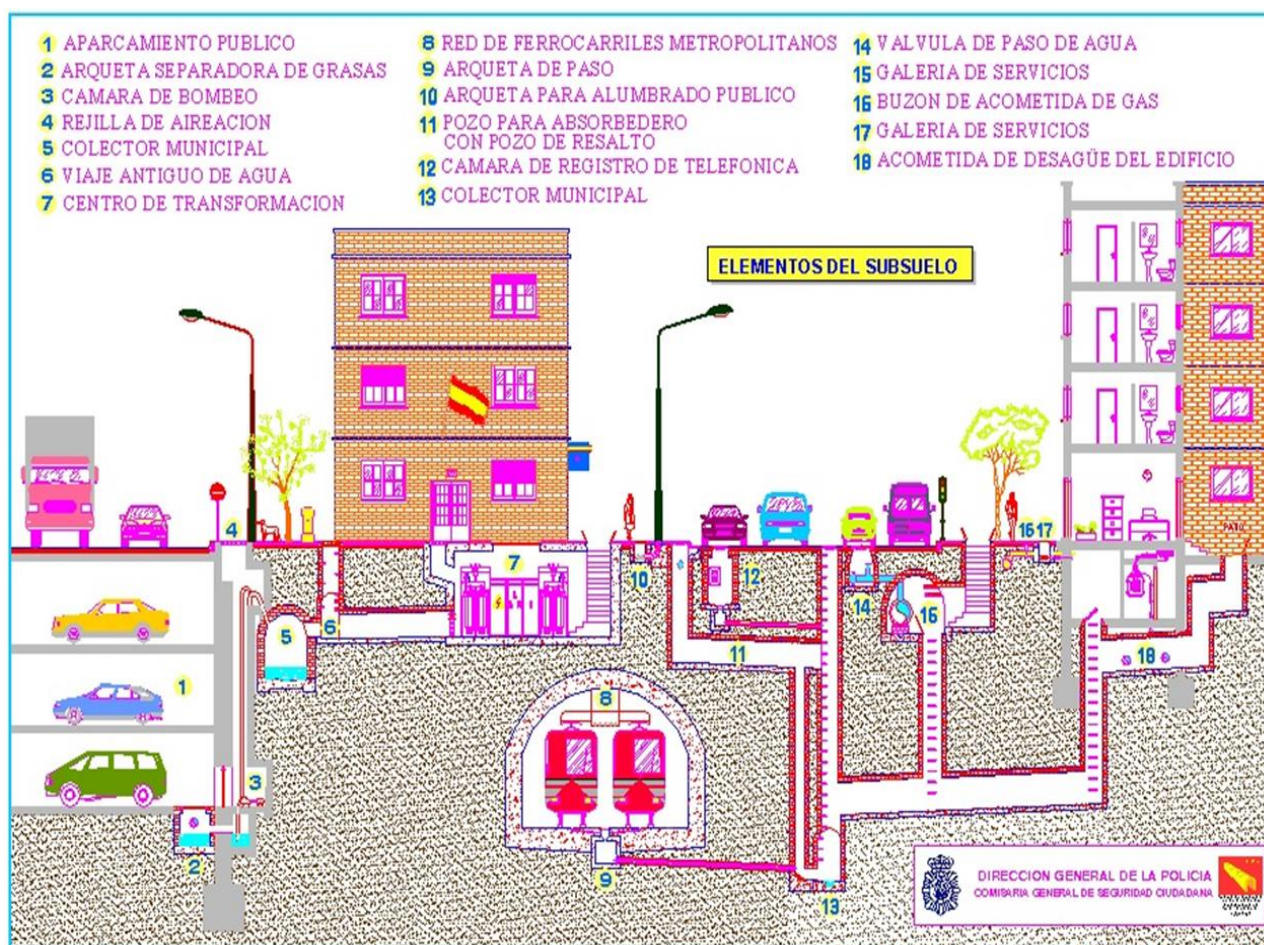


Ilustración 46. Imagen del subsuelo tipo de una ciudad con todos sus elementos. Fuente: U.E.S.

CLASES DE SUBSUELO:

Colectores: De aguas pluviales y aguas residuales (transitables - no transitables).

Por su contenido:

C) Colectores de aguas pluviales: Solo recogen aguas pluviales (limpias) bien de arroyos, fuentes y durante su recorrido por la ciudad las aguas de escorrentías (lluvia). Suelen comenzar en las



afueras de las poblaciones y vierten sus aguas a ríos o al mar, **directamente sin depurar**. Además de acceder a ellos por pozos de registro instalados en su recorrido suelen tener acceso en su comienzo y final a través de sus propias canalizaciones.



Ilustración 47. Cabecera de colector de aguas pluviales. Fuente: U.E.S.



Ilustración 48. Cola de colector vertiendo a río. Fuente: U.E.S.

- D) **Colectores de aguas residuales:** Es una red interna de la ciudad que transporta las aguas residuales de todas sus edificaciones hasta la depuradora EDAR (estación depuradora de aguas residuales). El acceso a los mismos siempre va ha de ser a través de pozos de registro.



Ilustración 49. Colector de aguas residuales solo con cuna. Fuente: U.E.S

Cuna: Es la parte del colector por donde discurren las aguas.



Ilustración 50. Colector de aguas residuales con cuna y un andén. Fuente: U.E.S.

Andén: Parte del colector por donde se puede transitar.



Ilustración 51. Colector de aguas residuales con cuna y dos andenes. Fuente: U.E.S.

Por su obra de fábrica:



Ilustración 52. Colector con hastiales y bóveda de obra de piedra. Fuente: U.E.S.



Ilustración 53. Colector con hastiales de obra de piedra y bóveda de ladrillo. Fuente: U.E.S.



Ilustración 54. Colector con hastiales y bóveda de obra de hormigón prefabricado. Fuente: U.E.S.

Hastiales: Partes laterales de la obra

Bóveda: Parte superior de la obra

Galerías de Servicio: Canalizaciones por donde discurren un servicio o varios, bajo las calles o en el interior de los edificios.



Ilustración 55. Galería de varios servicios. Fuente: U.E.S.

Habitáculos: Otro elemento que encontramos en el subsuelo urbano, y que se diferencia de los anteriores porque es un espacio cerrado y normalmente con un solo acceso. Contienen casi siempre un servicio exclusivo.

E) **De electricidad:**



Ilustración 56. Entrada e interior de un habitáculo de un transformador eléctrico. Fuente: U.E.S.

F) De agua potable:



Ilustración 57. Entrada e interior de un habitáculo de agua potable. Fuente: U.E.S.

ACCESOS:

La entrada tipo a los colectores, galerías y habitáculos, son los pozos de registro, orificios de entre 62 y 67 cm. de diámetro, con tapas de fundición cerradas por gravedad. Pueden presentar en uno de sus hastiales unos peldaños a modo de escalera de PVC o de hierro pero también se encuentran muchos sin ningún tipo de apoyo por lo que sería necesario algún tipo de material para su descenso (Trípode, escala).



Ilustración 58. Entrada a un pozo de registro con su tapa de cierre. Fuente: U.E.S.



Ilustración 59. Bajada de pozo de registro con pates de PVC. Fuente: U.E.S.

Pates: Peldaños verticales que se colocan en uno de los hastiales del colector para facilitar el acceso por los pozos de registro



Ilustración 60. Bajada de pozo de registro con pates de hierro. Fuente: U.E.S.



Ilustración 61. Bajada de pozo de registro sin pates. Fuente: U.E.S.

MEDIO (SUBSUELO)

Nos vamos a encontrar en un medio completamente hostil (espacio confinado) donde estamos sujetos a una **oscuridad completa, desorientados** respecto a la superficie, en una atmósfera contaminada y en la que pueden surgir diversos tipos de gases porque ya estén en el ambiente o se produzcan por el pisado de la materia orgánica que se acumula en este tipo de conducciones. **No se tiene comunicación con el exterior** (no funcionan las transmisiones). En los colectores que transportan aguas se ha de tener



en cuenta que en los días lluviosos el caudal puede elevarse en muy poco tiempo, **corriendo el riesgo de ser arrastrados por la corriente** de la misma, se ha de observar también si estamos en la cabecera del colector o en una parte más central o final de este. En este aumento de caudal se tiene que observar de igual manera si a esta conducción pueden desaguar piscinas o depósitos de agua para su limpieza. Como parte final pero no menos importante hemos de tener en cuenta que en la mayoría de estos colectores van a discurrir aguas con un alto grado de contaminación por lo que deberemos de llevar una **ropa que nos proteja lo máximo** posible. Dadas las dimensiones reducidas de algunos de los tubulares en los que desarrollamos nuestro trabajo también es imprescindible llevar un **casco de protección**. Como complemento y no menos importante de nuestro EPI, debemos mencionar **el arnés completo** que va a servir para asegurarnos en el descenso de los pozos y para en caso de accidente tener un medio de agarre por el que los rescatadores nos puedan extraer.

Iluminación: Mediante linternas que deben de ser estancas y antideflagrantes. Son de la casa ADARO (Gijón).



Ilustración 62. Linternas ADARO. Fuente: U.E.S.

Control de atmósferas: Mediante el **detector de riesgos**, a través de unas sondas va analizando el estado del aire. Además de los gases y el porcentaje de oxígeno del ambiente también analiza el nivel de explosividad que presenta. De la casa M S A.

Analiza:

- 1) **Nivel de Oxígeno (Calibrado rango inferior 19.5% alta 23.0%).**
- 2) **Monóxido de Carbono CO (Calibrado inferior 25 ppm alta 100ppm).**
- 3) **Acido sulfhídrico H2S.(Calibrado inferior 10 ppm alta 15ppm)**
- 4) **Dióxido de Nitrógeno NO2. .(Calibrado inferior 2.0 ppm alta 5.0 ppm)**
- 5) **Límite de explosividad (gases de combustibles). (Calibrado inferior 10% alta 20 %).**

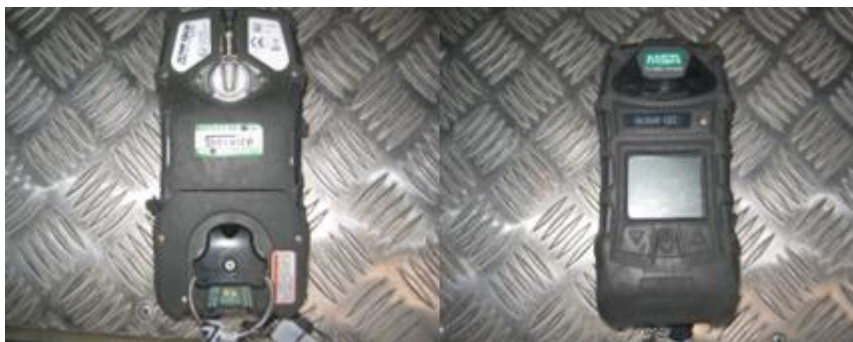


Ilustración 63. Detector para control de atmósferas. Fuente: U.E.S.

Golpes y rescate:

Arnés: Un arnés de cuerpo completo



Ilustración 64. Arnés para descenso al alcantarillado. Fuente: U.E.S.

CASCO PROTECTOR: Casco integral con pantalla de protectora de ojos.



Ilustración 65. Casco protector. Fuente: U.E.S.

AUTORESCATADOR: Equipo de aire comprimido de uso individual que sirve para salir de una zona donde la atmósfera se ha vuelto irrespirable, es portado por cada funcionario que accede al subsuelo.



Está compuesto por una capucha y una botella de aire comprimido de 2 o 3 litros de capacidad. Una vez abierto su precinto produce un flujo continuo de aire con un tiempo de protección de unos 15 minutos.



Ilustración 66. Auto rescatador. Fuente: U.E.S.

EQUIPO ERA: Equipo de aire comprimido de mayor autonomía que el anterior (en este el aire que necesitamos lo emite a demanda del usuario) utilizado como medio para realizar un rescate en caso de incidente durante el trabajo en subsuelo se coloca siempre pie de pozo. Esta dotado con botella de aire comprimido de 6 litros de capacidad sobre espaldera de transporte y mascarara.



Ilustración 67. Equipo ERA completo. Fuente: U.E.S.

Medios para descender a los pozos de registro

TRIPODE: Lleva incorporado un sistema de anti-caídas que realiza una función de cinturón de seguridad, ante un imprevisto resbalón o rotura de un patee, frena la caída. Se completa con un sistema de polea manual para poder realizar ascensos y descensos en pozos que no posean pates u otros medios donde apoyarse.



Ilustración 68. Montaje de un trípode sobre pozo de registro y anticaídas. Fuente: U.E.S.

RIESGOS EN SUBSUELO

Riesgo de intrusión: A través de las conducciones de subsuelo, se puede acceder a edificios o establecimientos del entorno urbano, bien utilizando la propia conducción o realizando una apertura en uno de sus hastiales (**butrón**). Se ha de tener en cuenta siempre las dimensiones del tubular que sirve para verter las aguas de ese edificio o establecimiento a la red de saneamiento público (**cañón**) y de igual modo si este posee una galería por donde se abastezca de los diferentes servicios. La utilización del subsuelo hace muy vulnerable la seguridad de un edificio ya que es un medio donde se puede trabajar durante días con total impunidad y se pueden utilizar diferentes puntos de entrada o salida lejos del perímetro del edificio a dañar.

Riesgo de atentado: El subsuelo se puede utilizar de igual forma que en el anterior epígrafe para realizar un atentado, sumando que en una explosión el tubular va a actuar de cañón de la onda expansiva y a menor dimensión de la conducción mayor fuerza va a alcanzar la misma. En superficie mucha precaución de la situación de las tapas de registro que conectan con la conducción porque estas actuarán como proyectiles impulsados por la onda expansiva, **tener en cuenta al situar los efectivos en una operación de este tipo.**

Riesgo de sabotaje: Este punto es el referido al corte de suministros esenciales que abastecen al edificio o establecimiento. Siempre tener en cuenta las arquetas de donde se suministran las dependencias (**acometidas**).



Anexo III. Entrevista Unidad Especial de Subsuelo y Protección Ambiental

Las preguntas y respuestas de este anexo se han hecho durante la entrevista al Subinspector Víctor jefe de la unidad de subsuelo en su despacho, como al equipo operativo, compuesto por el Sargento Luis y sus subordinados, a lo largo de la práctica del alcantarillado.

PREGUNTA: Le voy a realizar una pregunta que le puede resultar un poco extraña. Pero necesaria para sacar unas conclusiones muy importantes para el trabajo. En el supuesto de que hubiera una guerra convencional contra otro ejército regular, y a usted, le mandarían defender el ambiente subterráneo, ¿qué sería lo que usted emplearía para acabar con el mayor número de enemigos y que, además, sea difícil de superar o neutralizar por su parte? Le hago esta pregunta ya que mi trabajo se enfoca en la movilidad de las unidades en el subsuelo, así me puedo hacer una idea de que obstáculos o dificultades me encontraría en territorio enemigo, que yo debería de ser capaz de sobrepasar y permitir el paso de las unidades a las que proporciono este apoyo.

RESPUESTA: Es una pregunta muy interesante. Tengo una respuesta bastante clara. Lo mejor sería intoxicar al enemigo con gases. Se pueden poner trampas que suelten gases tóxicos al paso de las unidades si queremos neutralizarlas por completo, o llenar un canal que consideremos de vital importancia de gas. Me imagino que el enemigo, si se adentra en el subsuelo también llevará detectores, y verá que el paso por esa zona es imposible. Incluso con equipo específico de respiración sería muy arriesgado, y para pasar, necesitarían un extractor de aire, que dudo mucho que una unidad de combate pueda llevar a la vanguardia de una operación. Perfectamente también se puede conseguir meter a los enemigos en una zona de muerte. A nosotros mismos nos puede pasar un día cualquiera aquí en la ciudad. En los colectores de aguas residuales el 99% de las veces. Estamos tranquilamente por uno de ellos con el nivel de oxígeno y contaminación en orden, de repente uno de los agentes pisa un charco de agua residual estancada y al moverlo, los gases comienzan a subir y se dispara el detector. Un simple charco de agua del tamaño de una bota, si es pisado por uno de los últimos integrantes, puede encajonar a un equipo completo de la unidad. Imagínese lo que puede hacer con un poco de imaginación. No tiene por qué ser una charca, o simple orificio que se abra y suelte ácido sulfhídrico o dióxido de carbono, con 10 cortes distintos por infrarrojo ya puede hacer que se un elevado grupo de enemigos se quede atrapado. Además de que provocaría el disloque de la unidad y por tanto la pérdida del mando y control. La mitad de la unidad atrapada en un túnel sin salida en el que los gases contaminantes se van acercando poco a poco, la otra mitad sin mando y control totalmente desbordada. Hay que ir muy preparado para superar al enemigo en defensiva del subsuelo. Se necesitan equipos específicos, rápidos y prácticos que pueden abrir un obstáculo en poco tiempo, además de un buen operador que bajo la presión y nervios consiga ser eficaz.

Utilizar el explosivo que es lo que la mayoría de las personas podrían pensar es arriesgado, en el caso de que queramos mantener la infraestructura de la superficie, y no tengamos alguna unidad amiga desplazándose por el subsuelo. En cambio, crear un ambiente tóxico para el ser humano, o un lugar con falta de oxígeno es super sencillo. En un canal estrecho, considerado de movilidad restringida, un simple bote de humo podría provocar una falta de oxígeno que cause la muerte en unos cuantos metros sobre el canal, llegando incluso a 30 o 40 metros en los que el humo se va expandiendo y quitando el oxígeno.

Por otro lado, para dificultar su movilidad sería ir poniendo obstáculos tales como puertas o rejas. Esto, retrasaría mucho al enemigo si no cuentan con una instrucción elevada y equipos específicos que los ejércitos, por lo menos el español, hoy en día no tienen. Deberán usar entonces explosivos para superar estos pasos, lo que resulta muy peligroso por derrumbamientos, la onda explosiva que podría llegar a



producir, y por la falta de logística necesaria para llevar tanto explosivo. Esto se podría hacer una o dos veces, pero una unidad nos es capaz de ir superando obstáculos cada 40 metros, en un canal que puede durar kilómetros. No cabe tanto explosivo en la mochila, así como el increíble número de detonadores.

PREGUNTA: Debido a la gran cantidad de obstáculos tales como rejas, puertas y demás que nos podemos encontrar en el subsuelo, había pensado que lo ideal sería llevar algún instrumento que nos permitiera superarlos, ocupando poco espacio y que tuviera autonomía infinita debido al elevado número de horas que puede llevar la operación. El equipo que estoy estudiado son unas pinzas hidráulicas con forma de tenaza que no tiene un gran tamaño y tiene varias utilidades. Por un lado, puede realizar cortes de cizalla con las pinzas y por otro lado puede realizar una fuerza empujadora de gran calibre con la apertura de las pinzas, a modo de palanca. ¿Usted cree que sería útil un instrumento de este tipo?

RESPUESTA: Por supuesto, es un material de muchísima utilidad que permite dar un apoyo a la movilidad excepcional, de hecho, aquí en Oviedo no contamos con él, pero estuve un par de años destinado en Guadalajara y mi equipo sí que contaba con uno. Eran unas pinzas de la empresa "Holmatro" que nos permitía hacer aperturas muy limpias y rápidas, con el máximo de seguridad. Muchas de las redes subterráneas de nuestro país se hicieron hace bastantes años y no tienen unos buenos registros, por tanto, nosotros somos los encargados de ir adentrándonos y hacer unos determinados informes para poder llevar el control y la seguridad. Que no tengan tanto control hacía que nos encontráramos obstáculos, muchos en la entrada y la salida que eran rejas con una cerradura, de la que no disponíamos de ninguna llave, esto nos obligó a adquirir estas pinzas que eran la forma más eficaz de superarlos. Cabían en una mochila y uno de nuestros agentes era el encargado de transportarla. Sin duda, en una situación de combate, sería una gran ventaja contar con este equipo.

PREGUNTA: Otro instrumento que consideré bastante necesario para poder realizar un efectivo apoyo a la movilidad era alguna especie de escalera plegable que nos permitiera transportarla en la mochila por un operador, y usarla cuando sea necesario. ¿En algún momento se ha encontrado en una situación en la que le hubiera venido bien una de estas? ¿Lo considera un material esencial para el subsuelo?

RESPUESTA: Es algo totalmente necesario para poder desplazarse en el ambiente subterráneo. Después en la parte práctica podrá ver los distintos accesos que hay. Algunos tienen una especie de escalera de hierro o PVC, pero otros muchos no tienen nada. Eso contando que España es un país desarrollado que cuida mucho de sus infraestructuras, si trasladamos esto a una zona de combate como a usted le interesa por el trabajo, habrá muchas caídas que no seremos capaces de superar si no es con algún elemento de descenso. Aquí, utilizamos principalmente una polea sobre trípode, en la que el agente se engancha con un arnés y desciende. Pero eso es algo como práctico para usted, nosotros en territorio nacional, tranquilamente, aposentamos y aseguramos el trípode y descendemos. Usted, como militar requerirá de algo más rápido y fácil de usar, como puede ser una escala de espeleo. Es algo menos seguro, pero con un buen estudio de mercado, podemos encontrar unas buenas escaleras que den seguridad antirrotura o desenganche en los extremos.

PREGUNTA: Un instrumento más que estoy investigando es un sistema de radar que permite ver a través de las paredes. Lo considero una gran ventaja ya que uno de los principales que podemos encontrar en el subsuelo es la desorientación como me han explicado. Por ello, contar con un radar tamaño Tablet en el que en determinado momento pueda hacer uso de él y ver que hay a través de una pared, o detrás de una esquina. Esto permitiría detectar a los enemigos antes de que ellos lo hagan, e incluso notar anomalías en el terreno, que podrían ser artefactos explosivos o trampas que coloca el enemigo. ¿Qué opina usted?

RESPUESTA: Sin duda es un instrumento muy pero que muy interesante. Personalmente no lo he utilizado nunca, ni siquiera lo he visto, dudo que alguna unidad de España de subsuelo cuente con



alguno. No es algo vital para nosotros, sí que es verdad que vendría muy bien y agilizaría gran parte del trabajo, pero podemos sobrevivir sin él. Además, de la mayoría de las zonas por las que nos movemos tenemos algún plano. Sin embargo, si me tuviera que meter en algún sitio del que no tuviera absolutamente nada de información sería extraordinario contar con ello. Todo esto hablando de nuestro trabajo, pudiendo hacer las cosas con calma y seguridad. En un ambiente táctico en los que se pueden mover en el ejército, lo veo algo esencial. Podrían prevenirse muchísimos accidentes, agilizar la operación, y bueno, localizar al enemigo y sus trampeos, algo a lo que no nos tenemos que enfrentar nosotros y ustedes sí.

También le digo, nosotros tratamos como subsuelo hasta un pequeño habitáculo de un edificio de un metro cúbico, o una pequeña baldosa que se levanta por la calle, en la que se pueden introducir piedras u objetos para lanzar en las manifestaciones. Esto ya lo hemos visto algunas veces. Por tanto, para poder ver estos pequeños huecos, si contáramos con un sistema similar al que me comenta, podríamos barrer una calle a una velocidad muy superior a la que lo hacemos hoy en día. Ya que tenemos que ir levantando una a una. Además, con ese radar, no se nos escaparía ninguno. Sin duda, es un completo acierto.



Anexo IV. Artículo para la Revista de Zapadores del Mando de Ingenieros sobre las Jornadas de Actualización de Combate Subterráneo

Autor: Tte. de Ingenieros D. Luis Rodríguez Sáez de Tejada 1ª Cía. BCAM.

▪ **Contexto histórico e introducción.**

Desde el inicio de los tiempos, el ser humano ha aprovechado todos los recursos a su alcance para progresar y seguir desarrollándose. En el ámbito militar este hecho no ha sido diferente, el constante afán de superación para obtener más poder que las demás civilizaciones o naciones siempre ha estado presente en la historia de la Humanidad, incluso actualmente, aunque con diferentes propósitos y motivos. El arte de la guerra, como diría *Sun Tzu*, es una red muy compleja donde intervienen muchos factores a tener en cuenta y más difícil todavía controlar todos estos aspectos. Con el paso del tiempo el mundo bélico ha crecido a la par que se desarrollaba la industria y la tecnología civil. Esta paridad tecnológica es más que palpable, sin embargo, hay factores que no necesitan de un elevado desarrollo industrial y que desde los primeros conflictos ya se tenían en cuenta, como por ejemplo la orografía, la meteorología, y en este caso el escenario y el entorno. Todos estos aspectos ligados meramente a la táctica y no a la técnica, puede que hayan caído ligeramente en el olvido dado que todo el esfuerzo se concentraba en superar la tecnología actual para volverse más fuerte. Más adelante expondré ejemplos donde se observa que un buen aprovechamiento del escenario supuso una mayor ventaja que la superioridad armamentística.

A día de hoy el subsuelo sigue siendo un territorio apenas explorado, donde todavía no conocemos todos los misterios que esconde. Al igual que los mares o la superficie, también se han obtenido recursos del entorno subterráneo, explotándose de todas las maneras posibles, incluyendo su uso en el ámbito militar y del combate. Existen, como se dijo anteriormente, numerosos casos en la Historia donde gracias a una buena estrategia y el dominio del subsuelo se consiguió tal ventaja que significó un cambio radical en el transcurso de los conflictos.

El uso del subsuelo más conocido por todos sin duda fue durante la guerra de Vietnam contra los Estados Unidos, dónde este último sufrió una humillante derrota pese a la superioridad militar Y armamentística que poseía frente a los vietnamitas. El gran conocimiento de su propio terreno, en todos los aspectos, superficie incluyendo bosques y montañas y sobre todo el entorno subterráneo, consiguió diezmar a las tropas estadounidenses.

El uso más reciente no está ni mucho menos alejado en el tiempo, durante todo el conflicto de la franja de Gaza los israelitas tenían claramente la superioridad, frente a esta gran desventaja, la organización Hamas empleó los túneles en zonas urbanas desde 2006, para crear corredores de aprovisionamiento y sortear a las fuerzas israelíes y egipcias. De esta forma se vulneraban controles fronterizos, transportando mercaderías, combustible e incluso ganado y automóviles. También armas y dinero en efectivo de aliados en el exterior, especialmente Irán. Es decir, construyeron grandes túneles que



después usaron como vías logísticas de material y personal y no solo eso, también hostigaron con gran éxito a Israel.

▪ **La Legión como Unidad del Ejército de Tierra que lidera el combate subterráneo.**

Actualmente todo el peso que supone el estudio, desarrollo doctrinal, concienzuda instrucción e investigación en pos del combate en subsuelo recae sobre la Brigada de La Legión. Es por esto que independientemente de la propia instrucción de sus legionarios, realizan jornadas de actualización con otras unidades del Ejército donde los principales objetivos son: el primero, difundir la información más reciente que se ha recabado concerniente a este tipo de combate tan peculiar y compartirla con el resto de Unidades y el segundo, obtener diferentes puntos de vista por parte de personal menos familiarizado con este tipo de instrucción, obteniendo unas lecciones aprendidas tras dichas jornadas enriqueciendo la doctrina actual.

Normalmente las jornadas de actualización se celebra anualmente en el Tercer Tercio de La Legión, en la base Álvarez de Sotomayor. Puesto que ya se han realizado varias jornadas, es de destacar su buena organización de las actividades, medios, instalaciones y sobre todo instructores. Desde el momento de la bienvenida y el recibimiento, se prepara a los asistentes para la instrucción que van a recibir durante los siguientes días, explicándolo todo con detalle empezando por las generalidades.

Todas las actividades que se realizan los sucesivos días están perfectamente cuadradas doctrinalmente, con el fin de conseguir una pincelada general en todo el espectro de la instrucción en combate subterráneo: primeros auxilios, orgánica de la unidad, Tiro en ambiente nocturno y subterráneo, todos los medios y equipos que se pueden agregar como apoyo para lograr cumplir la misión. En este punto es donde los Ingenieros entran en juego.



▪ **Los Ingenieros en el combate subterráneo.**

Como resultado de las capacidades específicas que posee el arma de Ingenieros, además de conocer y practicar la instrucción del combatiente general, al zapador se le



presupone un conocimiento técnico superior que al resto de combatientes en diversos ámbitos, como pueden ser: explosivos y minas, fortificación y construcciones, movilidad y contra movilidad y de una inteligencia y capacidad de obtener información con reconocimientos más detallados. Pero no lo anterior, que los ingenieros posean más capacidades no los exime de la instrucción para el combate, en este caso, en un escenario subterráneo.

Este hecho más si cabe hace que la preparación del personal sea más rigurosa en todos los sentidos por las vicisitudes intrínsecas que conlleva este entorno como son: parcial o total oscuridad, desprendimientos, caída desde diferentes alturas, contusiones, mordeduras o picaduras de animales, presencia de gases nocivos, poca concentración o ausencia de oxígeno en el aire... Todo esto y más exige una preparación adecuada para estas situaciones tan demandantes a nivel físico y psicológico.

Los ingenieros tienen como virtud ser flexibles, adaptándose de manera versátil a cualquier situación de la maniobra. En el combate en ambiente subterráneo, los Ingenieros forman un equipo o núcleo cuya misión es detectar o encontrar artefactos explosivos (IED, *improvised explosive device*) o minas, para posteriormente neutralizar la amenaza. De igual manera este equipo también es usado para reconocer posibles trampeos en entradas, accesos, y cualquier punto vulnerable que pueda albergar algún peligro de esta índole. A este equipo se le reconoce la capacidad EOR (*Explosive Ordnance Reconnaissance*), pueden detectar y neutralizar cualquier explosivo que se encuentra, pero no llegar a desactivarlo en este caso se debería solicitar el apoyo de personal EOD (*Explosive Ordnance Disposal*).

A este núcleo de zapadores se le puede reforzar con apoyos como un equipo cinológico con perros que pueden detectar materiales explosivos o perciban la presencia de enemigos cercanos o su rastro. Dotarles de material NBQ para detectar gases que puedan provocar una explosión.





Otra misión a realizar, bajo el punto de vista del autor, por los Ingenieros, por ser los más capacitados, pero que aún no está implementada en la doctrina actual, consisten reconocer la estructura de la mina o cueva previamente a que la Fuerza se adentre en su interior, decidiendo si es practicable.



▪ **Medios y equipo específicos para el núcleo de Ingenieros necesarios para el cumplimiento de la misión.**

En primer lugar y como es evidente, se necesita una gran cantidad de equipamiento de medios ópticos y de visión nocturna, tales como una linterna básica, un buen puntero láser, un monóculo (por ejemplo, el AN/PVS-14 en dotación) o binóculo como medio de visión nocturna, los respectivos atalajes para el casco y el fusil y altamente recomendables cámaras térmicas. Actualmente se está impulsando el uso de drones debido a su gran rendimiento en las actividades de reconocimientos.





De por sí, se están utilizando todo el material de dotación de un pelotón EOR que viene marcado por doctrina.

Además de todo lo anterior, también tienen que portar el equipo de un combatiente cualquiera: material de primeros auxilios y de escalada para evacuación de bajas, sistemas detectores NBQ-R, respiración artificial en casos excepcionales, transmisiones mediante cable como la TP-6N ... y más medios aún.

▪ **Conclusiones.**

Dado que es un medio tan complejo, la única manera de explotar todo el espectro de la instrucción es realizar ejercicios conjuntos con otras Unidades del resto de especialidades fundamentales, como estas jornadas de actualización.

Es esencial llevar a cabo dicha instrucción con los medios con los que potencialmente se combatiría en una situación real. No hay mejor manera de completar la instrucción del personal que acostumbrándose a usar dicho equipo.

Por último, recalcar el gran papel que están haciendo estas jornadas, ya que gracias a ellas cada vez se consigue ampliar y mejorar la doctrina existente, que como bien sabemos los Ingenieros, todo es perfectible.



Es esencial llevar a cabo dicha instrucción con los medios con los que potencialmente se combatiría en una situación real. No hay mejor manera de completar la instrucción del personal que acostumbrándose a usar dicho equipo.



Anexo V. Encuestas de los distintos instrumentos para realizar el método *Scoring*

ENCUESTA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN DE TENER PINZAS HIDRÁULICAS DE RESCATE

Valore del 1 al 10 los siguientes aspectos en cuánto a la adquisición de las Pinzas Hidráulicas de rescate.

1. Portabilidad (Tamaño, peso, dimensiones...)
2. Precio (bajo coste tendrá mayor puntuación)
3. Autonomía.
4. Mantenimiento.
5. Facilidad de uso

Los resultados de dicha encuesta pueden consultarse en Tabla 6.

ENCUESTA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN DE TENER LAS ESCALAS DE ESPELEO

Valore del 1 al 10 los siguientes aspectos en cuánto a la adquisición de la escala de espeleo.

1. Longitud y resistencia.
2. Facilidad de Transporte.
3. Precio (bajo coste tendrá mayor puntuación).
4. Mantenimiento.
5. Facilidad de uso.

Los resultados de dicha encuesta pueden consultarse en Tabla 9.

ENCUESTA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS QUE DEBE DE TENER EL SISTEMA DE RADAR TÚNEL

Valore del 1 al 10 los siguientes aspectos en cuánto a la adquisición del sistema de radar de penetración.

1. Tiempo de inicio.
2. Facilidad de transporte.
3. Tiempo de funcionamiento.
4. Facilidad de uso.
5. Precio (bajo coste tendrá mayor puntuación).

Los resultados de dicha encuesta podrán consultarse en Tabla 12.