



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO Y DEFINICIÓN DE LAS INSTALACIONES (EN SUPERFICIE Y ENTERRADAS) NECESARIAS PARA ESTABLECER UN CAMPO DE ADIESTRAMIENTO EN COMBATE SUBTERRÁNEO.

Jonatan Dueso Guerrero

Director académico: Ángel Gracia Ramos

Director militar: Javier García Marcos

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2021



Agradecimientos

Al regimiento de especialidades número 11 que me ayudaron en todo lo posible. En especial a la capitán de la tercera compañía de caminos, que sin ninguna obligación hacia mi persona me ayudo en todo lo posible en este trabajo. También al profesor Marcos Pueo Arteta, de la asignatura de expresión gráfica del centro universitario de la defensa, por enseñarme a utilizar el programa SolidWorks en sus tiempos de descanso que me han permitido realizar el diseño de la instalación de este trabajo.



RESUMEN

Se va a analizar y definir las necesidades de una nueva instalación, en superficie y subterránea, para el adiestramiento en combate subterráneo. Además se va a realizar un primer diseño de una infraestructura que contenga todas las capacidades necesarias para las prácticas de las unidades. Ante los últimos casos desde el 2010 de combates en terreno subterráneo en Israel y Siria se ha concluido la necesidad del adiestramiento en estos ambientes para las fuerzas propias del ejército de tierra.

Para poder resolver estas necesidades se ha planteado una serie de capacidades mínimas que debe cumplir la instalación. Por lo que para conocer las necesidades se ha analizado el manual de combate subterráneo, las lecciones aprendidas de enfrentamientos anteriores y de los países de Francia y EE. UU. También se han efectuado entrevistas con personal que han realizado ejercicios en zonas subterráneas para conocer las impresiones y carencias de las instalaciones ya existentes. Además, se han estudiado las instalaciones previas de Almería y Ronda así como las internacionales de los antes mencionados.

Los resultados han sido expuestos como requisitos necesarios de una instalación con el fin de cumplir las capacidades de adiestramiento de las unidades que deben conseguir. Ya que estos criterios fundamentales permiten adiestrar a las unidades en todo tipo de cometidos a los que pueden enfrentarse. Esto se ha reflejado en la tabla número 1 en el alcance de este trabajo. Posteriormente se ha realizado un diseño dividido en 3 estaciones (túneles, estación de metro y alcantarillas), cada una ambientada en un tipo de combate subterráneo y que cumple con dichos requisitos. Cada estación tiene dimensiones diferentes y está orientada a una instrucción diferente para las unidades, esto incluye tanto para personal como con el uso de vehículos en zonas subterráneas. También se ha definido la prevención de riesgos laborales que influye en este tipo de instalaciones. Finalmente se han determinado una serie de trabajos finales complementarios a la construcción de la infraestructura y que este trabajo no abarca.

Palabras clave

Infraestructura para adiestramiento en combate subterráneo.



ABSTRACT

The needs of a new facility, surface and buried, for underground combat training will be analysed and defined. In addition, a previous first design of an infrastructure that contains all the necessary capabilities for the practices of the units will be carried out. Given the latest cases since 2010 of fighting in underground terrain in Israel and Syria, the requisites for training in these environments for the army's own forces has been concluded.

In order to solve these needs, a series of minimum capabilities that the installation must own has been proposed. So, to know the demands, the underground combat manual has been analysed, the same as the lessons learned from previous confrontations and from the countries of France and the United States. Interviews have also been performed with personal who have carried out exercises in underground areas to learn about the impressions and shortcomings of existing facilities. In addition, the previous facilities of Almeria and Ronda as well as the international ones before mentioned have been studied. The results have been exposed as necessary requirements of an installation in order to know the training capabilities of the units they must achieve. Therefore, these fundamental criteria allow to train the units in all kinds of tasks that they can face.

This has been reflected in table number 1 of this work. Subsequently, a design has been made divided into 3 stations (tunnels, metro station and sewers), each set in a type of underground combat and fulfils the demands. Each station has different dimensions and is oriented to a different instruction for the units, this includes both for personnel and with the use of vehicles in underground areas. The prevention of occupational risks that influences this kind of facilities has also been defined. Finally, complementary works to the construction of this infrastructure have been determined because this work does not cover.

KEYWORDS

Infrastructure for underground combat training.



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 CONTENIDO</i>	<i>IV</i>
<i>INDICE DE FIGURAS</i>	<i>VI</i>
<i>INDICE DE TABLAS</i>	<i>VIII</i>
<i>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</i>	<i>IX</i>
<i>1 INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
<i>2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</i>	<i>6</i>
2.1 OBJETIVOS	6
2.2 ALCANCE	7
2.3 METODOLOGÍA	7
2.4 ANÁLISIS DE STAKEHOLDERS.....	9
<i>3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO</i>	<i>11</i>
<i>4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS</i>	<i>15</i>
4.1 ESTACIÓN 1. TÚNELES ISRAELÍ.....	20
4.2 ESTACION 2. ESTACION DE METRO	23
4.3 ESTACIÓN 3. ALCANTARILLAS.....	25



4.4	PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES	30
4.5	FUTUROS TRABAJOS	33
5	CONCLUSIONES.....	35
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
	ANEXO 1: Entrevistas.....	40
	ANEXO 2: Planos	42
	ANEXO 3: leyes de prevención de riesgos laborales	48
	ANEXO 4: análisis de riesgos.....	50



INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Despliegue de los túneles descubiertos, utilizados por los terroristas en Israel. Fuente: (MADOC, 2014).</i>	1
<i>Figura 2. Diseño de una instalación subterránea de la línea Maginot. Fuente: (Claudio, 2014).</i>	2
<i>Figura 3. Personal del ejército de Francia en un túnel de la línea Maginot. Fuente: (Segunda Guerra Mundial, 2009).</i>	2
<i>Figura 4. Túneles subterráneos del ejército alemán en Polonia. Fuente: (Sara, 2019).</i>	3
<i>Figura 5. Organigrama del MADOC sobre aspectos del Combate Subterráneo. (MADOC, 2015)</i>	6
<i>Figura 6. Tabla sobre que unidades forman una UCAS (MADOC, 2019).</i>	7
<i>Figura 7. DAFO. Elaboración propia.</i>	8
<i>Figura 8. Instalaciones francesas de combate subterráneo. (MADOC, 2015).</i>	11
<i>Figura 9. Instalaciones del ejército de EE. UU. de combate subterráneo. (MADOC, 2015).</i>	11
<i>Figura 10. Plano constructivo vista en diédrico del polígono de combate subterráneo de la legión, Almería. (legión, 2016).</i>	12
<i>Figura 11. Plano constructivo vista en isométrica del polígono de combate subterráneo de la legión, Almería. Fuente: (legión, 2016).</i>	13
<i>Figura 12. Estación de metro de las instalaciones del ejército de EE. UU. En Butlerville, Indiana. (Atterbury-Muscatatuck, 2021).</i>	14
<i>Figura 13. Túnel de las instalaciones del ejército de EE. UU. En Butlerville, Indiana (American Structurepoint.inc, 2021).</i>	14
<i>Figura 14. Diseño de la instalación con cotas generales. Elaboración propia.</i>	19
<i>Figura 15. Infraestructura diseñada en hormigón. Elaboración propia.</i>	18
<i>Figura 16. Estación 1 en superficie y subterránea. Elaboración propia.</i>	20
<i>Figura 17. Estación 1, ejemplo de recorrido de iniciación. Elaboración propia.</i>	21
<i>Figura 18. Estación 1, ejemplo de recorrido de iniciación. Elaboración propia.</i>	22
<i>Figura 19. Estación 1, ejemplo de recorrido de iniciación. Elaboración propia.</i>	22
<i>Figura 20. Estación 2 en superficie. Elaboración propia.</i>	23



<i>Figura 21. Estación de metro Komsomólskaya. (CALLONE, 2017).</i>	24
<i>Figura 22. Entradas y salidas de la 2ª estación. Elaboración propia.</i>	24
<i>Figura 23. Estación 3 en superficie. Elaboración propia.</i>	25
<i>Figura 24. Estación 3, tipo de pasillos. Elaboración propia.</i>	26
<i>Figura 25. Comparación entre el pasillo 1 real (Imes Api, s.f.) y simulado. Elaboración propia.</i>	27
<i>Figura 26. Comparación entre el pasillo 2 real (Vinresa Poceros, 2018) y simulado. Elaboración propia.</i>	27
<i>Figura 27. Pasillo tipo 3. Elaboración propia.</i>	28
<i>Figura 28. Alcantarilla de la red de saneamiento de Madrid. (Rodríguez, 2019) (Retema, 2016)</i>	28
<i>Figura 29. Tabla de efectos de la falta de oxígeno dependiendo del porcentaje de este. (sociales, 2001)</i>	31
<i>Figura 30. Señal de espacios confinados. (SS Covadonga, 2018)</i>	31



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro resumen de requisitos fundamentales para la instrucción. Elaboración propia..	8
Tabla 2. Cuadro resumen de Stakeholders. Elaboración propia.	12



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

- Art.: Artículo
- BCAM: Batallón de caminos
- BMR: Vehículo blindado porta personal
- BOE: Boletín oficial del estado
- CENAD: Centro nacional de adiestramiento
- CIA.: Compañía
- DAFO: Debilidades, amenazas, fortalezas, oportunidades
- DRM: Direction du Renseignement Militaire
- EE. UU.: Estados Unidos
- EPI: Equipo de protección individual
- ET: Ejército de Tierra
- HAMAS: Movimiento de Resistencia islámica
- ING: Ingenieros
- INSHT: Instituto nacional de seguridad y salud en el trabajo
- IRE: Indemnización de residencia habitual
- JEME: Jefe de Estado Mayor del Ejército de Tierra
- kVA: Kilovoltio amperio
- LLAA: Lecciones aprendidas
- MADOC: Mando de adiestramiento y Doctrina
- NTP: Nota técnica de prevención
- OTAN: Organización transatlántico norte
- REI 11: Regimiento de especialidades N.º 11
- R.D.: Real Decreto



Jonatan Dueso Guerrero

- U.S.: United States
- UCAS: Unidad de combate en ambiente subterráneo
- URO Vamtac: Vehículo de alta movilidad táctico



1 INTRODUCCIÓN

La preparación del personal de las fuerzas armadas siempre ha sido el eje central de la preparación para cualquiera misión, en especial desde que se inició el despliegue de unidades en misiones en el extranjero en 1992 en Bosnia y Herzegovina (Ministerio de Defensa, 2018) (Ministerio de Defensa, 2020). Para ello se necesita una preparación tanto física y psíquica como táctica y técnica. Mediante el adiestramiento en procedimientos y en el uso del material de dotación se consigue dotar a la unidad de unas capacidades mínimas de actuación para el cumplimiento de las misiones encomendadas. Para un correcto adiestramiento es necesario tener unas instalaciones acordes a sus necesidades.

Desde hace cientos de años se utilizan túneles y minas subterráneas con el fin de protegerse de bombardeos, para desplazarse de forma segura y rápida o incluso para realizar infiltraciones a territorios enemigos. Dentro de estos diez últimos años se ha podido comprobar como el grupo terrorista HAMAS¹ utiliza una amplia red de túneles desde 2013 con más de 100 kilómetros para moverse por el territorio israelí sin ser detectados².

Ante estas incursiones a la franja de Gaza y al territorio israelí el gobierno de Israel tuvo que tomar medidas, centrándose desde 2014 en la destrucción y vigilancia de esta red de túneles debido al daño que estaban haciendo. Hacer frente con estos túneles y combatir en ellos es muy complicado, además se observó el aumento de combate subterráneo incluso en regiones limítrofes a Israel. En 2017, un informe oficial acusó al primer ministro Benjamín Netanyahu y al Ejército israelí de haber preparado mal al país para esta amenaza "estratégica" durante el conflicto de 2014 (Daou, 2021).

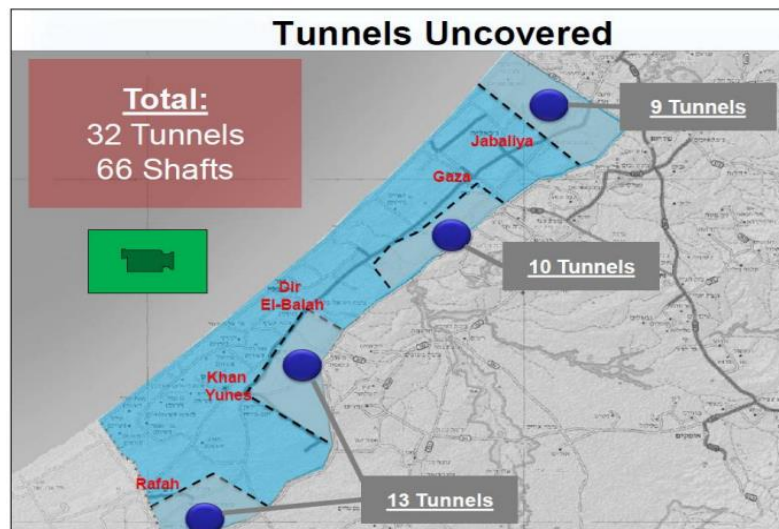


Figura 1. Despliegue de los túneles descubiertos, utilizados por los terroristas en Israel. Fuente: (MADOC, 2014).

¹ El grupo terrorista HAMAS significa Movimiento de Resistencia islámica, su origen fue durante los primeros días de la Intifada Palestina de 1987. En contra de la ocupación israelí de la Franja de Gaza y de Cisjordania. En 2007 tomo el control de Gaza.

² "Hamás desarrolló la capacidad de realizar incursiones dentro del territorio israelí sobre todo por la construcción de una cuarentena de túneles ofensivos. Estos túneles ofensivos no son las galerías destinadas a eludir el bloqueo para abastecerse en Egipto. Se trata de obras de hormigón construidas a profundidades de entre diez y treinta metros de profundidad y con varios kilómetros de largo. Algunos están equipados incluso con raíles y vagonetas. Lecciones aprendidas de la operación "Bordure Protectrice". (MADOC, 2015).



Otro episodio más reciente, en el que España intervino adiestrando a las tropas locales, fue la campaña de Mosul (Irak), donde el grupo terrorista Dáesh³ nuevamente utilizaba túneles y minas abandonadas para sus operaciones. Con entradas fuera de los núcleos urbanos y con redes de hasta 20 kilómetros, estas estaban comunicadas hasta las viviendas de la población civil, todo ello con el fin último de detener el avance de la coalición de más de 40 países.

Cambiando de escenario también se han utilizado zonas subterráneas para combatir o para la supervivencia en países como Siria, Vietnam y Polonia. En vietnam se encuentran poblados enteros bajo tierra, con casas y hospitales. En 1930 en Francia, antes de la invasión del ejército alemán, el ejército francés construyó la conocida línea Maginot (Claudio, 2014) (Segunda Guerra Mundial, 2009) la cual está basada en una línea triple de defensa con túneles y fortines enterrados, con más de 400km.

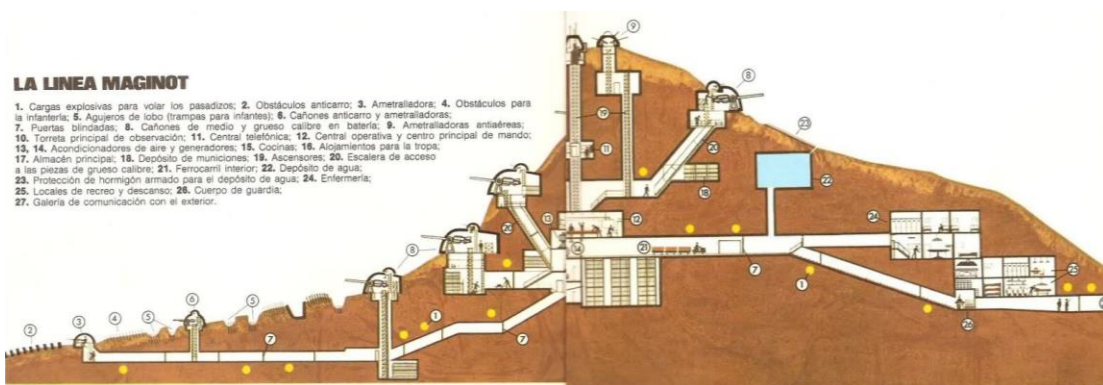


Figura 2. Diseño de una instalación subterránea de la línea Maginot. Fuente: (Claudio, 2014).



Figura 3. Personal del ejército de Francia en un túnel de la línea Maginot. Fuente: (Segunda Guerra Mundial, 2009).

³ El grupo terrorista Dáesh se fundó a partir de una rama de la organización de Al Qaeda de la que se independiza en 2014. A partir de esa fecha se establece en Mosul y en Siria. Su principal objetivo es implantar su Califato en Iraq y Siria. (Chippirrás, 2019).



En Polonia durante la segunda guerra mundial el ejército alemán tenía multitud de túneles, fábricas de armas, bunkers y la conocida como “ciudad subterránea” en Osówka (Sara, 2019), que se construyó bajo el nombre del proyecto Riese (Wikipedia, 2021). Todas estas instalaciones estaban enterradas bajo tierra en la región de Baja Silesia, cerca de Varsovia. Estas instalaciones estaban conectadas por ferrocarriles estrechos y estaban dotados de agua e iluminación.

"A medida que se hizo cada vez más difícil moverse por encima del suelo, los polacos pronto se dedicaron a usar las alcantarillas para enviar mensajes, mover unidades y realizar operaciones de suministro en toda Varsovia. Gran valor tanto para el atacante como para el defensor. Explotar las ventajas de las instalaciones subterráneas". Warsaw, Poland, 1944. City Fights, Maj David M. Toczek.



Figura 4. Túneles subterráneos del ejército alemán en Polonia. Fuente: (Sara, 2019).

Todas estas instalaciones subterráneas aparecen en combates convencionales y realizados por países desarrollados con medios suficientes para llevar a cabo estas obras. Por lo que, si se produjera otro conflicto convencional en la frontera entre países desarrollados o incluso en ciudades, el uso de subterráneos para almacenar material, armamento o para proteger a la población civil sería prioritario. Por lo tanto, las instalaciones ya construidas en ciudades suelen ser las vías de los trenes y las alcantarillas de las ciudades, el ejército de Estados Unidos ya tiene contemplado estos escenarios y que más adelante se analizarán en este trabajo.

Ante el uso de instalaciones subterráneas donde preparan explosivos, guardan armamento y realizan ataques e infiltraciones, en que las nuevas tecnologías como radares o drones pierden eficacia, la mayoría de los ejércitos de la OTAN han tomado la iniciativa de instruirse en este tipo de combate. En el futuro será muy habitual combatir en el subsuelo, ya sea para acabar con núcleos terroristas que se esconden en túneles o para desplazarse por zonas urbanas de forma más rápida y segura y realizar rescate de rehenes, golpes de mano o cualquier otro tipo de misión.

Otros ejércitos miembros de la OTAN también están desarrollando estas actividades. Un claro ejemplo es Francia que, tras haber perdido esta capacidad, está volviendo a asumirla. Se considera que sobre estas bases se podrán fundar aptitudes concretas como: la búsqueda, el combate, las destrucciones, la construcción y el rescate.

"Se considera que la capacitación para evolucionar en este entorno debe apuntar fundamentalmente a dominar los conocimientos individuales y colectivos sobre:

- *Conocimiento de los diferentes ambientes subterráneos.*



- Los diversos riesgos.
- Las técnicas de progresión en las tres dimensiones.”

Fuente: Documento LLAA de ING, combate en zonas urbanas, combate subterráneo, ejército de Francia. Página 7. (Ministerio de Defensa, 2020).

El ejército de Estados Unidos observa unas grandes ventajas tácticas en este tipo de combate.

“En las ciudades más grandes, las características subterráneas incluyen garajes y pasajes subterráneos, líneas ferroviarias, túneles de servicios públicos, alcantarillas y desagües pluviales. Muchas de estas características permitirán el movimiento de tropas. Incluso en las ciudades europeas más pequeñas, las alcantarillas y los desagües pluviales permiten a los soldados moverse por debajo del nivel de la calle durante las operaciones.

El objetivo de tal ataque puede ser insertar una unidad en la retaguardia del defensor, interrumpiendo así su defensa y obstruyendo las vías de retirada de su defensa delantera. Incluso si un esfuerzo subterráneo no tiene éxito de inmediato, obliga al defensor a luchar en dos niveles y a extender sus recursos a algo más que la lucha a nivel de la calle.

Defender, los pasajes subterráneos proporcionan excelentes rutas cubiertas y ocultas para mover refuerzos o lanzar contraataques. También proporcionan líneas de comunicación listas para usar para el movimiento de suministros y la evacuación de víctimas y proporcionan lugares para almacenar suministros para las compañías de vanguardia”.

Fuente: Documento REU_1473 R Borrador Subterranean Operations. (U.S. Marine Corps, 1998).

Debido al enemigo es pertinente la intervención en el medio subterráneo, tanto convencional como irregular. El uso de túneles y cuevas se ha confirmado en Oriente Medio⁴, además de la creciente dinámica a utilizar estos medios para evitar la brecha armamentística y tecnológica con los ejércitos modernos, especialmente con la aviación. Con el fin de realizar una serie de misiones para ser cumplidas por un destacamento Inter armas compuesto de infantería y distintos apoyos o unidades de operaciones especiales. Estos objetivos se consiguen mediante la formación Inter armas e instrucción en unas instalaciones adecuadas.

Según el manual de Combate subterráneo (MADOC, 2019), en adelante “el manual”:

“La observación de los conflictos recientes ha permitido identificar el combate subterráneo como una necesidad operativa para poder superar con eficacia los desafíos que se presentan en los entornos operativos actuales y futuros, con un doble objetivo:

- Hacer frente a una posible amenaza procedente del subsuelo.
- Aprovechar los espacios subterráneos en beneficio de las fuerzas propias.”

⁴ La Dirección de Inteligencia Militar francesa (DRM: Direction du Renseignement Militaire) precisa que éstas últimas se han convertido en una forma habitual de actuar en Siria, sobre todo desde 2013.



Por todo esto el Ejército de Tierra comenzó a estudiar la incorporación del combate subterráneo en las doctrinas del adiestramiento para las tropas, que se materializó en 2018 con la construcción de un complejo subterráneo en Almería y con la redacción del manual (MADOC, 2019). Con el mismo fin se está construyendo un segundo polígono subterráneo (Ronda, Málaga). Ambos polígonos se analizarán en los antecedentes de este mismo trabajo.

El objetivo del JEME es conseguir un alto grado de instrucción en combate subterráneo para la futura brigada 2035, para lo que es necesaria la creación de nuevas instalaciones para el adiestramiento de las tropas con unas capacidades versátiles.

Debido a que las dos instalaciones para el combate subterráneo en España no son suficientes para la gran demanda que se espera en este tipo de adiestramiento existe la necesidad del estudio y definición de unas nuevas instalaciones para el adiestramiento para el combate subterráneo en la cual se va a centrar este trabajo.

Constará de tres estaciones con distinta tipología de combate subterráneo para dotar a las unidades de la mayor versatilidad posible, con escenarios utilizados en Irak y en Israel por grupos terroristas y escenarios modernos de países desarrollados. Estos últimos están orientados a posibles conflictos en el futuro en grandes urbes desarrolladas, aunque ya han sido utilizadas en Siria y en Varsovia.

El ámbito de aplicación es para todo el ejército e incluso colaboraciones con otros países, por lo que se ha determinado que las instalaciones idóneas se localizan en el campo de maniobras CENAD "San Gregorio" debido a la gran extensión de espacio y al frecuente uso de todas las unidades del ejército de tierra. Además de estar en la península, lo que facilita el desplazamiento por carretera o tren, y que en Zaragoza se ubican unidades de infantería e ingenieros. Aunque también podrían localizarse en Badajoz, Córdoba o Madrid no son las más idóneas condiciones, ya que existen unidades de infantería e ingenieros, pero sus campos de maniobras son usados más para el ámbito local. Por otro lado, se han descartado otros campos de maniobras como el de Almería por ya tener unas instalaciones propias, el de Burgos porque solo tiene unidades de ingenieros o las de las ciudades autónomas por tener peor comunicación.



2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1 OBJETIVOS

El objetivo es diseñar una instalación subterránea, con entradas superficiales, que permita el adecuado adiestramiento en combate subterráneo a las unidades del ejército de tierra.

Los objetivos específicos son:

- Conocer las necesidades operativas de las unidades del ET en materia de combate subterráneo con el fin de diseñar unas instalaciones acordes con los procedimientos ya establecidos (MADOC, 2019).
- Analizar todo tipo de instalaciones subterráneas, tanto aquellas en las que ya han operado los ejércitos modernos como cuevas, garajes y alcantarillado de ciudades modernas.
- Comparar otras instalaciones ya construidas para el adiestramiento de unidades en España y de países pertenecientes a la OTAN o Israel.
- Sintetizar toda la información y lecciones aprendidas de los enfrentamientos en este tipo de combate junto a los procedimientos expuestos en el manual.
- A partir de todo lo anterior, definir los requerimientos a cumplir por la instalación a diseñar.
- Diseñar unas instalaciones que cumplan los requisitos exigidos y que permitan el máximo adiestramiento de las unidades en las capacidades que necesitan.

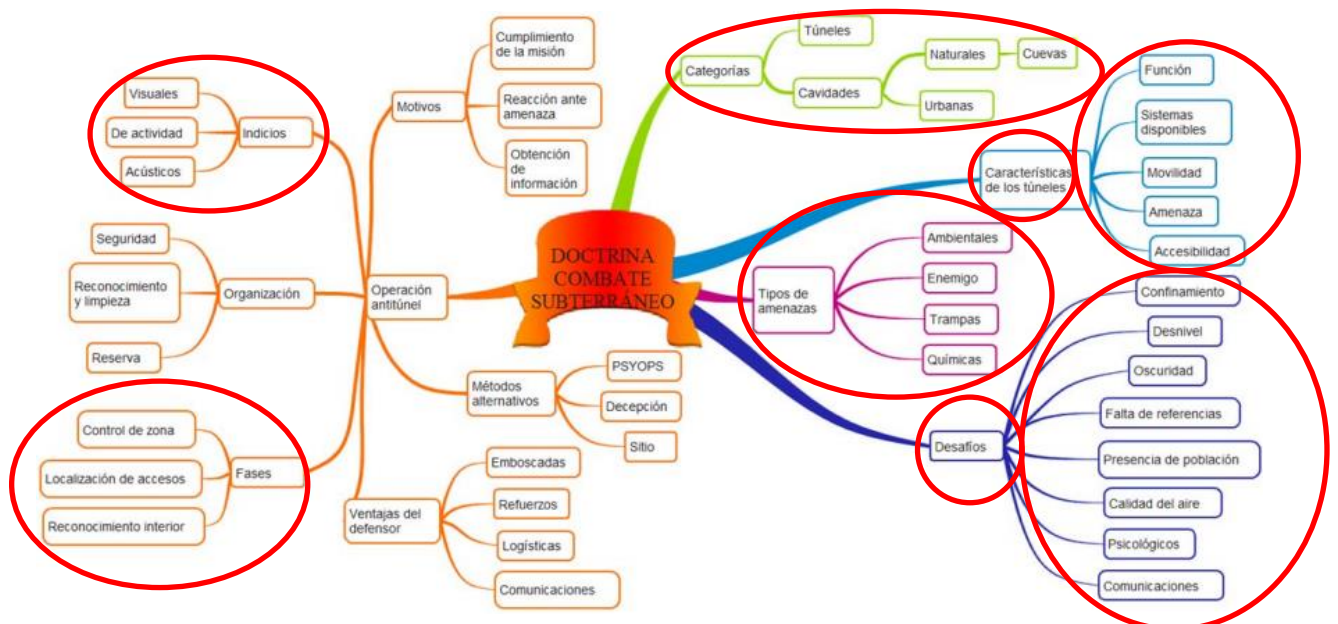


Figura 5. Organigrama del MADOC sobre aspectos del Combate Subterráneo. (MADOC, 2015)



El objetivo de las instalaciones es permitir la instrucción en todos los ámbitos del combate subterráneo y los círculos rojos serían todos los apartados de la instrucción en combate subterráneo que permitirían dichas instalaciones de forma tangible, siendo las otras más teóricas u organizativas en las que no es imprescindible unas nuevas instalaciones para instruirse.

2.2 ALCANCE

El alcance del proyecto será una estructura que proporcione las capacidades para el adiestramiento de unidades de infantería, de ingenieros y de operaciones especiales, formando una “unidad de combate en ambiente subterráneo” (UCAS) mediante una serie de requisitos.

UNIDAD BASE	CAPACITADORES
Sección fusiles	Pelotón zapadores EOR. Equipo CIS. Equipo ASAN. Equipo tiradores selectos. Equipo NBQ. Equipo cinológico.

Figura 6. Tabla sobre que unidades forman una UCAS (MADOC, 2019).

Se va a realizar un diseño preliminar con una estimación de movimiento de tierras y las dimensiones generales. No se va a llevar a cabo el cálculo estructural, la red de evacuación de aguas ni la instalación eléctrica necesaria. Estos trabajos que se excluyen se detallaran más adelante en el apartado de trabajos pendientes.

“La finalidad será alcanzar la formación de una unidad de nivel sección para estar en condiciones de planear y ejecutar una operación como componente de un subgrupo táctico. Por ello la primera premisa ha de ser disponer de zonas de instrucción e instalaciones apropiadas” (MADOC, 2019)

2.3 METODOLOGÍA

Se va a realizar el análisis de puntos positivos y negativos de crear unas nuevas instalaciones mediante un DAFO. Lo cual permite identificar de forma visual los puntos fuertes y vulnerables de forma rápida y resumida.

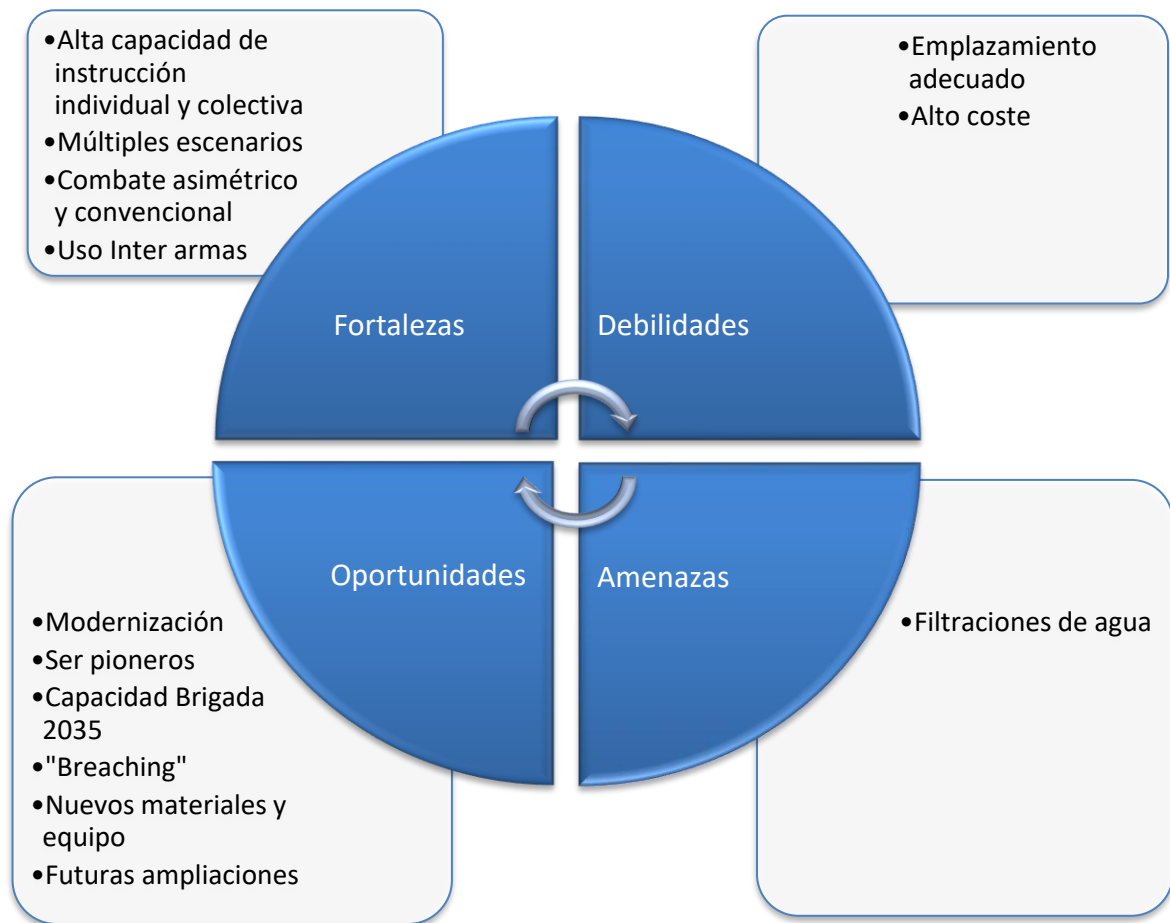


Figura 7. DAFO. Elaboración propia.

Se puede observar como la creación de las instalaciones tiene muchísimas ventajas tanto presentes como futuras, en cambio puntos débiles o amenazas son escasas. Con esto se puede determinar la idoneidad de unas nuevas instalaciones modernas y con visión de futuro.

Con la finalidad de cumplir con los objetivos y el alcance del proyecto, se han llevado a cabo las siguientes fases:

Inicialmente, se han investigado sobre las instalaciones nacionales orientadas al combate subterráneo para posteriormente analizar el manual (MADOC, 2019) referente a ello. A continuación, se han analizado y comparado los casos nacionales e internacionales como son el caso de las instalaciones subterráneas de Almería y de las lecciones aprendidas del ejército de Francia y de Estados Unidos, sobre sus propias instalaciones.

Después se ha utilizado como método cualitativo diversas entrevistas personales, detalladas en el anexo 1, con personal de la unidad REI 11 dependiendo sus conocimientos, las cuales se pueden dividir en dos:

Relativo al combate subterráneo. Entrevistas a la Capitán de la 3ª Cía. y al teniente de la 1ª Cía. del BCAM. Los cuales han realizado un curso en combate urbano y subterráneo además de diversas prácticas en las instalaciones de Almería. Con estas entrevistas se buscaba conocer



las lecciones aprendidas y las capacidades necesarias de unas nuevas instalaciones para el combate subterráneo que las actuales no las cubren.

Relativo al método constructivo. Entrevista con el Capitán de la Oficina técnica del REI 11, para conocer las capacidades del regimiento de llevar a cabo una obra de tal magnitud, así como los riesgos que podrían aparecer al ser una infraestructura subterránea. A su vez, conocer el procedimiento para las obras realizadas recientemente realizadas por la unidad, las cuales se basan en prefabricados y una breve explicación sobre cómo se opera con este tipo.

Por último, se ha llevado a cabo una síntesis del manual de combate subterráneo y de las lecciones aprendidas de otros ejércitos, de la revisión documental y estudios de casos. Con el fin de resumir que necesidad hay, enfocado a unas instalaciones que proporcionen las mayores capacidades de instrucción posible.

Finalmente, con toda la información analizada y sintetizada, con las necesidades y las limitaciones que supondría una instalación subterránea, se ha buscado el diseño que permita instruirse en la mayoría de las fichas posibles incluidas en el manual de combate subterráneo.

2.4 ANÁLISIS DE STAKEHOLDERS

El término stakeholders hace referencia a: *“Personas u organizaciones activamente comprometidas en el proyecto o cuyos intereses pueden verse afectados positiva o negativamente como resultado de la ejecución o conclusión del proyecto”* Fuente: Asignatura de Oficina de proyectos del CUD, Tema 2 Gestión de la integración.

- Jefe de Estado Mayor del Ejército de Tierra (JEME). Es el responsable de la instrucción de todo el ejército de tierra en territorio nacional y con el objetivo de la brigada 2035 se hace más necesario aumentar las capacidades, por ejemplo, unas nuevas instalaciones en las que se basa este trabajo. Su poder de decisión es alto debido a que es quien autoriza su construcción y también tiene un grado alto de interés ya que le permitiría cumplir las exigencias establecidas en su concepto de brigada 2035.
- Personal de tropa de una “unidad de combate en ambiente subterráneo” (UCAS). Este sería el principal grupo de personas interesadas en el proyecto debido a que utilizarían las instalaciones de forma habitual. El interés de este grupo por el proyecto es muy alto ya que les permitiría instruirse en un ambiente lo más real posible a las misiones que podrían desarrollar en un futuro.
- Cuadros de mando de una UCAS. También sería uno de los principales grupos interesados en el proyecto ya que harían el mismo uso de las instalaciones que el personal de tropa, pero además les permitiría conocer el grado de conocimiento e instrucción de sus unidades y mejorar las capacidades tanto individuales como colectivas.
- Jefe del REI 11. El coronel jefe del Regimiento sería el responsable de la ejecución de la instalación, por su especialización y sus capacidades con máquinas. A su vez supondría un aumento de la instrucción y adiestramiento de su unidad, repercutiendo de forma directa en su operatividad. Además, al ser el responsable de la ejecución tiene un gran poder de decisión para determinar los procedimientos de la construcción de la instalación e incluso introducir alguna modificación.



- Mando de adiestramiento y Doctrina (MADOC). Este organismo es el responsable de incluir en la doctrina el uso y autorización de la instalación. Además, sería el primer organismo en plantear la realización del proyecto por lo que su poder de decisión es elevado.
- Cenad de San Gregorio. Esta unidad es la responsable del cuidado y mantenimiento del campo de maniobras San Gregorio donde se ubicaría la instalación. Sería el encargado del mantenimiento de las instalaciones, así como de gestionar las solicitudes de uso de las unidades.
- Otras unidades del Ejército nacionales e internacionales o cualquier unidad de las fuerzas y cuerpos de seguridad del estado. Todo aquel personal perteneciente a este grupo podría utilizar estas instalaciones para su adiestramiento, pero de forma menos habitual por lo que su poder de decisión es mínimo.

El resultado final del análisis se refleja en la siguiente tabla.

Tabla 3. Cuadro resumen de Stakeholders. Elaboración propia.

 Nivel de poder	Mantener satisfechos - Cenad, San Gregorio	Actores clave - JEME - MADOC - Coronel del REI 11
	Monitorizar (mínimo esfuerzo) - Otras unidades	Mantener informados - Personal de tropa - Cuadro de Mandos
	 Nivel de interés	

Según la tabla anterior en la que se analiza los Stakeholders más relevantes en el proyecto, se puede concluir que los actores clave que tienen la mayor capacidad de influencia y decisión, así como interés para mejorar la instrucción de las unidades son el JEME, el coronel del REI 11 y el MADOC. Mantener satisfecho y con un contacto estrecho al Cenad de San Gregorio podría mejorar la organización y la realización del proyecto ya que podrían facilitar en gran manera el acceso y la vida para los trabajadores. A su vez, al disponer de grandes conocimientos de la zona podría asesorar sobre donde edificarlo. El personal de tropa y los cuadros de mando serían el beneficiario más directo ya que podrían utilizarlo de forma habitual y sacar un gran rendimiento a su propia instrucción. Finalmente, para que conocieran otras unidades del ejército las nuevas capacidades se debería dar la propaganda correspondiente mediante difusión interna o redes sociales para mayor difusión informativa.

3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

En otros ejércitos como el estadounidense o el francés ya tienen sus correspondientes instalaciones para el adiestramiento subterráneo, diferentes a los que se encuentran en España.

Por ejemplo, en Francia está fabricado en base a madera y modularizable que pueden modificar fácilmente, en cambio el estadounidense opto por construcción con prefabricados de hormigón en superficie o semi enterrados (MADOC, 2015).



Figura 8. Instalaciones francesas de combate subterráneo. (MADOC, 2015).



Figura 9. Instalaciones del ejército de EE. UU. de combate subterráneo. (MADOC, 2015).

Respecto a las instalaciones nacionales existen las de Almería y ronda que realizó la brigada de la legión. En ellas se encargaron losas de hormigón prefabricado a una empresa externa y la unidad se encargó del montaje de estas piezas. La red de túneles subterráneos se conectó con el polígono ya existente de combate en zonas urbanizadas para lograr unas instalaciones con capacidad de instrucción en 3 alturas (subterráneo, superficie y altura).



Jonatan Dueso Guerrero

Contiene entradas dentro de los edificios y en el exterior, debidamente enmascaradas para darle mayor realismo. A su vez la instalación posee multitud de arquetas, en forma cubica, con unas dimensiones que permite al personal ponerse de pie. Estas arquetas están comunicadas por gateras, para desplazarse entre ellas con dimensiones mucho más reducidas, obligando a cruzarlas gateando o reptando.

Comparando este tipo de instalaciones con los túneles de HAMAS se observa que solo posee una parte con estos, la referente a los ramales que hay en las zonas más estrechas de los túneles israelíes y las entradas enmascaradas y dentro de los edificios. Esto solo permite el adiestramiento en pasillos muy estrechos, con movilidad reducida de forma continua que no se asemeja a la realidad completamente. Por todo esto se ha contemplado un nuevo diseño que permita mayores posibilidades de instrucción para las unidades en ambientes más realistas y con nuevas zonas subterráneas orientadas en megaciudades de cara a una futura guerra convencional.

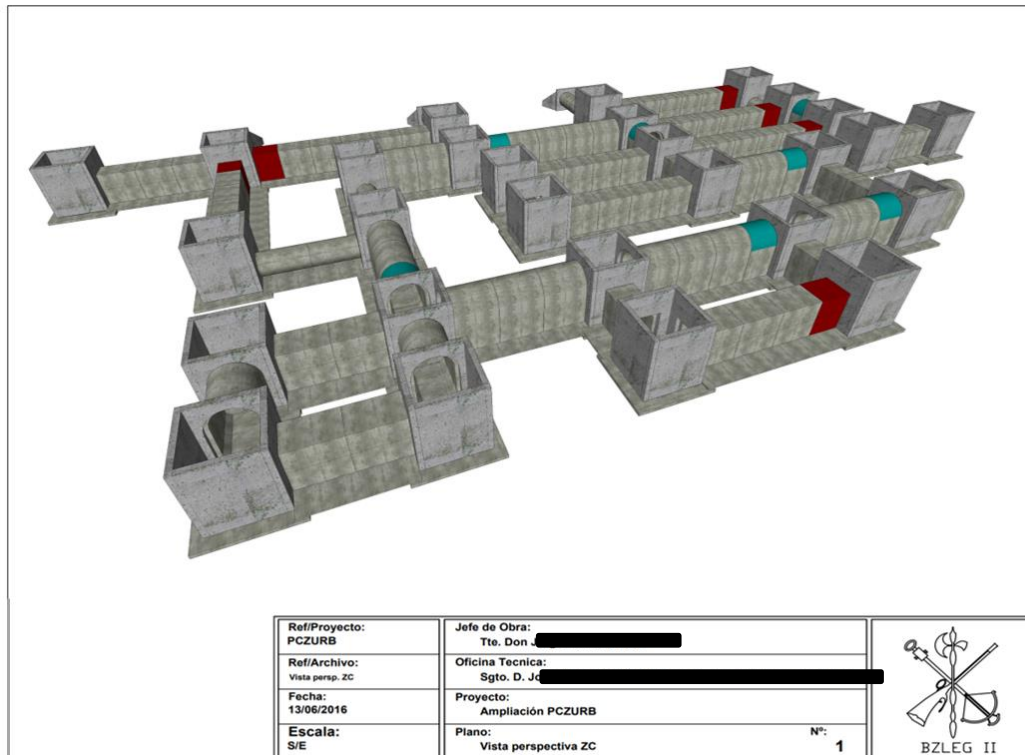


Figura 10. Plano constructivo vista en diédrico del polígono de combate subterráneo de la legión, Almería. (legión, 2016).



Jonatan Dueso Guerrero

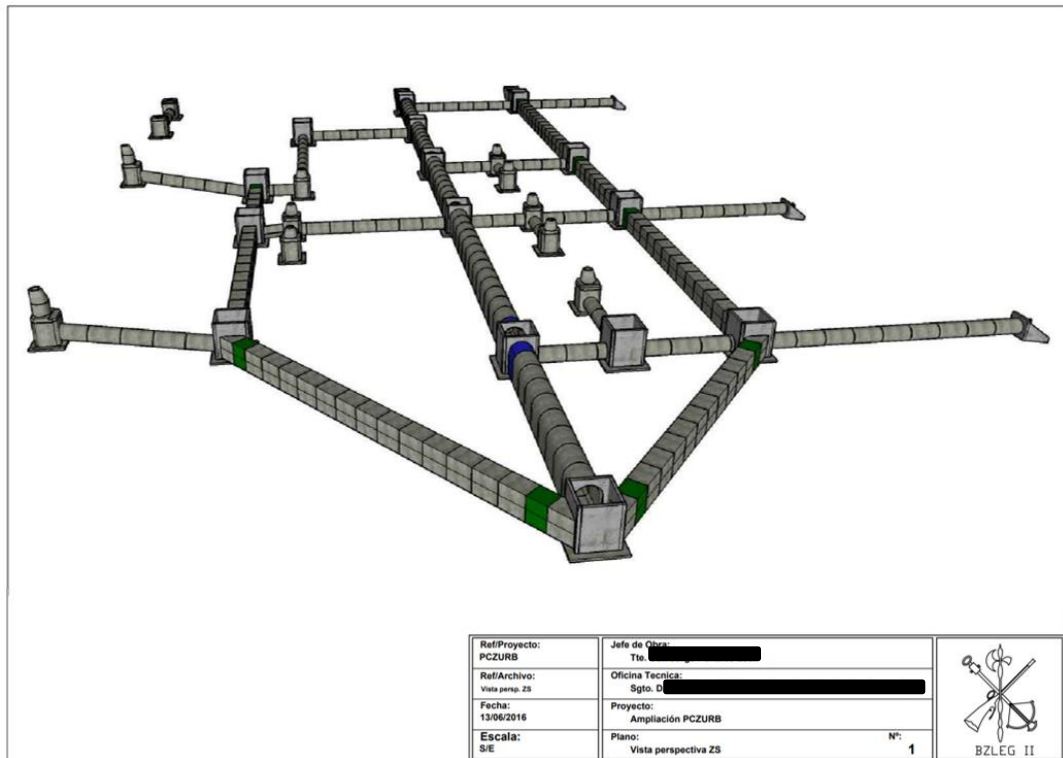


Figura 11. Plano constructivo vista en isométrica del polígono de combate subterráneo de la legión, Almería. Fuente: (legión, 2016).

Respecto a los escenarios convencionales como se ha visto previamente hay una referencia actual en la que orientarse. La “ciudad fantasma” que han recreado el ejército de Estados Unidos en Indiana, en la cual encontramos un gran complejo subterráneo. Esta ciudad es un centro de entrenamiento, llamado Muscatatuck (Atterbury-Muscatatuck, 2021) (American Structurepoint.inc, 2021), para el adiestramiento de unidades y que posee los elementos básicos de cualquier centro urbano de tamaño pueblo. Tiene gasolineras, bancos, casas, un hospital, un colegio, una iglesia, etc. Pero en lo que se va a focalizar es en su parte subterránea, en la cual se encuentra una estación de metro, vías de ferrocarril, túneles y cuevas.



Figura 12. Estación de metro de las instalaciones del ejército de EE. UU. En Butlerville, Indiana. (Atterbury-Muscatatuck, 2021).



Figura 13. Túnel de las instalaciones del ejército de EE. UU. En Butlerville, Indiana (American Structurepoint.inc, 2021).

Estas instalaciones estarían orientadas a conflictos entre países desarrollados, en sus ciudades, que podrían darse en el futuro. Un claro ejemplo son las instalaciones subterráneas del ejército alemán en Polonia de la segunda guerra mundial y que tuvieron que hacer frente con ellas el ejército aliado. También podría darse el caso de que una fuerza terrorista opere de forma subterránea en el país y desde ahí lance sus misiones, por lo que el ejército debería estar preparado para introducirse en estos escenarios.



4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

Los siguientes aspectos que se van a reflejar son básicos para entender los requisitos necesarios para la instalación y que se encuentran en el manual (MADOC, 2019):

- Capacidades necesarias, así como preparación psicológica y física:
 - Movilidad. Reconocimiento específico.
 - Demolición. Apoyo vital.
 - Protección individual. Mando y control.
 - Óptica e iluminación.
- Los parámetros esenciales de una infraestructura subterránea son:
 - Profundidad Accesibilidad
 - Funcionalidad Movilidad

En todos los recorridos habrá pasillos de distintas anchuras con el objetivo de adiestrar en todo tipo de situaciones. Estos pasillos se clasifican en:

- Pasillos anchos. (Movilidad permisiva y no restringidas)
- Pasillos estrechos. (Movilidad semirrestringida)
- Pasillos muy estrechos (Movilidad restringida)

Con estos requisitos se consigue la capacidad necesaria para la movilidad, Reconocimiento específico de distintos tipos de entradas, y, además, la funcionalidad, profundidad, mando y control, apoyo vital y óptica e iluminación que es inherente al complejo subterráneo.

Partiendo de este propósito y basándonos en las capacidades necesarias y en los parámetros esenciales de una infraestructura para el combate subterráneo, la instalación deberá incluir distintos tipos de recorridos en función del nivel de instrucción de la unidad, dividiéndose en los siguientes recorridos:

- Iniciación: Entradas más fáciles y con iluminación
- Intermedio: Entradas verticales y con iluminación tenue
- Avanzado: Todo tipo de entradas, sin iluminación y con EPI puesto

Tabla 4. Cuadro resumen de requisitos fundamentales para la instrucción. Elaboración propia.

	Tipo de movilidad	Tipo de pasillos	Implica
Movilidad	Permisivas	Ancho	Pasillos de 4m
	Semirrestringida	Estrecho	Pasillos de 1,5m
	Restringida	Muy estrecho	Pasillos de 0.91m



	Función	Cometidos	Implica
Funcionalidad	Puesto de mando	Preparación de operaciones	Habitáculos de al menos de 10m ²
	Posición defensiva y refugio	Protección de personal y material	Habitáculos de al menos 6m ² y salidas a la superficie
	Vías de comunicación	Movilidad de personal y material	Entradas y salidas diferentes para personal y vehículo
	Zulos y depósitos	Almacenamiento y fabricación de materiales	Habitáculo de al menos 4m ²
Profundidad	Implica		
	Recorridos cerrados sin iluminación natural		
Accesibilidad	No se contempla		

La accesibilidad no se trata en este trabajo ya que se trata de la apertura de las entradas a una instalación mediante soldadura o la demolición. Este concepto ya está recogido en el “breaching” y las unidades pueden instruirse en sus bases particulares. Incorporarlo en las instalaciones supondría una rotura del material en cada práctica, teniendo que repararla o sustituirla lo que requiere un gran mantenimiento.

La medida de 0,91m del pasillo viene determinada por información recopilada de los túneles de HAMAS que ya se ha explicado. La de 1,5m viene determinada para facilitar el movimiento del personal y adaptarse al medio subterráneo. Ya que el fusil HK G36E mide un metro y el ancho de una persona medida de hombro a hombro es de media 45cm (AliceD, s.f.), 1,5m permitiría moverse y girarse libremente. Incluso la unidad puede colocarse en un desplazamiento de columna con una persona en cada pared como una base de iniciación. La de 4m es para la entrada de vehículos y para personal con pasillo ancho, viene explicada posteriormente en la 2ª estación.

Las medidas de los habitáculos se han determinado en base a su función. El puesto de mando de al menos 10m² se ha referido a un puesto de mando de batallón con cubierta ligera que tiene un área eficaz de 2,3m por 3,3m siendo 7,6m² (Ministerio de Defensa, 2005), página 5-47. La posición defensiva y refugio viene determinada por pozos de tirador de una posición defensiva. Siendo estos variados se ha seleccionado el de ametralladora ligera ya que es la más grande y tiene un área de (0,8*1,8+0,6*0,6) m que son 1,8m² (Ministerio de Defensa, 2005), página 5-6. Finalmente, los zulos y depósitos de munición se han referido a cajas de munición de C-90 con una distancia de 0,984m de largo (Instalaza, 2021) (Lagua, s.f.) y al cañón de mortero de 81mm que tiene un pelotón de infantería con una medida de 1,150m de largo (Mazarrasa, 2020). Por lo que seleccionando el mayor de estos y permitiendo el depositar más material junto a la entrada y salida de personal, se han determinado al menos 4m².



Según el análisis de las necesidades operativas del ejército de tierra se propone a continuación el diseño de tres estaciones subterráneas con el fin de tener las capacidades necesarias para el empleo de todos los procedimientos y materiales posibles, especificados en el manual de combate subterráneo.

El proyecto se dividirá en fases la cual cada una corresponde con una estación distinta, es decir, se va a diseñar tres tipos de instalaciones distintas las cuales estarán comunicadas entre si cuando estén todas realizadas. Además, se contemplará en su diseño la posibilidad de futuras ampliaciones y construcciones por encima de la instalación para el adiestramiento en superficie con edificios. (Edificios de máximo un piso para el adiestramiento de combate en zonas urbanizadas).

Dado el ámbito de aplicación a nivel ejército de tierra y más concretamente a sus compañías de infantería e ingenieros, se plantea el diseño en el campo de maniobras de Cenad San Gregorio debida al frecuente uso de este campo de maniobras por la mayoría de las unidades de España y del espacio suficiente para albergar una instalación de grandes dimensiones. Se deberá tener en cuenta que, se deberá exigir un estudio del geotécnico realizado por el laboratorio central del ejército perteneciente al ministerio de defensa, para determinar la viabilidad de la zona para su construcción ya que son los únicos que tienen la acreditación y los medios del ejército.

El procedimiento para la construcción, una vez analizado y comparado distintos casos como las instalaciones francesas o las de Almería, a la vez que entrevistando a la oficina técnica del REI 11 sobre las capacidades para llevar a cabo dicha construcción, se ha determinado que el único método para llevar a cabo la realización de unas instalaciones de tal magnitud es mediante prefabricados, debido a que el ejército no tiene medios para la construcción de tantas losas y paredes de hormigón, ya que no tienen capacidad para fabricación en masa lo cual si tienen las empresas civiles. Esto dificulta ser modulable como la instalación francesa pero se evita el gran desgaste y el tiempo requerido que conlleva intercambiar módulos además si son materiales más resistentes y pesados se necesitaría de maquinaria. Aun así se han establecido unas puertas correderas en la instalación para poder cambiar los recorridos.

Otro punto a favor de la contratación de una o varias empresas para la fabricación de prefabricados es que es más barato al solicitar un gran número de ellas y que envían el número requerido en el punto y tiempo solicitado, siendo esto una gran ventaja. De esta forma se necesita muy poco personal del ET para la colocación de los prefabricados y con ello ahorrar el mayor gasto de dinero, la partida de personal⁵, que se tendría en el caso de producirla el ejército. Además, el encargo de material a empresas externas es entregada con garantía, lo que ofrece una mayor seguridad en la infraestructura. Con el fin de ahorrar tiempo en excavación, evitar problemas de inundaciones y facilitar el montaje y movilidad de la maquinaria, el diseño se ha planteado en su gran mayoría en superficie.

⁵ Según la oficina técnica del REI 11 las partidas económicas están divididas en personal, material y combustible. Siendo la partida de personal la que produce mayores gastos debido a los IREs y a las dietas, excluyendo el sueldo de cada personal que no entran dentro de estas partidas.



Para las excavaciones el REI 11 tiene en su plantilla varias retroexcavadoras JCB JSb200W⁶. Las excavaciones serán de un máximo de cinco metros de profundidad, con el objetivo de que las maquinas puedan excavar sin necesidad de realizar asentamientos a distintas alturas, de tal forma que se optimiza el tiempo al solo excavar desde la superficie.

Todos los diseños se han realizado en base a hormigón armado, siendo necesario un estudio a parte para comprobar si tiene suficiente resistencia para soportar tres metros de tierra u hormigón por encima y aun así ser capaz de asumir otras cargas como pueden ser vehículos pesados o futuras ampliaciones de edificios máximo de una planta. Ya que la zona inferior de la infraestructura subterránea será la que más esfuerzo soporte.

Las fases o estaciones pueden construirse de forma independiente, siempre y cuando se tenga previsto las distintas conexiones que existirán entre ellas y que son relevantes a la hora de la planificación. Esto facilita tanto la programación del proyecto, como las partidas económicas y, además permite el uso de estas instalaciones de forma temprana ya que puede usarse una estación mientras se prepara la construcción de la siguiente.

Todas las medidas de las imágenes y planos seran en metros.

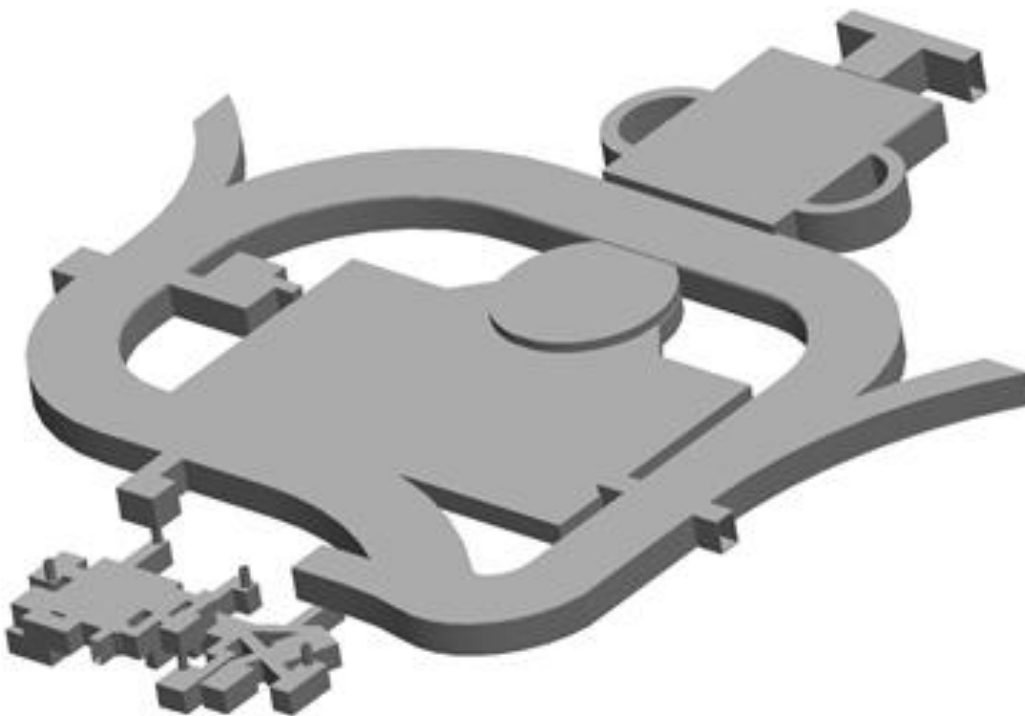


Figura 14. Infraestructura diseñada en hormigón. Elaboración propia.

⁶ Las especificaciones técnicas, así como la profundidad máxima de excavación se muestran en (lectura spec, 2021).

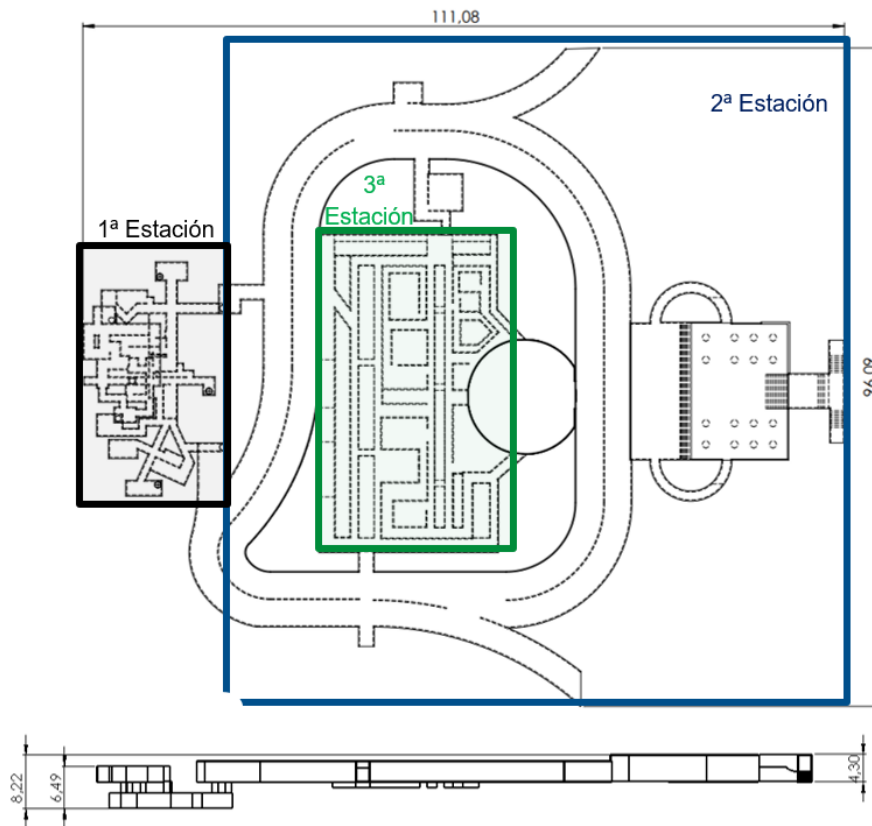


Figura 15. Diseño de la instalación con cotas generales. Elaboración propia.

El diseño general, así como de forma individual de la instalación vendrá dada en planos en el anexo 2. Las dimensiones son de forma preliminar, ya que influye en gran medida las dimensiones de las losas de prefabricado para que sean capaces de soportar los esfuerzos necesarios. Por lo tanto, las dimensiones de 111m por 96m podrían aumentar.



4.1 ESTACIÓN 1. TÚNELES ISRAELÍ

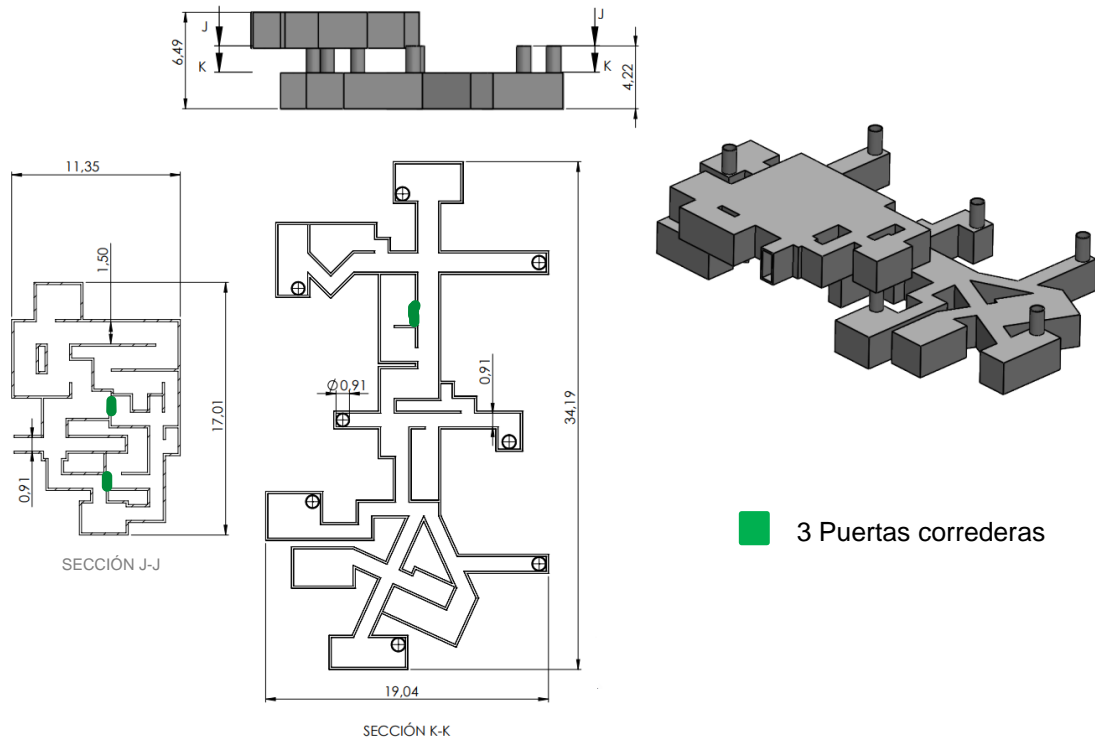


Figura 16. Estación 1 en superficie y subterránea. Elaboración propia.

El siguiente diseño está basado en los túneles encontrados en Israel, utilizados y creados por el grupo terrorista HAMAS. El cual tiene unas medidas estándar (MADOC, 2019) de 1,82m de altura y 0,91m de ancho creados por laminas y arcos prefabricados de cemento. Con estas dimensiones se pretende enfocar el adiestramiento individual en pasillos estrechos con movilidad semirrestringida lo que determina el desplazamiento en hilera y una ruptura de contacto en cascada. Aunque hay zonas con pasillos más anchos y con iluminación para facilitar la adaptación al medio subterráneo. Con esto se consigue instruir a una unidad en un ambiente real pero simulado, el combatiente también se beneficia de la instrucción tanto psicológica como física que influye en el combate subterráneo.

El modelo está orientado en la instrucción de túneles, ya que según las investigaciones se extendían por kilómetros y habitaciones que bien podrían ser puestos de mando, un refugio de primeros auxilios o almacén de munición y explosivos. Estas habitaciones no son muy grandes en dimensiones ya que se busca practicar la entrada y limpieza del habitáculo, y para ello no es necesario grandes espacios con lo que se ahorran materiales y tiempo de fabricación. No se contempla la colocación de muebles dentro de las habitaciones ya que eso corresponde más a un entorno de combate urbano en superficie e influiría poco en el subterráneo.

Esta primera estación puede tener muchos recorridos ya que dispone de cuatro entradas al exterior, tres de ellas en forma de alcantarilla enmascarada, de 0,91m de diámetro, y otra como una puerta. También contendrá dos enlaces con la estación número dos en forma de



alcantarillas. Además de esto, también se encuentran varias puertas correderas de un metro para abrir o cerrar un recorrido y así cambiar completamente el croquis de la instalación, consiguiendo variar la infraestructura y evitar sabérsela de memoria.

Se ha establecido tres recorridos tipo en función de su dificultad para realizar la instrucción del personal de forma progresiva:

- El recorrido de iniciación empezara en la entrada tipo puerta y los pasillos serán de 1,5m de ancho con algunas habitaciones de distintas dimensiones. Tendrá una instalación eléctrica, ya explicado anteriormente, que permita trabajar con visibilidad completa, media y nula. Es un recorrido corto pero que está conectado con el resto de los túneles de dificultad media.

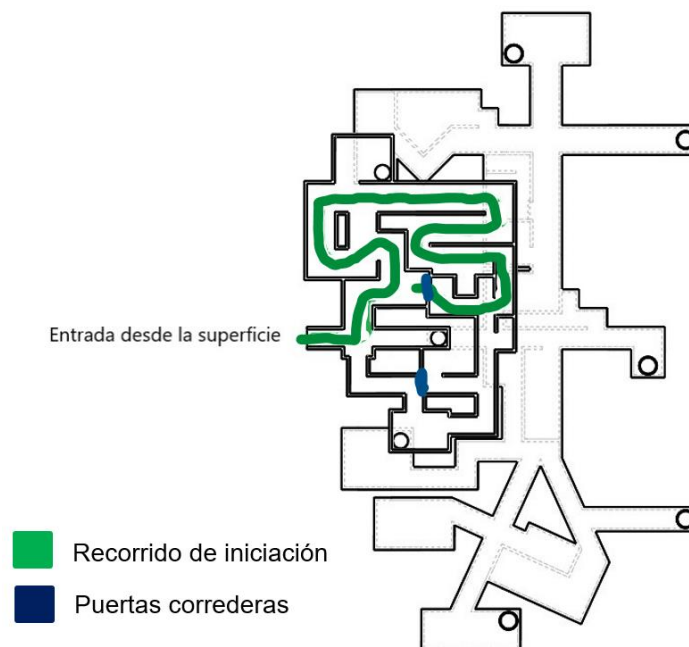


Figura 17. Estación 1, ejemplo de recorrido de iniciación. Elaboración propia.



- El recorrido intermedio empezara en la entrada tipo puerta, los pasillos serán de 0,91m de ancho y las habitaciones tendrán aparte de distintas dimensiones en algunas más de una entrada. También, el recorrido es más confuso y parece más un laberinto en algún tramo. Además, hay alcantarillas que están conectadas con el piso subterráneo, que le otorga mayor dificultad. El recorrido puede ser tan largo como se desee y la visibilidad también. El diseño de la instalación se ha enfocado en este nivel de dificultad.

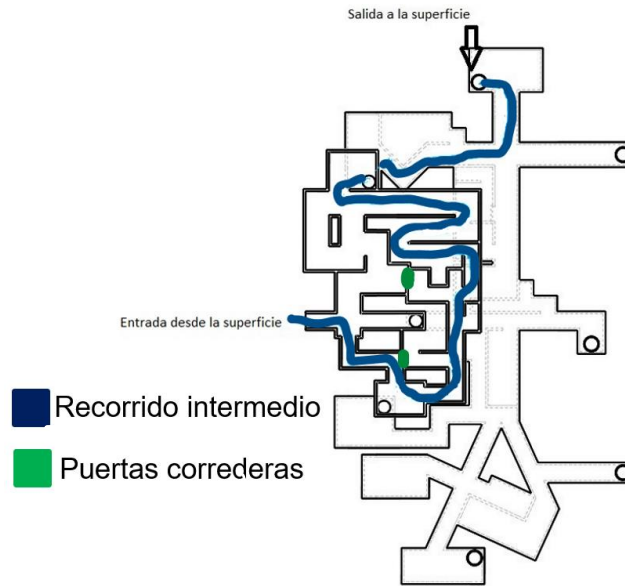


Figura 18. Estación 1, ejemplo de recorrido de iniciación. Elaboración propia.

- El recorrido avanzado sería similar al intermedio, además de tener múltiples recorridos alternativos se le puede añadir dificultad con menos visibilidad, midiendo la calidad del aire y la cantidad del oxígeno o llevando el EPI, simulando una contaminación de las instalaciones.

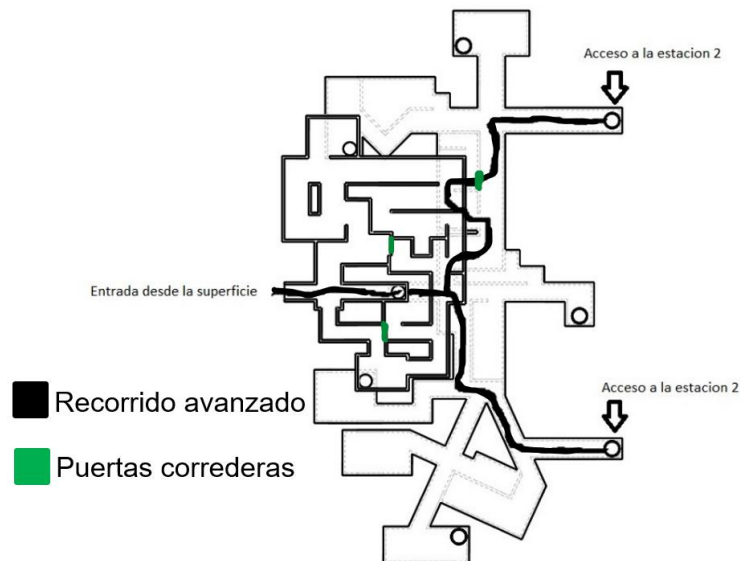


Figura 19. Estación 1, ejemplo de recorrido de iniciación. Elaboración propia.

4.2 ESTACION 2. ESTACION DE METRO

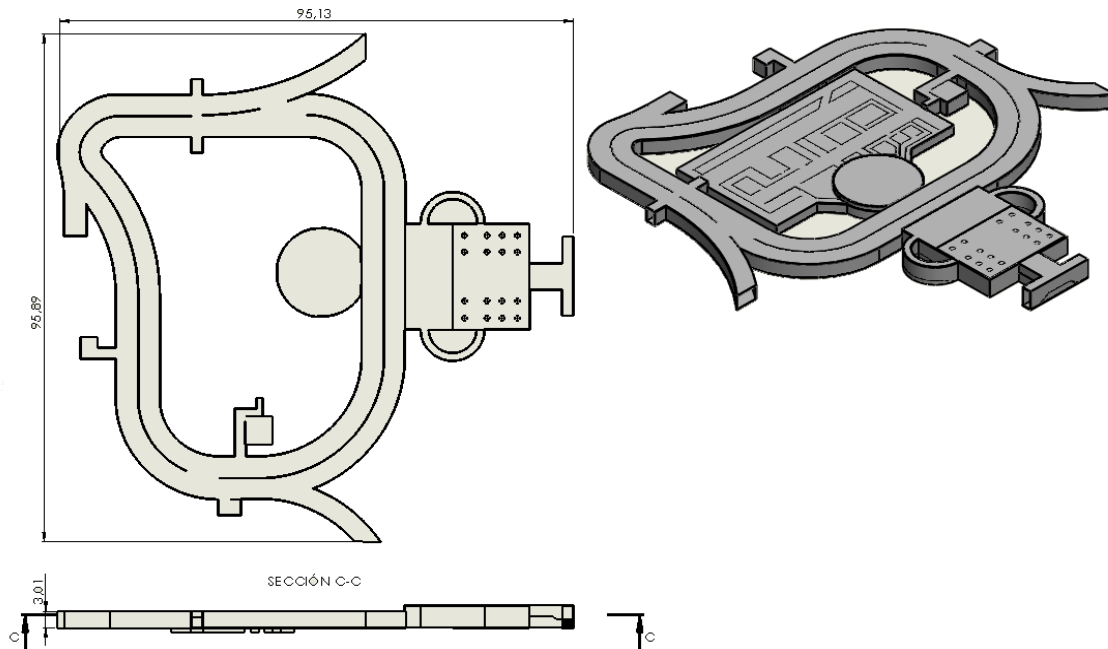


Figura 20. Estación 2 en superficie. Elaboración propia.

A continuación, se va a explicar el contenido de la segunda estación la cual está basada en un metro de ciudad, sus vías y andenes, así como la salida de las vías a la superficie. Se trata de un circuito de forma ovalada con un tramo interior concéntrico a uno exterior. En el interior del anillo interior se encuentra la tercera estación, detallada más adelante. La infraestructura está orientada a un combate subterráneo con más espacio con un tipo de pasillo ancho, permitiendo una movilidad no restringida en la cual permite el movimiento en columna e incluso el paso de vehículos tal y como dice el manual. También se puede utilizar esta instalación de forma similar a cualquier mina o en particular la que utilizan en Almería para su instrucción en combate subterráneo ya que las dimensiones lo permiten.

Las dimensiones no son realistas para un metro ya que supondría un gran gasto económico por lo que, buscando el adiestramiento de las unidades en ambientes de movilidad no restringida y el uso de vehículos se han establecido unas medidas acordes a vehículos ligeros o blindados de infantería e ingenieros que se utilizan. Según las medidas de ancho y altura que son las que condicionan el diseño de la estación, se encuentran los siguientes vehículos con sus datos:

- URO Vamtac (URO, 2021) ancho hasta 2,8m y altura 1,9m
- Vehículo ligero Nissan (Ministerio de Defensa, 2012) ancho 1,734m y altura 1,985m
- Vehículo Santana Anibal (Ministerio de Defensa, 2012) ancho 1,84m y altura 2m
- Vehículo blindado porta personal 6X6 (BMR) (Ministerio de Defensa, 2012) ancho 2,5m y altura 2m

Según estas medidas y para permitir la apertura de las puertas laterales, tener la ametralladora montada en la parte superior y facilitar el movimiento fluido del vehículo dentro de las instalaciones se ha establecido un ancho de cuatro metros y con una altura de tres metros.



Para la entrada de vehículos la instalación posee 2 entradas desde la superficie simulando la salida de las vías de un túnel. También existen 2 puertas de 4 metros y otra de 2 metros que comunican ambos anillos. Respecto a entradas para personal hay 4 entradas a la 3ª estación y 2 entradas más a la 1ª estación mediante alcantarillas, además, una entrada para personal simulando la boca de un metro mediante escaleras con espacios abiertos y con obstáculos en forma de columnas basado en la estación de metro de Komsomólskaya, Moscú (CALLONE, 2017).

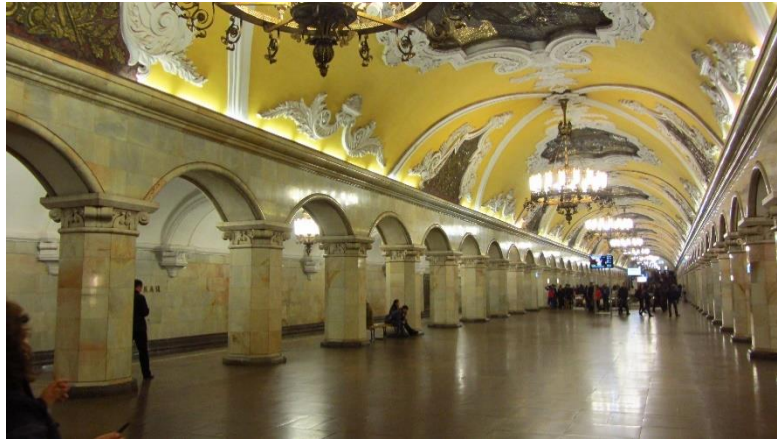


Figura 21. Estación de metro Komsomólskaya. (CALLONE, 2017).

Para finalizar, una zona simulada de giro de vagones que permite el estacionar los vehículos o maniobrar para dar la vuelta. Dentro de este habitáculo circular hay un orificio en la parte superior de la misma forma que da al exterior, con el fin de ventilar el espacio y que escapen los gases de los vehículos. Ya que al tener mayor temperatura los gases se elevan. Y por último, se encuentran varias habitaciones simulando zonas de mantenimiento de las vías.

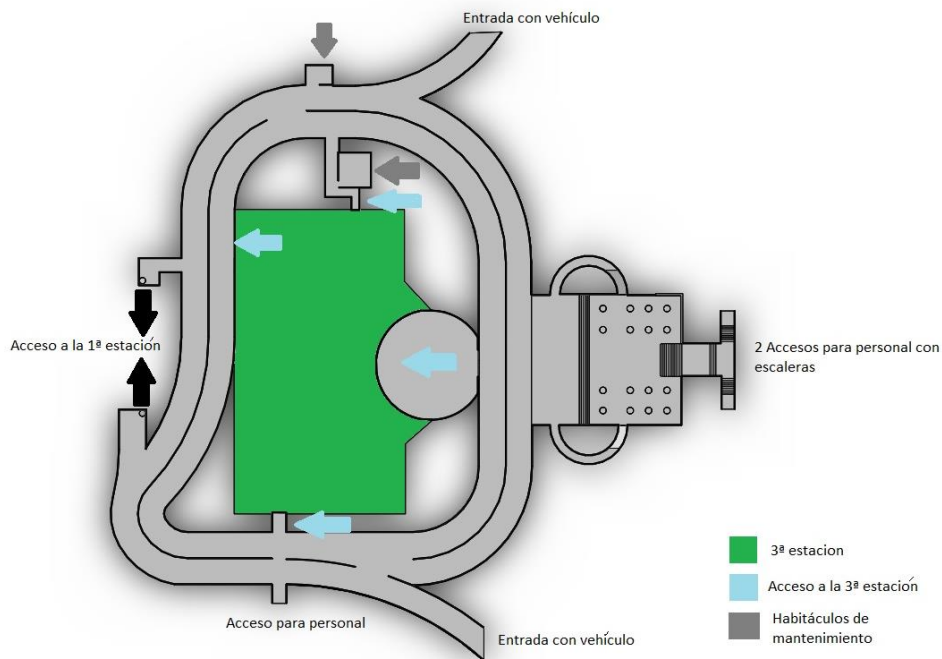


Figura 22. Entradas y salidas de la 2ª estación. Elaboración propia.

4.3 ESTACIÓN 3. ALCANTARILLAS.

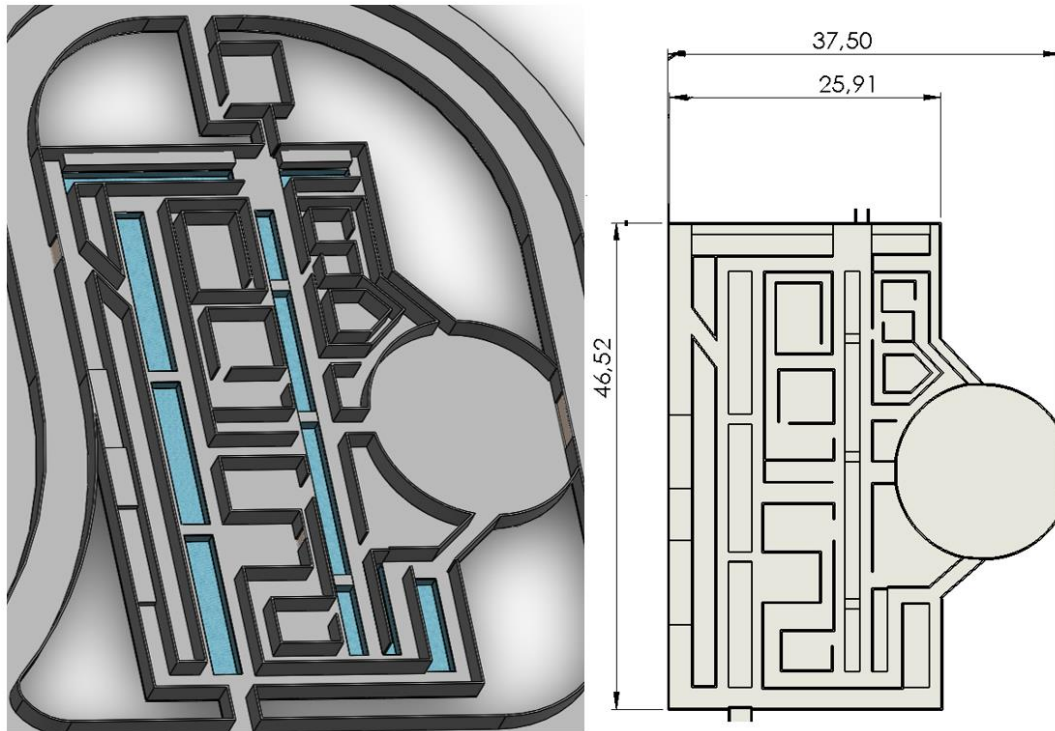


Figura 23. Estación 3 en superficie. Elaboración propia.

La última estación está basada en distintos tipos de alcantarillas propias de la ciudad de Madrid (Rodríguez, 2019) (Vinresa Poceros, 2018) (Retema, 2016). Es la zona más complicada debido a la multitud de habitaciones y de conexiones entre ellas, además, las dimensiones determinan que los pasillos son estrechos o muy estrechos, ya que varían en toda la zona, dificultando la previsión y la facilidad de movimiento. Para añadir un grado más de dificultad se han colocado obstáculos que obligan a ir agachado o gateando. El diseño está pensado para la movilidad en 3 alturas, teniendo zonas más profundas y otras en altura debiendo establecer una vigilancia en los 3 niveles para una instrucción más completa. Estas zonas más profundas deberían de estar llenas de agua, pero como medida de seguridad esto se va a omitir ya que el riesgo que implica es elevado respecto a la instrucción escasa que supone el haber o no agua.

Esta instalación se encuentra dentro de los anillos de la estación de metro, con el objetivo de necesitar la menor cantidad posible de espacio necesario. Además, desde cualquier estación se puede llegar a las demás sin necesidad de salir a la superficie.

La altura de esta estación es de dos metros para permitir el movimiento del personal sin dificultad. Respecto al ancho varía desde 0,91m como la estación 1 a pasillos de 1,5m para permitir distintos tipos de despliegues. Los habitáculos tienen distintas dimensiones, entradas y anchura de las puertas con el fin de instruirse en todo tipo de situaciones diferentes. Tiene enlace mediante 6 puertas con la estación número dos. Esta instalación está enfocada en un combate urbano en ciudades modernas con una gran red de alcantarillado, lo que permite moverse por toda la urbe sin ser localizados.

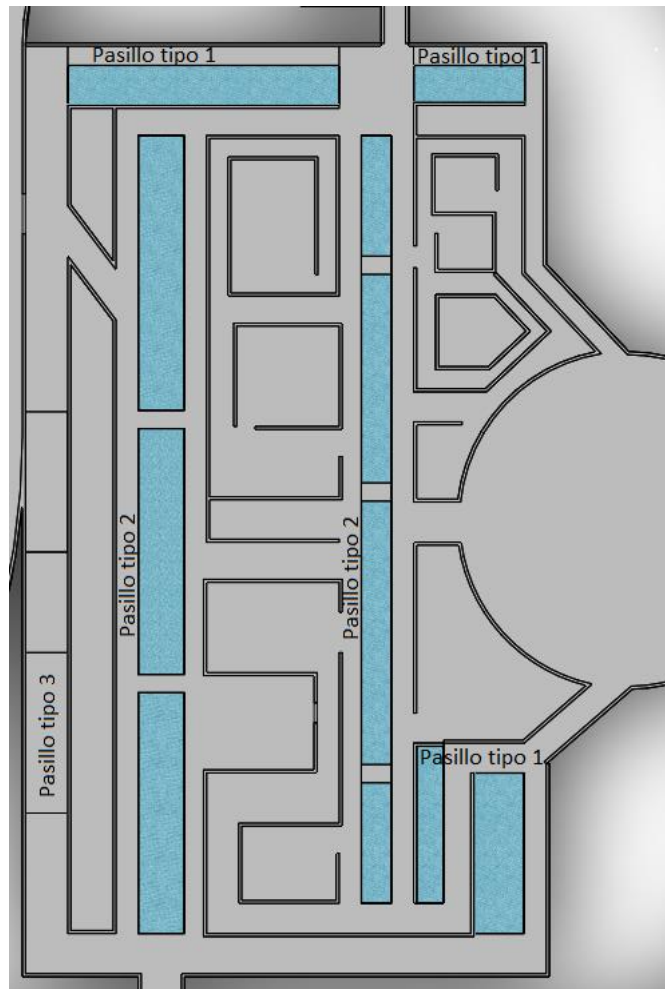


Figura 24. Estación 3, tipo de pasillos. Elaboración propia.

La gran diferencia con el resto de las estaciones es el tipo de pasillos ya que tienen distintos obstáculos o dificultades que no se encuentran en las otras y que son similares a las encontradas en las alcantarillas de Madrid.

Pasillo tipo 1

Este pasillo está diseñado para dificultar el movimiento al tener una pequeña zona para andar, siendo la otra utilizada para evacuar el agua de las alcantarillas. El diseño de la zona profunda se ha dimensionado con un metro de altura lo que permite bajar o subir al soldado con el fin de tener cobertura. también se puede utilizar para vigilar la posible existencia de enemigos o IED colocados en esas ubicaciones.

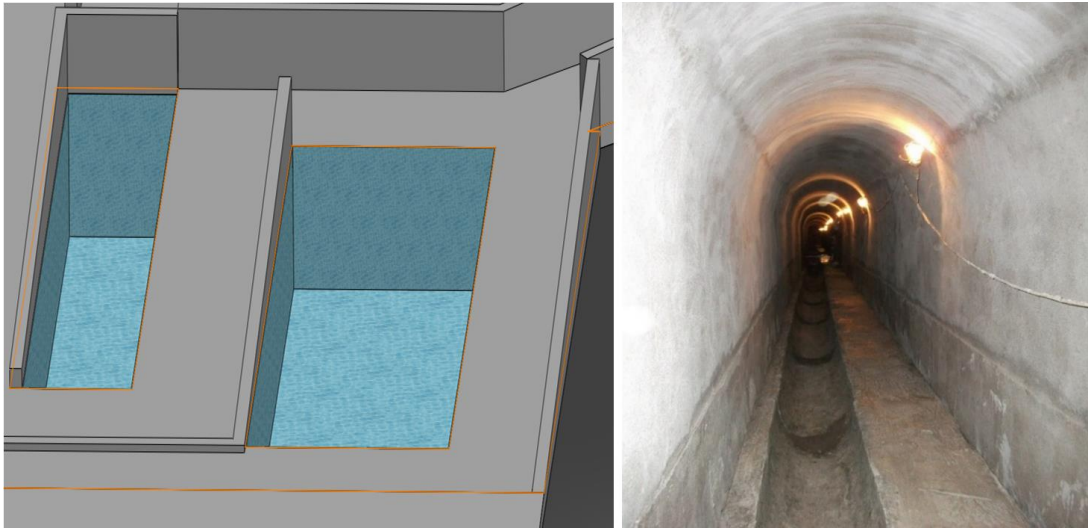


Figura 25. Comparación entre el pasillo 1 real (Imes Api, s.f.) y simulado. Elaboración propia.

Pasillo 2

La siguiente zona está definida por dos pasillos laterales con un foso entre ellos lo que impide el cruce entre ellos salvo en las pasarelas. Con esto se busca que los soldados tengan que ir separados o juntos en un único pasillo estrecho, pero con observación del otro extremo y de sus entradas y puertas. La instrucción requerida en este tipo de pasillo es elevada por la gran cantidad de salidas y habitáculos con la posibilidad de colocación de trampas. Además, la imposibilidad de cubrirse en ningún sitio y la dificultad de retirarse de forma rápida ante un ataque sorpresa hace que esta zona sea una de las más complejas.



Figura 26. Comparación entre el pasillo 2 real (Vinresa Poceros, 2018) y simulado. Elaboración propia.

Pasillo 3

El último tipo de pasillo está diseñado como un obstáculo, el cual dificulta el movimiento por la disminución de altura. Esto se ha conseguido mediante escalones de distinto grosor para obligar al personal a moverse inclinado o agachado y en la parte más baja incluso gateando. La altura de esta estación es de 2m, pero cada escalón tiene una altura de 0,5m lo que da como



resultado que en el primer escalón solo hay 1,5m de altura, en el segundo tan solo 1m y finalmente en el último otra vez 1,5m. El objetivo de este pasillo es instruir a la unidad en ambientes con obstáculos y con movilidad reducida, teniendo que enfrentarse a la dificultad de manejar el equipo individual y el material adicional.

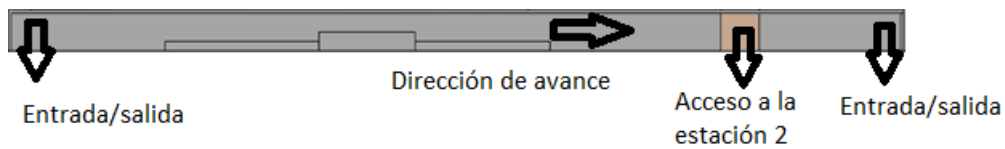


Figura 27. Pasillo tipo 3. Elaboración propia.



Figura 28. Alcantarilla de la red de saneamiento de Madrid. (Rodríguez, 2019) (Retema, 2016)

Como resumen de esta infraestructura a continuación se van a especificar las dimensiones generales, así como el movimiento de tierras necesario para llevar a cabo dicha instalación.

Estación 1

En superficie	Altura 2,42m	Lado 17,01m	Lado 11,35m	Área 134,3m ²
En subterráneo	Altura 2,42m	Lado 34,19m	Lado 19,04m	Área 240,56m ²

Total	Altura 6,49m	Altura parte enterrada (con las conexiones) 4,22m		
	Área 374,86m ²	Volumen de movimiento de tierras 1015,16m ³		

Estación 2

Altura (entrada tipo estación para personal) 4,3m	Altura (andenes) 3,3m
Lado 96,13	Lado 95,89
	Área 2812,99m ²



Estación 3

Altura 2,3m Lado 37,50m Lado 46,52m Área 1184,99m²

Parte enterrada

Área 214,74m² Volumen de movimiento de tierras 214,74m³

Total infraestructura

Altura máxima 4m Lado 111,08m Lado 96,09m

Área 4372,84m² Volumen de movimiento de tierras 1229,9m³



4.4 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Cualquier infraestructura debe contar con unas medidas de prevención de riesgos, al ser subterráneo estas medidas se amplían y son más restrictivas por lo que conocer y asegurarse de que se cumplen es básico para cumplir la ley y evitar accidentes.

Para desarrollar este apartado se van a emplear las siguientes normas europeas establecidas y la ley de prevención de riesgos laborales. (Basterretxea, s.f.)

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo

NTP 223: Trabajos en recintos confinados

NTP 607 Guías de calidad de aire interior: Contaminantes químicos

NTP 774 Sistemas anticaídas. Componentes y elementos.

C006. Identificación y prevención del riesgo en espacios confinados. Cuestionarios. INSHT

Se establece que se deberá realizar un estudio para determinar qué tipo de categoría de espacio confinado es para tomar las medidas correspondientes sobre ventilación y señalización con el fin establecer unos parámetros mínimos para la utilización de la instalación. Si la ventilación fuera insuficiente se deberá aplicar medidas para mejorar la ventilación o ventilación forzada mediante bombas o sistemas de ventilación.

“Un recinto confinado es cualquier espacio con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos o inflamables, o tener una atmósfera deficiente en oxígeno, y que no está concebido para una ocupación continuada por parte del trabajador”.

Fuente (R.D. 39/1997 RSP Art, 22bis. Punto 1 apartado b4 - NTP 223: Trabajos en recintos confinados, INSHT).

Las obligaciones del empresario según aparecen en el CAPÍTULO II del BOE (BOE, 1995) (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997), serán responsabilidad del CENAD ya que será el encargado de las instalaciones y de asesorar a las unidades que vayan a instruirse. Por lo que es necesario que una persona designada este siempre presente ante cualquier ejercicio en la instalación a modo de prevención. Así mismo, muchas de las obligaciones o responsabilidades que aparecen en la normativa recaerán sobre el personal a cargo de la práctica y del encargado de la instalación, que más adelante se tratan.

Se han recopilado una serie de artículos y normas que influyen en esta instalación y que se encuentran en el anexo 3. Según las consideraciones de la normativa seleccionada junto con las fuentes: RD 486/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. - Espacios confinados Anexo I-A, Art. 2 Pto.3 y (sociales, s.f.), se han identificado una serie de riesgos para con la infraestructura que se ha diseñado.

Tipo de riesgos:

Caídas al mismo nivel

Caídas a distinto nivel

Agresión de animales

Contacto con material eléctrico

Proyecciones y derrumbes

Falta de oxígeno



Choques y golpes contra objetos Incendio o explosión Intoxicación
 Confinamiento Contacto con agentes contaminantes Riesgos posturales
 Atropellos por vehículos Riesgos térmicos (humedad, calor)
 Riesgos debidos a las condiciones meteorológicas

El factor más importante a tener en cuenta es la falta de oxígeno y la calidad del aire ya que supondría un grave peligro para la vida del personal en su interior. Para evitar esto hay que realizar mediciones de la cantidad de oxígeno y la calidad de la atmosfera que más adelante se detalla el responsable de esto. También se colocarán las señales de espacio confinado en todas las entradas y salidas de la instalación, tal y como marca la ley.

Control de Oxígeno (Volumen en %)	EFECTOS Y SINTOMAS
21 %	NIVEL NORMAL DE OXÍGENO.
20,5 %	NIVEL MÍNIMO PARA ENTRAR SIN EQUIPOS CON SUMINISTRO DE AIRE.
19,5 %	NIVEL DE ALARMA PARA EL CUAL ESTÁN CALIBRADOS LA MAYORÍA DE EQUIPOS DE DETECCIÓN DE DEFICIENCIA DE OXÍGENO
19 %	CON EJERCICIO MODERADO, ELEVACIÓN DEL VOLUMEN RESPIRATORIO
18%	ACELERACIÓN RITMO RESPIRATORIO. PROBLEMAS DE COORDINACIÓN MUSCULAR
17%	DIFICULTAD RESPIRATORIA, SÍNTOMAS DE MALESTAR, RIESGO DE PÉRDIDA DE CONOCIMIENTO SIN SIGNO PRECURSOR
14 - 16%	AUMENTO DEL RITMO RESPIRATORIO Y CARDÍACO. PUEDE PERJUDICAR LA COORDINACIÓN MUSCULAR. FATIGA RÁPIDA. LIMITACIÓN DE LAS CAPACIDADES FÍSICAS Y PSÍQUICAS. RESPIRACIÓN INTERMITENTE
11 - 13%	PELIGRO INMINENTE PARA LA VIDA. RÁPIDA PÉRDIDA DE CONOCIMIENTO Y MUERTE SENSACIÓN DE CALOR EN CARA Y MIEMBROS
10 - 11 %	MAYOR AUMENTO DEL RITMO RESPIRATORIO, RAZONAMIENTO POBRE Y LABIOS AZULES
6 - 10 %	FALLO MENTAL, MAREOS, PÉRDIDA DE LA CONSCIENCIA SIN SIGNO PRECURSOR PALIDEZ, LABIOS AZULADOS, NAUSEAS Y VÓMITOS. EN 8 MINUTOS MUERTE DEL 100% DE LOS CASOS. EN 6 MINUTOS MUERTE DEL 50% DE LOS CASOS. EN 4-5 MINUTOS POSIBLE RECUPERACIÓN CON TRATAMIENTO
4 - 6%	COMA EN 40 SEGUNDOS, CONVULSIONES, PARADA RESPIRATORIA Y MUERTE.
0 %	INCONSCIENCIA EN 2 INHALACIONES. MUERTE RÁPIDA

Figura 29. Tabla de efectos de la falta de oxígeno dependiendo del porcentaje de este. (sociales, 2001)



Figura 30. Señal de espacios confinados. (SS Covadonga, 2018)



Una vez analizado los riesgos y junto a las medidas más frecuentes ante estas situaciones se va a extrapolar a la forma de trabajar del ejército.

Medidas generales de protección en espacios confinados (Llorente, s.f.)

- Designar una persona que desempeñe las funciones del recurso preventivo, de vigilancia y comprobación de la eficacia de las medidas preventivas.

Personal destinado en el CENAD deberá recibir una formación sobre las medidas preventivas en este tipo de ambientes subterráneo y ser capaz de impartirlas.

- Dar formación teórica y práctica a los trabajadores sobre los riesgos, medidas de protección y procedimientos adecuados de trabajo.

Siempre previo al ejercicio se realizará una charla sobre seguridad y riesgos del uso de la instalación por parte del personal del CENAD

- Realizar las mediciones en el siguiente orden y mantener de forma continua:

Se medirá antes de empezar la practica el nivel de oxígeno, índice de explosividad y nivel de toxicidad, en ese orden. Las realizara el personal de CENAD, centrándose en las zonas de menor ventilación como es la zona subterránea. Además deberá realizar mediciones de forma continua.

- En el supuesto de que no resulte posible garantizar la seguridad del personal, la practica deberá de finalizarse de inmediato.

El personal del CENAD, el jefe del ejercicio o jefe orgánico podrán finalizar la práctica de manera inmediata si cualquiera de ellos considera la existencia de peligro para el personal.

- Se evitará mantener durante largos periodos los motores de los vehículos en funcionamiento y que liberen contaminantes. En caso de crearse una atmosfera peligrosa se incorporará un sistema de extracción de contaminantes.

El jefe orgánico deberá instruir y comprobar que esta medida se lleva a cabo. Si el nivel de contaminantes pudiera ser alto, se deberá avisar a personal del CENAD para realizar mediciones de la calidad de la atmosfera y decidir si es necesario finalizar el ejercicio.

- Mantener personal de vigilancia en el exterior

En este caso el personal que se mantendrá en el exterior será el encargado de la práctica y/o unidad. En el caso de intervenir en el ejercicio el responsable será aquella persona designada por el CENAD para la supervisión de ejercicio.

- El personal del interior deberá estar en continua comunicación con el exterior

Siempre deberá haber enlace mediante radio, teléfono satélite o walkie-talkie para reportar la situación de forma frecuente.

- Establecer un procedimiento que especifique claramente las situaciones en que se procederá a evacuar a los trabajadores

El responsable del CENAD que acompañe a la unidad deberá aclarar las situaciones de emergencia o peligro en las que se deberá finalizar el ejercicio y evacuar a la unidad que se encuentra en el interior.



- Colocar la señalización correspondiente a los riesgos detectados
El CENAD deberá de señalizar y supervisar que se mantienen en buen estado
- Hacer una vigilancia de la salud de los soldados.
El jefe orgánico de la unidad deberá estar revisar el estado de salud tanto física como mental de sus subordinados que se encuentran en el interior y ser capaz de valorar la necesidad de parar el ejercicio o evacuar al personal afectado.
- Se colocarán barandillas en aquellos espacios donde exista riesgo de caída a distinto nivel
El CENAD deberá cerciorarse de las medidas de seguridad dentro de la instalación y del mantenimiento de esta.
- Se colocarán tapas en todas las entradas y salidas tipo alcantarilla para evitar caídas
El CENAD deberá cerciorarse de las medidas de seguridad dentro de la instalación y del mantenimiento de esta.

4.5 FUTUROS TRABAJOS

Se van a determinar una serie de trabajos que serían necesarios e imprescindibles para la construcción de la instalación pero que este trabajo no abarca. A su vez a modo de resumen e incluyendo los riesgos inherentes a los siguientes trabajos a realizar se ha confeccionado una tabla de análisis de riesgos que aparece en el anexo 4.

Sería necesario realizar los cálculos estructurales para determinar el tipo de hormigón, el espesor y armado de este para soportar todos los esfuerzos. Determinadas empresas de prefabricados realizan estos cálculos y ofrecen las medidas estandarizadas que mejor se adecuan a la infraestructura. Sino habría que realizar los cálculos y buscar una empresa con los criterios calculados.

La creación del pliego de prescripciones tampoco se desarrolla en este trabajo por lo que el presupuesto se desconoce. Se deberá realizar una previsión orientativa de la cantidad de muros prefabricados necesarios así como el precio unitario de estos.

Otro aspecto a tener en cuenta es el diseño de desagües para las lluvias, ya que no son objeto de estudio de este trabajo, se deberá realizar un estudio para determinar la solución a los problemas que se puedan efectuar como son inundaciones o aguas estancadas. Algunas posibles soluciones podrían ser tales como construir la instalación con pendiente positiva, recubrir el hormigón con un material impermeable, la colocación de puertas en las entradas y salidas para evitar la entrada de agua, la colocación de sumideros repartidos en las distintas instalaciones o incluso una bomba de agua para achicarla en caso de inundación.

La red eléctrica, que tampoco se estudiara en este trabajo, se colocará de manera que dependiendo del recorrido y de las necesidades de la unidad que vaya a efectuar el adiestramiento pueda modificar la intensidad de la iluminación entre visibilidad completa, iluminación tenue y completa oscuridad. A su vez se dispondrán de luces de emergencia en caso de que se necesite una evacuación urgente. Este suministro eléctrico puede efectuarse mediante una conexión a la red eléctrica del Cenad u otras instalaciones ya dotadas para ellos o la



instalación de un contenedor con un generador de kVA (kilovoltio amperio) (grupos electrógenos) que se encuentran en el REI 11, para los que se deberá realizar un mantenimiento adecuado.

Respecto a la prevención de riesgos se establece que se deberá realizar un estudio para determinar qué tipo de categoría de espacio confinado según su capacidad de ventilación y calidad de la atmosfera, para tomar las medidas correspondientes sobre los riesgos existentes y señalización. Para aumentar la seguridad y poder tomar mediciones de forma continua en toda la estación puede establecerse sensores de oxígeno permanentes en las zonas con menor ventilación con el objetivo de identificar cuando una zona es peligrosa.



5 CONCLUSIONES

Después de estudiar las necesidades y requisitos que debe tener una instalación para combate subterráneo se ha confeccionado la tabla número 1. Con estos valores determinamos unas capacidades mínimas para la instrucción en todos los cometidos que una UCAS tendría que acometer. Sin embargo este trabajo ha profundizado más y en el diseño preliminar se han establecido recorridos que permiten la entrada de vehículos, obstáculos y ambientes típicos de ciudades modernas.

Para cumplir con los objetivos establecidos se ha analizado las necesidades en el adiestramiento de las unidades, es decir, que necesita una UCAS para llegar a los niveles de instrucción solicitados. Esto se ha realizado principalmente con el manual de combate subterráneo (MADOC, 2019), sobre todo en los apartados de capacidades necesarias y en los parámetros fundamentales. Para determinar que ambientes seleccionar para el diseño se ha comparado entre varias instalaciones subterráneas. Finalmente, debido a las características y a las dimensiones de estas instalaciones se han englobado en tres, por ejemplo la forma de desplegar una unidad en un garaje es similar a una mina o a unas vías del metro ya que el despliegue va en función del tamaño del habitáculo y sus dimensiones. Por lo tanto se han seleccionado las estaciones de túneles, estación de metro y alcantarillas.

También se han comparado las infraestructuras ya realizadas en territorio nacional e internacional. En estas se ha analizado las ventajas de ser modulables y hasta qué punto, los materiales con los que están contruidos, hormigón, madera, prefabricados y si realizarlos en superficie o enterrados. A su vez se ha investigado sobre la capacidad del ejército de tierra para llevar a cabo esta infraestructura.

Después de recopilar toda la información se ha sintetizado en la tabla de requisitos fundamentales de una instalación subterránea para cumplir todas las necesidades de una unidad. Para acabar realizando un diseño acorde a estas y maximizar la instrucción de las unidades que es el objetivo de dichas instalaciones.



6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AliceD, s.f. *Respuestas aqui, dimensiones medias de la espalda humana*. [En línea] Available at: <https://respuestas.me/q/dimensiones-medias-de-la-espalda-humana-antropometria-34056942764> [Último acceso: 09 11 2021].

American Structurepoint.inc, 2021. *subterranean-warfare-complex-muscatatuck-urban-training-center*. [En línea] Available at: <https://www.structurepoint.com/architecture-and-interiors/project/subterranean-warfare-complex-muscatatuck-urban-training-center> [Último acceso: 05 11 2021].

Atterbury-Muscatatuck, 2021. *Muscatatuck Urban Training Center*. [En línea] Available at: <https://www.atterburymuscatatuck.in.ng.mil/Muscatatuck/About-Muscatatuck-Urban-Training-Center/> [Último acceso: 23 10 2021].

Basterretxea, I. A., s.f. *TRABAJOS EN RECINTOS CONFINADOS*. [En línea] Available at: <https://prevencion.umh.es/files/2016/01/trabajosespaciosconfinados.pdf> [Último acceso: 14 11 2021].

BOE, 1995. *Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales..* [En línea] Available at: http://uprl.unizar.es/sites/uprl.unizar.es/files/archivos/Legislacion/ley_31-1995.pdf [Último acceso: 11 11 2021].

CALLONE, M., 2017. *101 lugares increíbles*. [En línea] Available at: <https://101lugaresincreibles.com/2017/05/una-estacion-de-metro-que-parece-un-palacio-en-moscu-komsomolskaya.html> [Último acceso: 10 11 2021].

Chippirrás, R. M., 2019. *colegio de criminologos de madrid*. [En línea] Available at: <https://colegiocriminologosmadrid.es/daesh-pasado-presente-y-futuro-como-nos-sigue-amenazando/> [Último acceso: 06 11 2021].

Claudio, 2014. *Historia y Biografías*. [En línea] Available at: <https://historiaybiografias.com/maginet/> [Último acceso: 26 10 2021].

Daou, M., 2021. *France 24*. [En línea] Available at: france24.com/es/medio-oriente/20210520-gaza-tuneles-subterranos-israel-conflicto [Último acceso: 15 09 2021].

Imes Api, s.f. *MAITENANCE OF SEWERAGE-MADRID*. [En línea] Available at: <https://imesapi.es/en/mantenimiento-alcantarillado-madrid/> [Último acceso: 26 10 2021].



Instalaza, 2021. CS-90. [En línea]
Available at: <https://instalaza.com/producto/c90-cs/>
[Último acceso: 09 11 2021].

Lagua, J., s.f. *Scribd* C-90. [En línea]
Available at: <https://es.scribd.com/document/389321064/c-90>
[Último acceso: 09 11 2021].

lectura spec, 2021. *JCB JS200W. Ficha tecnica & Especificaciones (2015-2021)*. [En línea]
Available at: <https://www.lectura-specs.es/es/modelo/maquinaria-para-la-construccion-y-obras-publicas/excavadoras-hidraulicas-de-ruedas-jcb/js200w-1160758>
[Último acceso: 07 11 2021].

legión, T. d. I., 2016. *Proyecto para zonas urbanizadas*, Almería: s.n.

Llorente, T. B., s.f. *IDENTIFICACIÓN Y PREVENCIÓN DEL RIESGO EN ESPACIOS CONFINADOS*. [En línea]
Available at: <https://www.insst.es/documents/94886/591747/CUEST+C006+Identificaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+del+riesgo+en+espacios+confinados.pdf/951dbd35-1a62-4c81-a677-dd1775bbed28?t=1583253267511>
[Último acceso: 11 11 2021].

MADOC, 2014. *Lecciones identificadas combate en tuneles, operacion "Margen Protector"*, Sevilla: DIDOM.

MADOC, 2015. *Combate Subterráneo (cuevas y tuneles): Doctrina, preparacion y tecnologias..* 1 ed. Sevilla: DIDOM.

MADOC, 2015. *INFORME RESPUESTA A LA PETICIÓN DE INFORMACIÓN 15/47 "Busqueda y combate en tuneles"*, Paris: Ministerio de Defensa.

MADOC, 2019. *Combate subterráneo*. 02/07/2019 ed. Granada: Centro Geografico del Ejercito.

Mazarrasa, J., 2020. *Revista Defensa* Nº 56. [En línea]
Available at: <https://www.defensa.com/ayer-noticia/los-morteros-esperanza>
[Último acceso: 20 11 21].

Ministerio de Defensa, 2005. OR5-409. En: MADOC, ed. *Organizacion del terreno para el combate de las grandes unidades*. Sevilla: Centro Geográfico del Ejército, pp. 5-47.

Ministerio de Defensa, 2012. *Materiales del Ejército de Tierra*. [En línea]
Available at: <https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/vehiculos/Anibal.html>
[Último acceso: 24 10 2021].

Ministerio de Defensa, 2012. *Materiales Ejército de Tierra BMR*. [En línea]
Available at: https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/Armamento_pesado_veh_combate/BMR.html
[Último acceso: 24 10 2021].



Ministerio de Defensa, 2012. *Materiales Ejercito de Tierra Nissan*. [En línea] Available at:

https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Las_Palmas/raaa94/Organizacion/vehiculos/

[Último acceso: 24 10 2021].

Ministerio de Defensa, 2018. *Especial reportaje 25 años en Bosnia - Herzegovina*. [En línea] Available at: https://ejercito.defensa.gob.es/Galerias/multimedia/boletines/2017/Especial_B-H.pdf

[Último acceso: 27 10 2021].

Ministerio de Defensa, 2020. *LLAA de ING, combate en zonas urbanas, combate subterráneo, ET de Francia.*, Sevilla: MADOC.

Ministerio de Defensa, 2020. *Ministerio de Defensa, misiones*. [En línea] Available at: https://www.defensa.gob.es/misiones/en_exterior/historico/listado/bosnia-herzegovina.html

[Último acceso: 25 10 2021].

Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997. *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.* [En línea]

Available at: http://uprl.unizar.es/sites/uprl.unizar.es/files/archivos/Legislacion/rd_486-1997.pdf

[Último acceso: 11 11 2021].

Retema, 2016. *Canal de Isabel II Gestión actualiza el mapa del alcantarillado de la Comunidad de Madrid*. RETEMA. [En línea]

Available at: <https://www.retema.es/noticia/canal-de-isabel-ii-gestion-actualiza-el-mapa-del-alcantarillado-de-la-comunidad-de-ma-pyqMH>

[Último acceso: 26 10 2021].

Rodríguez, R. G., 2019. *Metodología de construcción de galería visitable en mina en la Red de alcantarillado de Madrid con una mirada a través de la historia*. [En línea]

Available at: <https://www.obrasurbanas.es/alcantarillado-de-madrid-historia/>

[Último acceso: 26 10 2021].

Sara, 2019. *Salta conmigo*. [En línea]

Available at: <https://saltaconmigo.com/blog/2019/06/tuneles-nazi-polonia-der-riese-osowka/>

[Último acceso: 26 10 2021].

Segunda Guerra Mundial, 2009. *Segunda Guerra Mundial, Línea Maginot*. [En línea]

Available at: <https://segundaguerramundial.es/linea-maginot/>

[Último acceso: 23 10 2021].

sociales, M. d. t. y. a., 2001. *NTP 607: Guías de calidad de aire interior: contaminantes químicos*. [En línea]

Available at: https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_607.pdf/0c6960b6-b461-4d21-9757-e4ea03004327

[Último acceso: 06 11 2021].

sociales, M. d. t. y. a., s.f. *Guía de Actuación Inspector en*. [En línea]



Available at:
https://www.mites.gob.es/itss/ITSS/ITSS_Descargas/Atencion_ciudadano/Normativa_documento/Riesgos_laboral/2.1GUIA_Espacios_Confinados.pdf
[Último acceso: 11 11 2021].

SS Covadonga, 2018. *CATÁLOGO GENERAL DE SEÑALES DE SEGURIDAD*. [En línea] Available at:
<https://www.sscovadonga.com/assets/pdf/CATALOGO%20COVADONGA%20SE%C3%91ALES%20DE%20SEGURIDAD%202018%20versionweb.pdf>
[Último acceso: 11 11 2021].

U.S. Marine Corps, 1998. *Military Operations on Urbanized Terrain*. 20380-0001 ed. Washington, DC: DEPARTMENT OF THE NAVY.

URO, 2021. *URO VAMTAC*. [En línea] Available at:
<https://www.urovesa.com/es/vamtac>
[Último acceso: 24 10 2021].

Vinresa Poceros, 2018. *Vinresa Poceros. La importancia de una correcta limpieza de la red de alcantarillado*. [En línea] Available at:
<https://vinresa.com/la-importancia-una-correcta-limpieza-la-red-alcantarillado/>
[Último acceso: 26 10 2021].

Wikipedia, 2021. *Wikipedia*. [En línea] Available at:
https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecto_Riese
[Último acceso: 26 10 2021].



ANEXO 1: Entrevistas

Entrevista personal con el capitán jefe de la oficina técnica del BCAM:

- ¿Cuáles son los principales aspectos a tener en cuenta en una infraestructura subterránea?

La evacuación de aguas, ya que puede inundarse a través de las entradas. También hay que tener en cuenta las filtraciones producidas entre los muros y el techo. Es mucho más sencillo realizarla en superficie y se evitan muchos problemas.

- ¿Modularizable o permanente?

Modularizable es muy útil para variar la instalación y puede realizarse de materiales más ligeros y baratos pero tiene un mayor mantenimiento. Permanente se corre el riesgo de que cada error supone un gran coste para repararlo o modificar la instalación.

- ¿La oficina técnica ha realizado algún proyecto similar a este?

Si, se han realizado grandes proyectos pero para otras aplicaciones diferentes al combate subterráneo, en superficie siempre.

- ¿Con que material los han realizado?

Hormigón prefabricado, ya que es lo más utilizado en estos momentos. Es cómodo, rápido y ofrecen garantías en todos los materiales lo que nos da una mayor seguridad.

- ¿Sería capaz el ejército de realizar esta instalación haciendo el hormigón in situ?

Imposible, el ejército es incapaz de fabricar tantos metros cuadrados de hormigón. Hay que recurrir a prefabricados y el montaje sí que lo realiza el ejército.

- ¿Los presupuestos como se distribuyen?

Se dividen en 3 partidas: materiales, personal y combustibles. De los cuales el gasto de personal siempre es el que produce un mayor gasto.

- ¿Incluye en las partidas de personal el sueldo proporcional de los soldados?

No, el coste de personal es en base a las dietas y desplazamientos que se cobra mediante los IRE.

- ¿Qué programas informáticos utilizan a la hora de realizar proyectos?

CYPE, SolidWorks, SketchUp y para los presupuestos una hoja Excel ya conformado.

- ¿Algún consejo para este tipo de instalaciones?

Tener una constante preocupación por el agua, es el mayor problema que puede aparecer y tiene muy mala solución una vez está montada toda la infraestructura.

Entrevista con la capitán de la 3ª Cía. del BCAM:

- ¿La compañía sería capaz de realizar el montaje de estas instalaciones con prefabricado?

Si, hay suficiente personal para efectuarlo. Además, se dispone de la maquinaria necesaria para el transporte y colocación de estas.



- ¿y maquinaria suficiente para realizar excavaciones?

Por ejemplo la compañía actualmente tiene 2 retroexcavadoras en funcionamiento y varios volquetes con los que excavar y transportar la tierra sobrante.

- ¿Dónde y por cuanto tiempo realizó combate subterráneo?

Fueron unos ejercicios de 1 semana en Almería junto a la legión.

- ¿Qué lecciones aprendidas saco en relación a las instalaciones y que pudieran ser útiles para diseñar una?

Se deben asemejar a las instalaciones que se han utilizado en oriente medio. Sobre todo el entrar en mitad de la nada y tener una salida dentro de una casa. Es como funcionaban los terroristas para infiltrarse en las ciudades y es como debemos instruirnos. Por eso creo que en un diseño debería estar contemplado que acaben en casas o en nuestro caso en habitaciones ambientadas.

- ¿Utilizaban algún material nuevo?

De forma general no, solo se instruía en el desplazamiento y en los despliegues del personal dentro de una cueva. Si que hubo una práctica que pudimos observar el uso de un robot con cámara para poder ver el interior si tener que enfrentarnos a la amenaza.

Entrevista con el teniente de la 1ª Cía. del BCAM:

- ¿Dónde y por cuanto tiempo realizó combate subterráneo?

Durante 2 semanas estuvimos realizando maniobras con secciones de infantería de la legión en combate subterráneo, en las instalaciones enterradas del combate de población y en unas minas abandonadas que ahora se utilizan para instruirse.

- ¿Qué lecciones aprendidas saco en relación a las instalaciones y que pudieran ser útiles para diseñar una?

Hace falta una adaptación al medio de alguna forma pues el cambio de entrar a sitios completamente oscuros y estrechos producía un gran nivel de estrés en los soldados. Esto repercutía en la velocidad de desplazamiento y en los fallos que se producían por ansiedad y nerviosismo. Creo que debería realizarse una zona para adaptarse al entorno subterráneo y realizar tareas sencillas para ganar confianza y a partir de ahí subir la dificultad de estas.

- ¿Utilizaban algún material nuevo?

Se utilizaron robots para ver las instalaciones y poder efectuar croquis y planear la forma de abordar las distintas incidencias. También se profundizó el uso de visión nocturna para los movimientos interiores y en el enlace con el exterior vía cable de comunicaciones.



ANEXO 2: Planos

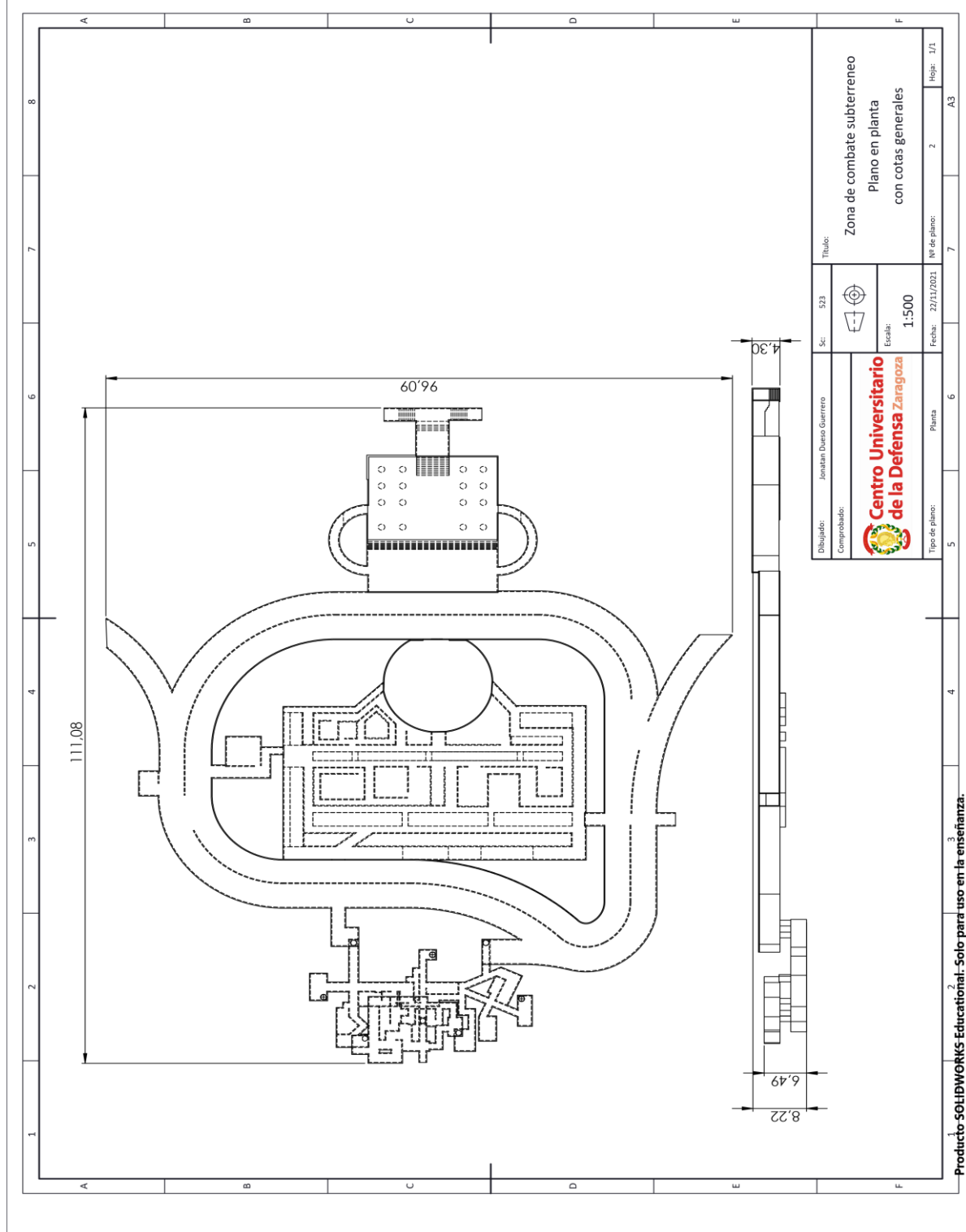
A continuación se remite una serie de planos sobre la estructura con cotas generales. Se van a exponer de planos generales a planos más específicos sobre cada estación y algunos elementos constructivos.

- Plano general
- Plano 1ª estación
- Plano 2ª estación
- Plano 3ª estación
- Plano detalles constructivos



Jonatan Dueso Guerrero

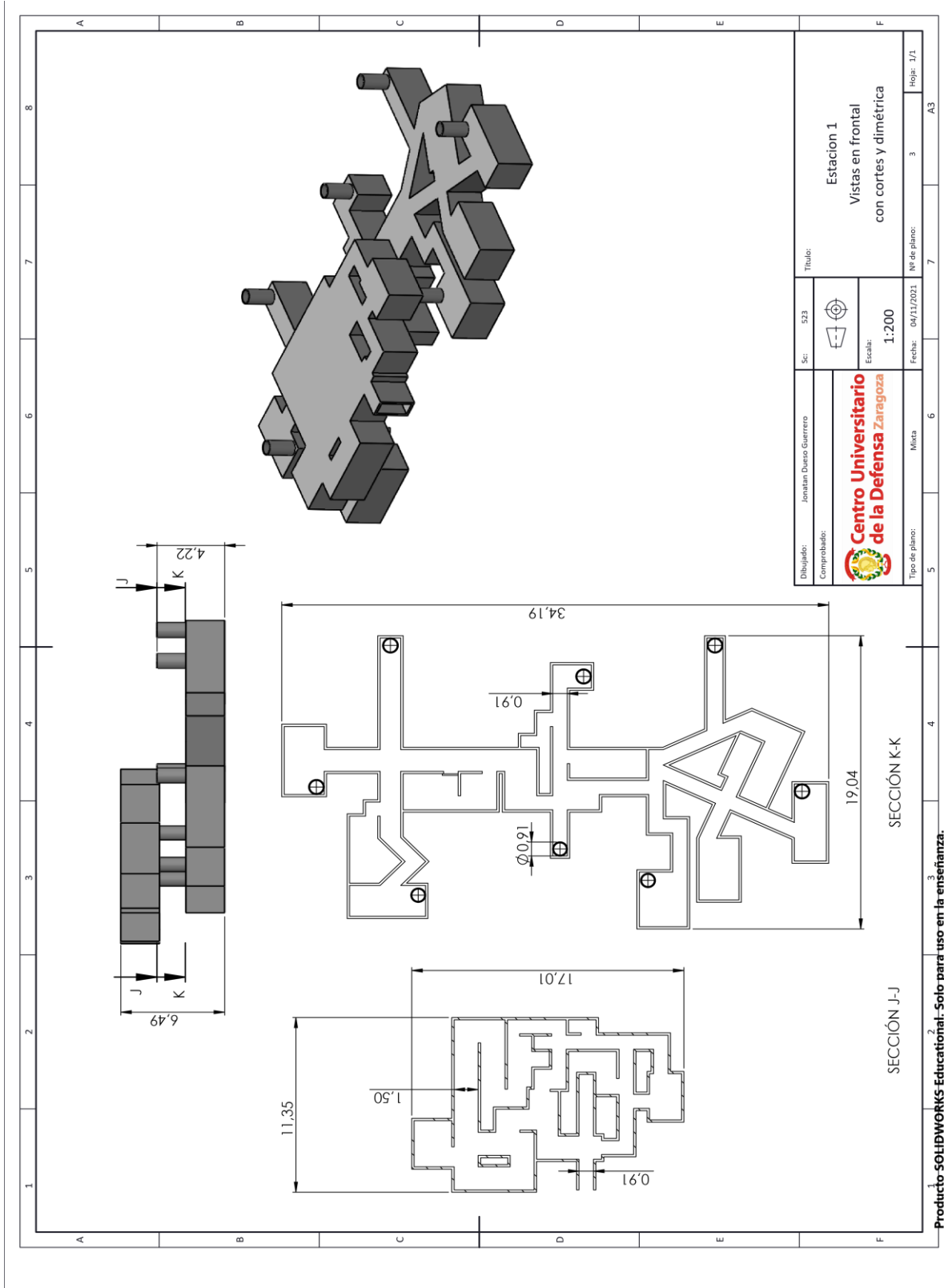
1. Plano general





Jonatan Dueso Guerrero

2. Plano 1ª estación

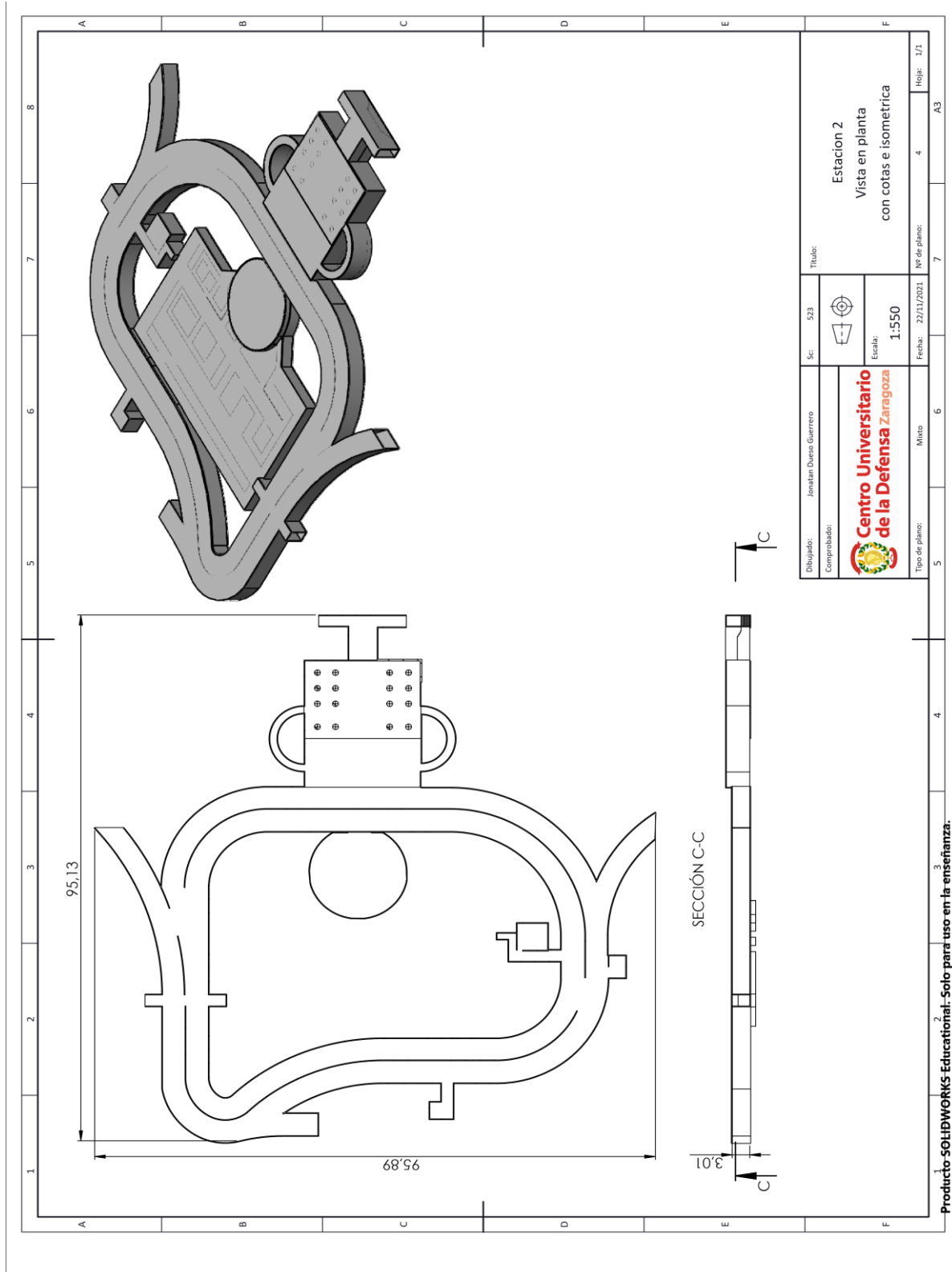


Producto SOLIDWORKS Educativo: Solo para uso en la enseñanza.



Jonatan Dueso Guerrero

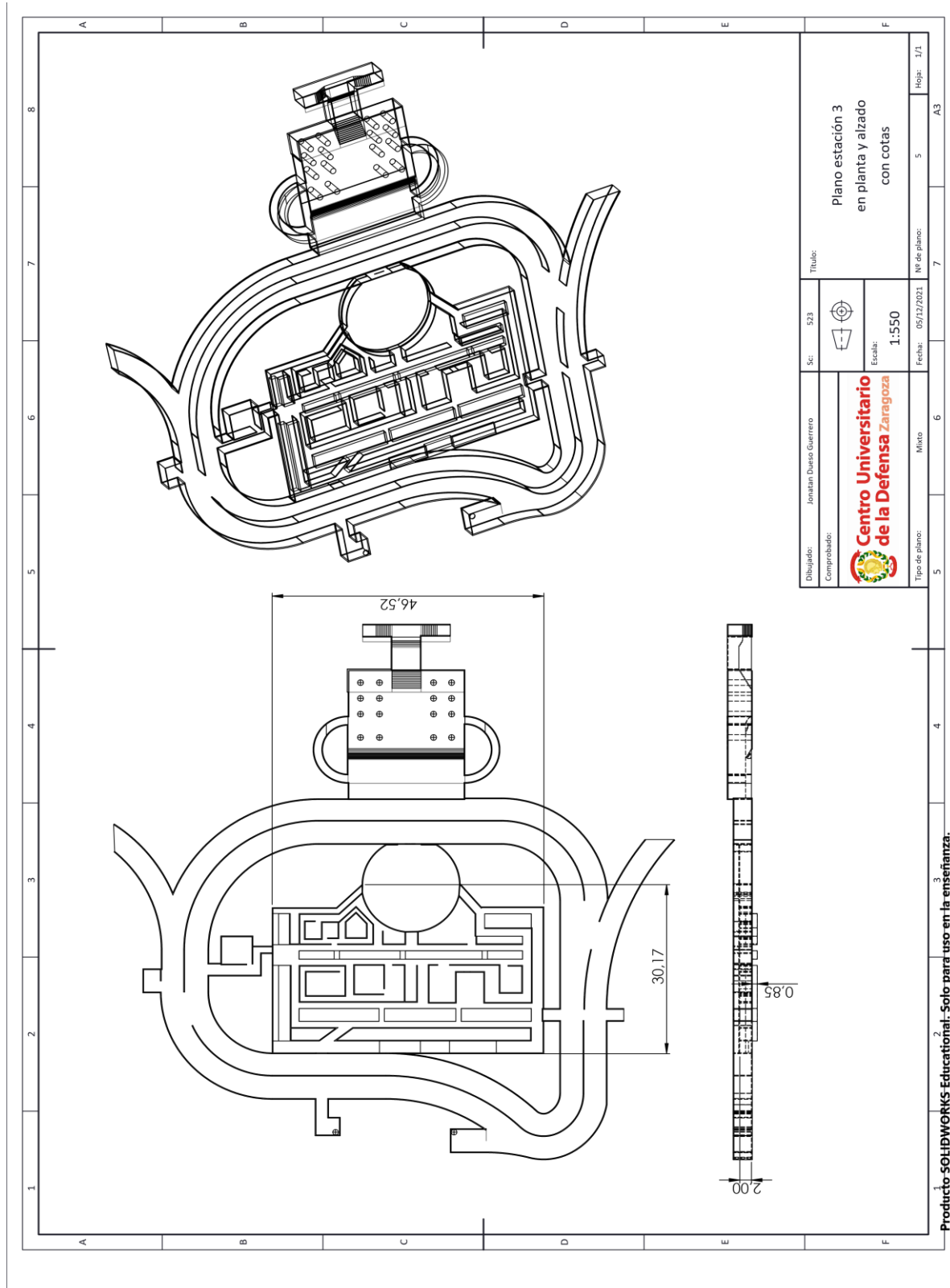
3. Plano 2ª estación





Jonatan Dueso Guerrero

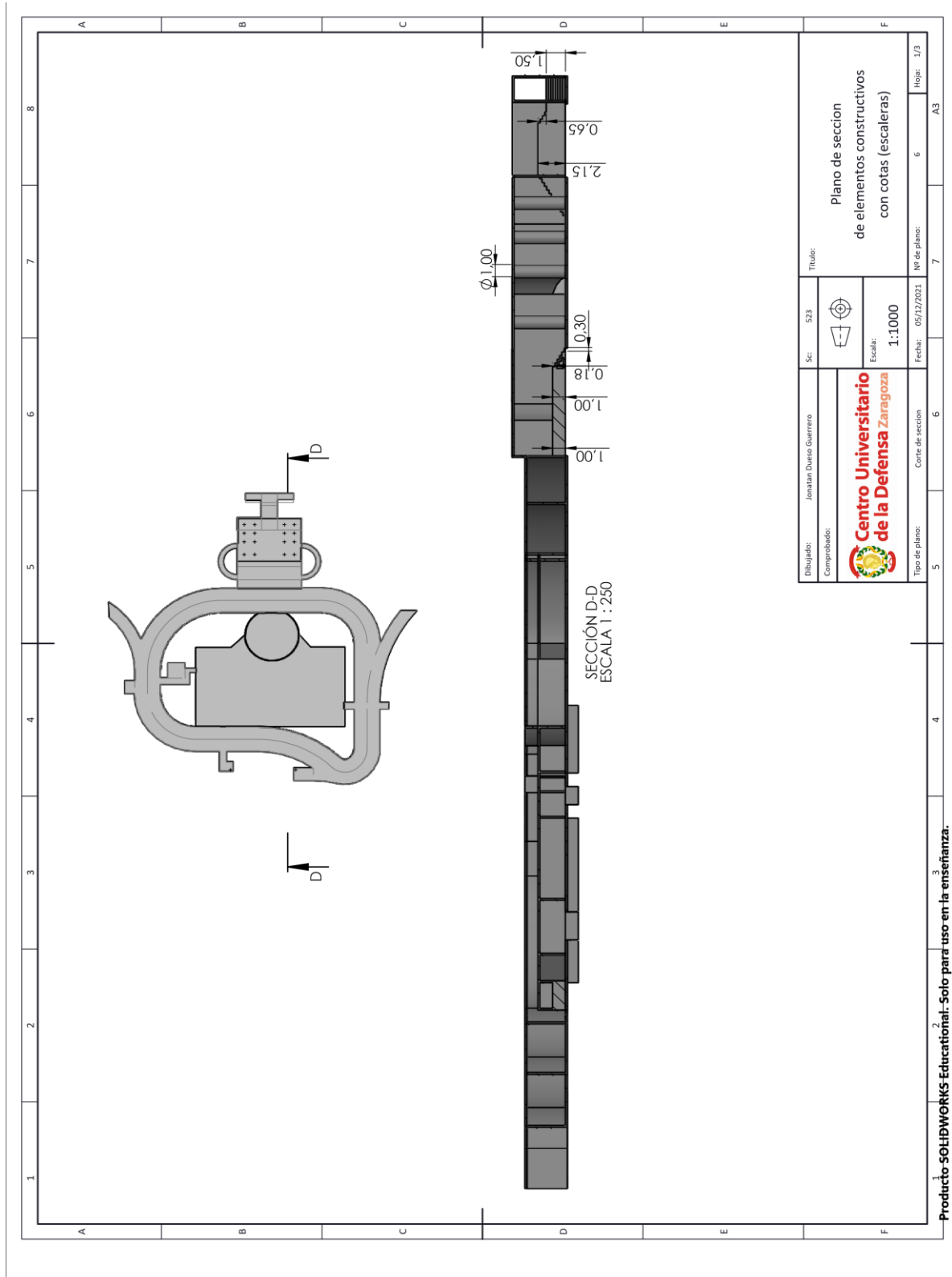
4. Plano 3ª estación





Jonatan Dueso Guerrero

5. Plano detalles constructivos





ANEXO 3: leyes de prevención de riesgos laborales

Se expone a continuación la legislación utilizada sobre los riesgos laborales que influyen en la infraestructura y que se han utilizado en el trabajo. Según el CAPÍTULO II del BOE (BOE, 1995) (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997).

- Artículo 3. Obligación general del empresario. El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores o, si ello no fuera posible, para que tales riesgos se reduzcan al mínimo.
- Artículo 5. Orden, limpieza y mantenimiento. Señalización. El orden, la limpieza y el mantenimiento de los lugares de trabajo deberá ajustarse a lo dispuesto en el anexo II. Igualmente, la señalización de los lugares de trabajo deberá cumplir lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril.
- Artículo 7. Condiciones ambientales.
- La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deberá suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores. A tal fin, dichas condiciones ambientales y, en particular, las condiciones termo higrométricas de los lugares de trabajo deberán ajustarse a lo establecido en el anexo III.
- La exposición a los agentes físicos, químicos y biológicos del ambiente de trabajo se regirá por lo dispuesto en su normativa específica.
- Artículo 10. Material y locales de primeros auxilios. Los lugares de trabajo dispondrán del material y, en su caso, de los locales necesarios para la prestación de primeros auxilios a los trabajadores accidentados, ajustándose a lo establecido en el anexo VI.
- Artículo 11. Información a los trabajadores. De conformidad con el artículo 18 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, el empresario deberá garantizar que los trabajadores y los representantes de los trabajadores reciban una información adecuada sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse en aplicación del presente Real Decreto.

ANEXO I

Vías de circulación.

- 4.º Las escaleras tendrán una anchura mínima de 1 metro, excepto en las de servicio, que será de 55 centímetros.
- 5.º Los peldaños de una escalera tendrán las mismas dimensiones. Se prohíben las escaleras de caracol excepto si son de servicio.
- 6.º Los escalones de las escaleras que no sean de servicio tendrán una huella comprendida entre 23 y 36 centímetros, y una contrahuella entre 13 y 20 centímetros.



- 12. Instalación eléctrica
 - o 1.º La instalación eléctrica de los lugares de trabajo deberá ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica. En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, dicha instalación deberá satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.
 - o 2.º La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión. Los trabajadores deberán estar debidamente protegidos contra los riesgos de accidente causados por contactos directos o indirectos.
 - o 3.º La instalación eléctrica y los dispositivos de protección deberán tener en cuenta la tensión, los factores externos condicionantes y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.



ANEXO 4: análisis de riesgos

Título Proyecto:		Estudio y definición de las instalaciones (en superficie y enterradas) necesarias para establecer un campo de adiestramiento en combate subterráneo					Fecha cambio:		05/12/21			
Jefe de Proyecto:		Jonatan Dueso Guerrero					Fecha inicio:		14/10/21			
Evaluación de riesgos												
ID	Descripción riesgo	Categoría riesgo	Causa del riesgo	Impacto (H,M,L)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida / Alternativas	Clase riesgo tras medida	Tendencia	Responsable	Status
1	Filtraciones o inundaciones	Desarrollo	Lluvias moderadas o fuertes	L	2	2L	Podría llegar a abrigarse alguna zona de las instalaciones.	Hacer un estudio de la impermeabilidad, diseño de puertas, revestimiento, bombas de achique...	L	Decreciente	Ingeniero	Open
2	Fallo en el sistema eléctrico	Calidad	Fallo en el suministro, cuadro de luces, en la instalación o del grupo eléctrico	L	1	1L	Tienes visibilidad nula en los recorridos	Mantenimiento del sistema eléctrico	L	Igual	Electricista/ CENAD	Open
3	Retraso en la entrega del material	Compras	Escasez de material por parte de la empresa civil del prefabricado	M	2	2M	Retrasar el montaje de las instalaciones	Introducir cláusulas en el pliego o contratar varias empresas	L	Decreciente	CENAD	Open
4	Baja capacidad portante del terreno	Desarrollo	El terreno sea incapaz de soportar las cargas de las instalaciones	H	2	2H	Inviabilidad del proyecto	Necesidad de mejorar el terreno con mas humigón o pilotes	L	Decreciente	Arquitecto	Open
5	Desmoronamiento de una parte de las instalaciones	Calidad	Mal diseño de las instalaciones	H	1	1H	Podría derumbarse parte de las instalaciones y negar el acceso a estas	Estudio del diseño por empresa externa para revisar los cálculos	L	Decreciente	Ingeniero	Open
6	Caidas o golpes	Recursos humanos	Debido a la diferencia de alturas y a las escaleras	L	2	2L	Lesiones por traumatismos	Implementación de prevención de riesgos laborales acorde a las instalaciones	L	Decreciente	Técnico PRL	Open
7	Suministro de la red eléctrica	Calidad	Las instalaciones no tienen acceso a una red eléctrica	H	2	2H	No tener luz por lo tanto se pierde parte de la instrucción y el objetivo de la instalación	Estudio de alternativas como un grupo electrógeno	L	Decreciente	Ingeniero	Open
8	Espacio suficiente en el campo de maniobras	Desarrollo	Debido a las dimensiones no hay espacio físico para su emplazamiento	H	2	2H	Incapacidad para llevar a cabo las obras	Estudio del terreno y de las zonas capaces de albergar las instalaciones	L	Decreciente	Ingeniero	Open
9	Accesibilidad para el transporte de material	Desarrollo	Malas vías de comunicación en el campo de maniobras	H	3	3H	Retraso o incapacidad de transportar el material al lugar indicado por parte de la empresa de prefabricados	Estudio de las vías de comunicación para elegir el espacio mas eficiente	2H	Decreciente	Ingeniero	Open
10	Mala ventilación	Desarrollo	Debido a las dimensiones y al diseño puede no favorecer a una adecuada ventilación	H	2	2H	Negar algunas zonas de las instalaciones o problemas respiratorios por falta de oxígeno respirable	Diseño para favorecer la ventilación, colocación de tubos de eliminación de gases al exterior, medidores de la calidad del	H	Decreciente	Ingeniero	Open