



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

DISEÑO DE UN POLÍGONO DE COMBATE URBANO PORTÁTIL

Autor

Víctor Javier Español Castro

Director/es

Director académico: Julio Marco Murria

Director militar: José Luis López Fernández

Centro Universitario de la Defensa -Academia General Militar

2021



Agradecimientos

El desarrollo del presente trabajo de fin de grado se ha llevado a cabo gracias al apoyo incondicional recibido del personal del Grupo de Regulares nº54 de Ceuta, desde su coronel hasta los soldados regulares, los cuales me han ayudado en todo lo que les he pedido y en lo que no, proporcionándome ideas impensables para mí, con las que he podido incluir su toque de calidad a mi proyecto. En este aspecto me gustaría agradecer especialmente a la enorme labor llevada a cabo por los tenientes D. Ignacio Romay Ventas, D. Mohamed Sufian Amar Mustafa y a mi director militar, el capitán D. José Luis López Fernández, ambos pertenecientes a la grandiosa 3ª compañía "La Inmortal". De ellos quiero destacar su amplio conocimiento sobre la materia y agradecer su gran ayuda a la hora de facilitarme la búsqueda de información para hacer posible este proyecto.

Además, quiero agradecer al profesor del Centro Universitario de la Defensa, el coronel Francisco Escribano Bernal por sus incansables exigencias, gracias a las cuales, mi trabajo ha podido ser realizado satisfactoriamente.

También agradecer a mi nuevo director académico, el profesor Julio Marco Murria, por su rapidez al ponerse en contacto conmigo de forma inmediata tras su reciente incorporación al CUD.

Del mismo modo, agradecer en gran medida a mi familia y amigos por su apoyo en estos meses de trabajo, en especial a mis compañeros de piso durante mi estancia en Ceuta, y a mi pareja por su ánimo y apoyo durante todos los momentos de la realización del proyecto. Gracias por todo este apoyo.



RESUMEN

La evolución de los conflictos militares en las últimas décadas ha puesto en evidencia la necesidad de instruir a las unidades del Ejército de Tierra en combate urbano. Para ello, es necesario dotar a los acuartelamientos de instalaciones que permitan llevar a cabo este tipo de ejercicios de instrucción y reproducir escenarios similares a la realidad con el objetivo de alcanzar el mayor nivel de instrucción posible.

Actualmente, la mayoría de las Unidades cuentan con unas mínimas instalaciones, no normalizadas, que se aprovechan para realizar las prácticas de CZURB. Normalmente se trata de grupos de edificios abandonados, ruinas, fachadas de madera exentas, contenedores, armazones de tela, construcciones rehabilitadas, etc. Por lo que, atendiendo a las necesidades del Ejército de Tierra, este proyecto plantea la implantación de un polígono móvil y portátil de combate en zonas urbanizadas, ofreciendo un gran aumento de posibilidades para la instrucción de las unidades en este tipo de combate.

Para la búsqueda y recogida de información se han revisado numerosos documentos, y ha sido fundamental la información recogida durante el periodo de prácticas, ya que se han podido realizar entrevistas al personal, hablar con expertos, estudiar las diferentes instalaciones e identificar carencias con respecto a las instalaciones de I/A.

El análisis realizado en este proyecto es de tipo descriptivo, de esta manera se ha podido definir, medir, analizar, mejorar y controlar la situación respecto al tema del trabajo. Así mismo, se ha llevado a cabo un análisis cualitativo para poder analizar si es factible invertir en este proyecto, y si realmente existe una necesidad de disponer de dicha instalación.

Previamente al diseño del polígono portátil, se ha realizado un análisis de mercado con la finalidad de conseguir los materiales de construcción e instalación idóneos para su desarrollo, optimizando las siguientes características: coste, peso, transportabilidad, durabilidad, velocidad de montaje y resistencia a condiciones adversas.

En esta memoria se ha querido incluir la estimación del coste económico del proyecto. Además, se ha comparado la instalación que se plantea con diferentes polígonos de combate en zonas urbanizadas de carácter fijo, explicando las ventajas que ofrece un polígono portátil frente a uno fijo convencional. El resultado muestra la innovación y versatilidad que tiene el proyecto planteado.

PALABRAS CLAVE:

Combate urbano, polígonos de instrucción militar, instalación, Ejército, portátil.



ABSTRACT

The evolution of military conflicts in recent decades has highlighted the need to train army units in urban combat. To this end, it is necessary to equip the barracks with facilities that allow this type of training exercise to be carried out and to reproduce scenarios similar to reality in order to achieve the highest possible level of instruction.

Currently, most of the Units have minimal, non-standardised facilities, which are used for urban combat practices. These are usually groups of abandoned buildings, ruins, free-standing wooden facades, containers, fabric frames, rehabilitated buildings, etc. Therefore, in response to the needs of the Spanish Army, this project proposes the implementation of a mobile and portable combat range in built-up areas, offering a great increase in possibilities for the training of units in this type of combat.

For the search and collection of information, numerous documents have been reviewed, and the information gathered during the training period has been fundamental, as it has been possible to conduct interviews with personnel, talk to experts, study the different facilities and identify shortcomings with respect to military training facilities.

The analysis carried out in this project is of a descriptive type, in this way it has been possible to define, measure, analyse, improve and control the situation with regard to the subject of the work. A qualitative analysis has also been carried out in order to analyse whether it is feasible to invest in this project and whether there is a real need for such a facility.

Before the design of the portable polygon, a market analysis was carried out in order to obtain the ideal construction and installation materials for its development, optimising the following characteristics: cost, weight, transportability, durability, speed of assembly and resistance to adverse conditions.

The aim of this report is to include an estimate of the economic cost of the project. In addition, the proposed installation has been compared with different fixed combat ranges in built-up areas, explaining the advantages offered by a portable range compared with a conventional fixed one. The result shows the innovation and versatility of the proposed project.

KEYWORDS:

Urban combat, military training ranges, installation, Army, portable.



CONTENIDO

Resumen	2
Abstract	3
Índice de figuras	6
Índice de tablas	6
Abreviaturas, siglas y acrónimos	7
1. Introducción	1
2. Objetivos y metodología	2
2.1. Objetivos y alcance	2
2.2. Metodología	3
3. Definir – situación actual en el Ejército español	4
3.1. Antecedentes y marco teórico (estado de la cuestión)	4
4. Medir – problemas y dificultades	6
4.1. Normativas a las que ajustarse	6
4.2. Análisis de riesgos	6
5. Analizar – evaluación de necesidades	6
5.1. Análisis de entrevistas y encuestas	6
5.2. Análisis DAFO	8
5.3. Estudio de mercado	8
6. Mejorar – Propuesta de mejora	11
6.1. Características del polígono de combate en zonas urbanas portátil	11
6.1.1. Características generales del material del producto	13
6.1.2. Características técnicas del proyecto	13
6.1.3. Mantenimiento y Seguridad	20
6.1.4. Análisis de peso, volumen y transporte	21
6.1.5. Funcionalidad	22
6.2. Estudio económico	23
7. Controlar – Control de modificaciones	24
8. Conclusiones y líneas futuras	25
8.1. Lineas futuras	25
8.2. Conclusiones	25
9. Referencias y bibliografía	27
Anexo 1: Encuestas	29
Anexo 2: Análisis DAFO	31
Anexo 3: Costes de vallado Neonature:	32



Anexo 4: Montaje de pared y ventana	33
Anexo 5: Montaje de puerta	35
Anexo 6: Documento de Registro de Inspecciones	36
Anexo 7: Costes de los componentes del polígono portátil	37



ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Metodología DMAIC. Fuente: https://arevalomaria.wordpress.com/	3
Ilustración 2: Polígono de combate urbano El Abejar (San Gregorio). Fuente: https://www.infodefensa.com/	4
Ilustración 3: Polígono de CZUU improvisado en el acuartelamiento "González-Tablas" de Regulares de Ceuta. Fuente: Tte. Ignacio Romay Ventas	5
Ilustración 4: Ejemplo de área urbana construida con vallas y lonas. Fuente: MADOC	9
Ilustración 5: Vallado Neonature. Fuente: Neonature.es	10
Ilustración 6: Edificación Tango System. Fuente: https://www.trango-sys.com/	10
Ilustración 7: Llave de anclaje. Fuente: https://www.trango-sys.com/	14
Ilustración 8: Elemento estabilizador. Fuente: https://www.trango-sys.com/	14
Ilustración 9: Componente puerta. Fuente: https://www.trango-sys.com/	15
Ilustración 10: Componente ventana. Fuente: https://www.trango-sys.com/	15
Ilustración 11: Componente muro. Fuente: https://www.trango-sys.com/	16
Ilustración 12: Puerta. Fuente: https://www.trango-sys.com/	16
Ilustración 13: Ejemplo de pequeña edificación. Fuente: https://www.trango-sys.com/	17
Ilustración 14: Ejemplo de edificación (1). Fuente: https://www.trango-sys.com/	18
Ilustración 15: Ejemplo de conjunto de pequeñas edificaciones. Fuente: https://www.trango-sys.com/	18
Ilustración 16: Ejemplo de edificación (2). Fuente: https://www.trango-sys.com/	19
Ilustración 17: Ejemplo de entorno de calle. Fuente: https://www.trango-sys.com/	19
Ilustración 18: Camión IVECO M250. Fuente: defensa.com	21
Ilustración 19: Presupuesto vallado Neonature. Fuente: Neonature	32
Ilustración 20: Montaje de puerta (2). Fuente: https://www.trango-sys.com/	33
Ilustración 21: Montaje de puerta (1). Fuente: https://www.trango-sys.com/	33
Ilustración 22: Ejemplos de conexión de componentes. Fuente: https://www.trango-sys.com/	34
Ilustración 23: Ensamblaje de puerta. Fuente: https://www.trango-sys.com/	35
Ilustración 24: Costes de los componentes del polígono portatil. Fuente: Trango Systems.	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultado de las encuestas. Grafica. Fuente: elaboración propia	7
Tabla 2: Comparación del estudio de mercado	11
Tabla 3: Características de los componentes Trango System	22
Tabla 4: Costes de la adquisición	23
Tabla 5: Control de modificaciones. Encuesta a realizar.	24
Tabla 6: Resultados de la encuesta. Fuente: elaboración propia	30
Tabla 7: Análisis DAFO	31
Tabla 8: Documento de Registro de Inspecciones:	36



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

PCP: Polígono de Combate en Población
NTE: Norma Tecnológica de la Edificación
IGE: Inspección General del Ejército
ET: Ejército de Tierra
OTAN: Organización del Tratado del Atlántico Norte
TTP, s: Tácticas, Técnicas y Procedimientos
MINISDEF: Ministerio de Defensa
CENAD: Centro Nacional de Adiestramiento
DIDOM: Dirección de Doctrina, Orgánica y Material
I/A: Instrucción y Adiestramiento
MADOC Mando de Adiestramiento y Doctrina
NG: Norma General
TFG: Trabajo de Fin de Grado
CZZUU, CZURB: Combate en Zonas Urbanizadas
PU: Pequeñas unidades
GREG: Grupo de Regulares
SUINFRA: Subsistema de infraestructura
SACU: Sistema de Acuartelamiento
PAET: Protección Ambiental en el Ejército de Tierra
PVC: Policloruro de Vinilo
CTE: Código Técnico de la Edificación





1. INTRODUCCIÓN

Tras el episodio de Mogadiscio en 1993 y el desastre militar de las fuerzas rusas en Grozny en 1994, los estrategas militares se dieron cuenta de que la superioridad militar tecnológica no lleva automáticamente a un éxito cuando las fuerzas regulares se ven obligadas a combatir contra grupos locales armados en núcleos urbanos. Tras aquellos episodios, la atención militar se enfocó en las capacidades necesarias para combatir en ciudades. Posteriormente la guerra de Irak y, una década más tarde, las revoluciones urbanas en el mundo árabe y los recientes acontecimientos en Ucrania, Irak, Siria y Yemen han puesto de manifiesto, una vez más, la creciente relevancia de las ciudades como escenario de los futuros conflictos. (Instituto Español de Estudios Estratégicos, 2019)

Aunque muchas doctrinas militares clásicas consideran el combate urbano como el último recurso, según Sun Tzu, *la peor política es atacar a las ciudades* (Tzu, 1997), lo cual sigue siendo cierto hasta hoy, dada la importancia de los daños colaterales que se producen en este tipo de operaciones, afectando considerablemente a la opinión pública, la cual es considerado un factor clave en las guerras actuales y futuras (Pizarroso Quintero, 2008). Y mientras el mundo se urbaniza, lo mismo sucede con los conflictos de manera inevitable. Por lo que, debido a esto, el Ejército de Tierra español (ET) se propuso incrementar la instrucción de combate en zonas urbanizadas tras el incremento de las revoluciones urbanas en el mundo árabe a principios de la década de los 2000, además de aumentar el número de polígonos para llevar a cabo la misma y mejorar la calidad en la instrucción.

Los conflictos actuales son asimétricos, siendo este el motivo principal del incremento de los combates en zonas urbanas. Esto es debido a la brecha tecnológica existente entre los ejércitos de primer y segundo nivel (fuerzas insurgentes), la cual impulsa a los últimos a pretender que el combate suceda en territorios urbanos. Las fuerzas insurgentes buscan esto con la finalidad de intentar igualar las fuerzas entre los combatientes, pues los medios de las fuerzas occidentales modernas en ciudades se ven limitados en su empleo y su potencia de fuego no es tan efectiva (Geiss, 2006). Por lo tanto, la instrucción en este tipo de combate cobra una vital importancia en los ejércitos modernos.

Por otro lado, las ciudades en 2035 se caracterizarán por una gama de infraestructuras diversa, que va desde el cristal y el hormigón de un distrito de negocios del centro, a las chabolas de hojalata y cloacas abiertas de los barrios marginales, tal vez a sólo unas calles de distancia. Las ciudades presentarán un complejo desafío multidimensional – abarcando calles, azoteas, cloacas y túneles, zonas ribereñas, superficie, subsuelo, aire, espacio, ciberespacio y el entorno electromagnético. La escala del desafío urbano será potencialmente abrumadora, y cada centro urbano será único, lo que requerirá una comprensión individualizada (Ministerio de Defensa, 2019).

En España, la mayoría de las Unidades cuentan con unas mínimas instalaciones, no normalizadas, que se aprovechan para realizar instrucción de CZZUU. Normalmente son edificaciones abandonadas, ruinas o contenedores. En todo caso, si se saca partido a dichas instalaciones, la instrucción de combate en población en ellas puede ser buena, sin embargo, su carácter fijo nos impide llegar a un nivel más de instrucción.

Pese a ello, el acuartelamiento "González-Tablas" (Regulares de Ceuta), al igual que en muchos otros del Ejército español, carece de un polígono de combate en zonas urbanas (PCZU), por lo que, cuando se desea realizar este tipo de instrucción, sus unidades se deben dirigir hasta uno situado a unos cinco kilómetros del cuartel, generando un gasto de tiempo y dinero en el transporte.

El carácter móvil del polígono es clave en el proyecto, ya que podrá ofrecer la posibilidad de modificar el escenario generando un gran número de distintas amenazas durante su limpieza, aumentando considerablemente la calidad de la instrucción. La capacidad de que sea transportable,



podrá ofrecer, además, la posibilidad de colocar el polígono en el sitio que el mando desee, buscando el escenario deseado para su ejercicio.

Debido a este complejo y cambiante ambiente urbano futuro, el proyecto se centra en dar la posibilidad de dotar a las unidades del Ejército español un polígono de CZZUU con características portátil y móvil, con la finalidad de que nuestras unidades puedan instruirse en una amplia gama de escenarios cambiantes, aumentando considerablemente su calidad en la instrucción de combate en zonas urbanizadas.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE

Este trabajo tiene su origen en una propuesta del Grupo de Regulares nº54 de Ceuta. Inicialmente el trabajo consistía en una propuesta de diseño de un polígono de combate urbano móvil en el interior de acuartelamientos. Pero tras los estudios realizados se llegó a la conclusión de que era preferible ampliar el uso de este polígono móvil también a lugares exteriores a acuartelamientos, ya sea un campo de maniobras, un cruce de caminos o una zona civil. Además, se decidió añadirle más movilidad, haciéndolo no solamente móvil, sino portátil y desmontable.

Por lo tanto, con este proyecto se pretende diseñar un polígono móvil, portátil y transportable de combate en zonas urbanizadas, con el que, además de mejorar la calidad de la instrucción de los combatientes, se pretende optimizar el tiempo y el coste de la instrucción, además de aprovechar el espacio disponible en el interior de acuartelamientos aplicando una multifunción a los mismos (por ejemplo: el polígono móvil de combate urbano se podría instalar en una pista deportiva o en un cruce del campo de maniobras).

Todas las unidades del Ejército de Tierra español tendrán la posibilidad de solicitar la instalación temporal del polígono, para así poder optimizar su instrucción de combate en zonas urbanizadas mediante su uso, el cual ofrece la posibilidad de romper con la monotonía de un polígono fijo e implementar el número de amenazas y posibilidades en cada día de instrucción. Más adelante se profundizará en las características técnicas y tácticas que ofrece el polígono de CZZUU portátil. Además, se definirá en profundidad su carácter desarmable, movable, portátil y desacoplable.

Para ello se va a realizar un estudio para identificar qué tipo de instalación sería posible instaurar, haciéndola movable, desmontable, resistente y de rápido montaje. Se llevará a cabo un análisis de materiales para cumplir todas estas condiciones, siempre buscando la optimización en el precio del proyecto. Además, se realizará un estudio de pesos y volúmenes, con la finalidad de no precisar de transportes o maquinaria pesada para el montaje y desmontaje de la instalación. En dichos estudios, será preciso tener en cuenta qué tipo de ejercicios específicos querrán ser realizados en su interior, las distintas formas del polígono que se necesitarán para cumplir todas las necesidades de este tipo de instrucción y el coste económico.

Como finalidades secundarias se buscará el identificar cuáles son las capacidades y limitaciones que nos podría ofrecer la instalación del complejo de combate en zona urbana, para así poder determinar las mejoras que se implantarían en el sistema de instrucción de las unidades de Infantería del Ejército de Tierra.

Las mejoras que se conseguirán con estos objetivos son principalmente la implementación de movilidad, tanto de los muros, como puertas y ventanas en la instrucción de combate urbano, lo cual obligará a las unidades a pensar nuevas formas de progresión en cada ejercicio e instruirse en un escenario diferente en cada ocasión según las necesidades del mando. Esto le ofrecerá una mayor flexibilidad a la hora de planear ejercicios relacionados con este aspecto del adiestramiento que toda unidad debe recibir.



2.2. METODOLOGÍA

Previamente a la incorporación a las prácticas en el Grupo de Regulares nº54 de Ceuta, se efectuó la recogida y estudio sobre instalaciones de polígonos de combate en zonas urbanizadas, buscadores académicos, bibliotecas físicas y virtuales de Defensa y revistas de interés (Memorial de las distintas Armas del Ejército de Tierra...), además de la obtención y análisis de la normativa aplicable a este tipo de instalaciones en el Ejército español.

La base del trabajo será la técnica empleada para mejorar de la calidad de un determinado sistema. Se trata de la metodología DMAIC (definir-medir-analizar-mejorar-controlar).



Ilustración 1: Metodología DMAIC. Fuente: <https://arevalomaria.wordpress.com/>

Esta herramienta permite, en primer lugar, conocer detalladamente el campo de estudio del trabajo. Posteriormente, se medirán los problemas y dificultades que se presentan tras el estudio de investigación de la situación actual.

En cuanto al análisis se pretende realizar uno de tipo descriptivo para poder definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Así mismo, se llevará a cabo un análisis cualitativo para poder analizar si es factible llevar a cabo este proyecto y si realmente existe una necesidad de disponer de dicha instalación. Y por último un análisis económico, para prever lo que supondría llevar a cabo el proyecto.

Para ello, se han estudiado instalaciones similares construidas en otras unidades con el objetivo de poder analizarlas y descubrir las posibles mejoras que se podrían implantar. Por otro lado, se han llevado a cabo varias entrevistas tanto a mandos militares para establecer lo que necesitan, como a expertos y especialistas del tema, para así poder analizar los beneficios e inconvenientes que podría acarrear la instalación del polígono móvil. Con dichas entrevistas, también se pretende conocer si este tipo de instalación sería útil con respecto a los objetivos de instrucción de nuestras unidades de Infantería y sus aspectos positivos en la instrucción personal, tanto de los combatientes como de los mandos. Igualmente, un análisis DAFO, el cual ayudará en la toma de decisiones a la hora de elaborar el proyecto.

Durante las prácticas de mando se ha realizado una encuesta (Anexo 1) al personal del GREG-54 de Ceuta con la finalidad de conocer la importancia de la instrucción de combate en zonas urbanizadas, medir las necesidades que tiene el Ejército de Tierra respecto a instalaciones de combate en población, además de estudiar si un polígono de combate urbano portátil y móvil mejoraría la calidad de la instrucción en este tipo de combate. Para llevar a cabo esta medición se ha utilizado la plataforma de encuestas de Google Drive, la cual permite realizar las encuestas y recibir las respuestas en formato digital.



Tras ambos procesos, se hace un análisis de costes, junto con uno de riesgos tanto cualitativo como cuantitativo. Finalmente, a posteriori de la realización de estos estudios, se procedió al diseño del nuevo polígono, creando uno que fuese adaptable al mayor número de superficies posible.

3. DEFINIR – SITUACIÓN ACTUAL EN EL EJÉRCITO ESPAÑOL

3.1. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO (ESTADO DE LA CUESTIÓN)

Con respecto al combate en zonas urbanizadas son numerosas las publicaciones que se pueden encontrar, ya que, como se ha explicado anteriormente, este tipo de combate se ha incrementado en las últimas décadas. Este hecho hace que la mejora en la instrucción en este ámbito se haya convertido en uno de los objetivos principales en las unidades de Infantería del Ejército de Tierra, por lo que, a día de hoy, no es difícil realizar búsquedas eficientes sobre publicaciones y documentos acerca de combate urbano.

En el Ejército español, el Mando de adiestramiento y doctrina (MADOC) ha publicado numerosos documentos sobre la preparación del personal en este ámbito. Uno de ellos es el manual de instrucción *MI4-001. Manual de instrucción. Las pequeñas unidades en el combate en zonas urbanizadas* (Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2006), donde se encuentra información sobre procedimientos, empleo de medios, mando y control, evacuación de bajas, etc. También se pueden encontrar publicaciones del Departamento de táctica militar de la Academia de Infantería sobre combate en zonas urbanizadas (Academia de Infantería, 2003), tratando temas como: características del combate, inteligencia en combate, apoyo al combate, maniobra defensiva y ofensiva, etc.

En España, de forma desigual, cada unidad brigada cuenta con unas mínimas instalaciones, no normalizadas, que se aprovechan para realizar las prácticas de CZURB. A veces se trata de grupos de edificios abandonados, ruinas, fachadas de madera exentas, contenedores, armazones de tela, construcciones rehabilitadas, etc. Generalmente son instalaciones dedicadas a la instrucción hasta pelotón y en algunos casos sección. (Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2008)

Respecto a polígonos de combate urbano de carácter fijo, tampoco es difícil encontrar información al respecto. Algunos de los más empleados son: los de Casas Altas y Abejar en el CENAD San Gregorio (Zaragoza), la Casa de Goma de los Alijares (Toledo), el poblado basado en la distribución afgana que se encuentra en Viator (Almería) y finalmente, para tener una referencia internacional, el Mojave Desert Combat Town que se encuentra en el desierto californiano, de Estados Unidos.



Ilustración 2: Polígono de combate urbano El Abejar (San Gregorio). Fuente: <https://www.infodefensa.com/>



En cuanto a polígonos de combate urbano portátiles disponibles para su solicitud y uso en nuestro territorio nacional, a día de hoy no existen. Además, es complicado encontrar información respecto a ellos debido a que es un sistema de moderna aplicación. Si bien, en distintas unidades del Ejército de Tierra se han montado polígonos de combate urbano temporales de carácter móvil, sin embargo, son contruidos con materiales de circunstancias, como, por ejemplo, el construido en el Grupo de Regulares nº54 durante una instrucción continuada en 2019 con vallas de obra metálicas, lonas y palés.

Sin embargo, con este proyecto se va a proponer un PCZURB portátil más sofisticado, ya que es fabricado con materiales más estables, resistentes al paso del tiempo, a las condiciones climatológicas adversas y a los golpes generados por los propios combatientes durante su instrucción.



Ilustración 3: Polígono de CZZUU improvisado en el acuartelamiento "González-Tablas" de Regulares de Ceuta. Fuente: Tte. Ignacio Romay Ventas

Para la realización de este trabajo, también se han tenido en cuenta otros trabajos de fin de grado con temas similares. Es el caso de: *Diseño de un polígono de combate en zonas urbanizadas con paredes móviles para ejercicios de tiro con fuego real* (Duque, 2017), el cual, a pesar de tratarse de una instalación no portátil (no puede ser transportado de su lugar de construcción a otro distinto), tiene un trasfondo similar a mi título debido a que se trata del diseño de un polígono de CZZUU.

Otro trabajo a tener en cuenta es el: *Estudio técnico y propuesta para el empleo del fuerte "Alfonso XII" como centro/polígono de combate en población y combate subterráneo* (Benayas, 2020), que trata sobre cómo idear un polígono de combate urbano a partir del aprovechamiento de un fuerte situado al norte de la ciudad de Pamplona. Ambos han servido para generar ideas tanto para implementar novedades en la instrucción en combate urbano en España, como para idear un correcto plan de adquisición y comparar distintos elementos de construcción teniendo en cuenta las características técnicas de los propios materiales, así como su coste, volumen y peso.



4. MEDIR – PROBLEMAS Y DIFICULTADES

4.1. NORMATIVAS A LAS QUE AJUSTARSE

Para la realización de este proyecto, se han debido tener en cuenta una serie de normativas para poder llevarlo a cabo:

- Con el objetivo de consolidar la preparación física de los componentes del Ejército de Tierra, se ha tenido en cuenta la Norma general 08/12, que trata sobre la preparación física en nuestro Ejército. Aunque el trabajo no trate sobre este tema específicamente, se considera una parte implícita en la instrucción de todo combatiente. (Mando de Doctrina y Adiestramiento, 2015)
- El sistema de acuartelamiento o Instrucción general 08/11, ya que desarrolla de forma general la estructura y los procedimientos del sistema de Acuartelamientos del Ejército y establece criterios para el montaje de instalaciones. (Estado Mayor del Ejército, 2011)
- La Norma General 05/12 o Subsistema de infraestructura (SUINFRA), ya que afecta a todo el ET en lo relativo a inversión en obras, además de afectar a aquellos organismos que, a través de acuerdos y convenios, presten apoyo logístico al Ejército. (Estado Mayor del Ejército, 2012) En el Anexo III se define el procedimiento para la construcción y el posterior mantenimiento de infraestructuras relacionadas con las instalaciones de apoyo a la instrucción, adiestramiento y evaluación en el Ejército de Tierra. (Ministerio de Defensa, 2012)
- Respecto al medioambiente, se debe tener en cuenta la Instrucción técnica 05/18 de medio ambiente, la cual desarrolla la organización y funcionamiento, dentro del ámbito del Sistema de Acuartelamiento (SACU), de todos los aspectos relacionados con la Protección Ambiental en el Ejército de Tierra (PAET), los cometidos de los diversos organismos, así como las relaciones que se desarrollan y establecen en su marco de actuación. (Ministerio de Defensa, 2018a)
- La Norma técnica 07/16 que establece las normas y criterios para definir las necesidades de las infraestructuras que precisa un acuartelamiento para el desarrollo de sus funciones o actividades, así como la cuantificación de dichas necesidades y el procedimiento para el trámite y redacción del proyecto de obra con el que se pretende cubrir la necesidad inicial. (Ministerio de Defensa, 2016)

5. ANALIZAR – EVALUACIÓN DE NECESIDADES

5.1. ANÁLISIS DE ENTREVISTAS Y ENCUESTAS

Para preparar el documento de la encuesta y sus distintas preguntas, me entrevisté con el capitán jefe de la 3ª compañía, con el cual realicé un Brainstorming de ideas para la elaboración del documento. Una vez elegidas las preguntas, fueron distribuidas por las distintas compañías del Tabor.

La encuesta es de carácter anónima. Fue contestada por un total de 105 militares, todos miembros del Grupo de Regulares. Al personal encuestado se le ha dividido en 4 clases, dándole a cada una de ellas una ponderación distinta dependiendo de su experiencia como militar, la cual ha sido medida a través de: su antigüedad en el Ejército, si tiene un curso de especialización (Operaciones especiales o montaña) y el número de misiones internacionales. Con esta división se pretende dar un mayor peso a las respuestas de aquellos militares que tienen mayor experiencia en combate y más conocimiento sobre la materia.



Clase 1 (Coeficiente:1): Más de cuatro años de antigüedad, posee curso de especialización y ha realizado al menos una misión.

Clase 2 (Coeficiente:0.75): Más de tres años de antigüedad, no posee curso de especialización y ha salido al menos una vez de misión.

Clase 3 (Coeficiente:0.5): Más de tres años de antigüedad, no posee curso de especialización y no ha realizado al menos una misión.

Clase 4 (Coeficiente:0.25): Menos de tres años de antigüedad, no posee curso de especialización y no ha realizado ninguna misión internacional.

La encuesta consta de cuatro preguntas en las que se valora, para posteriormente medir, la importancia de la instrucción en combate urbano, el grado de instrucción en este tipo de combate, la calidad de las instalaciones que posee actualmente el Ejército de Tierra y la mejora que supone instalar un polígono de CZZUU móvil. La escala de valoración empleada es una escala de 5 puntos, siendo el punto 1 “muy poco” y 5 “mucho”.

En la Tabla 1 se observan los resultados de la encuesta realizada. Están agrupados según la clase del militar y la respuesta media de todos ellos a las preguntas.

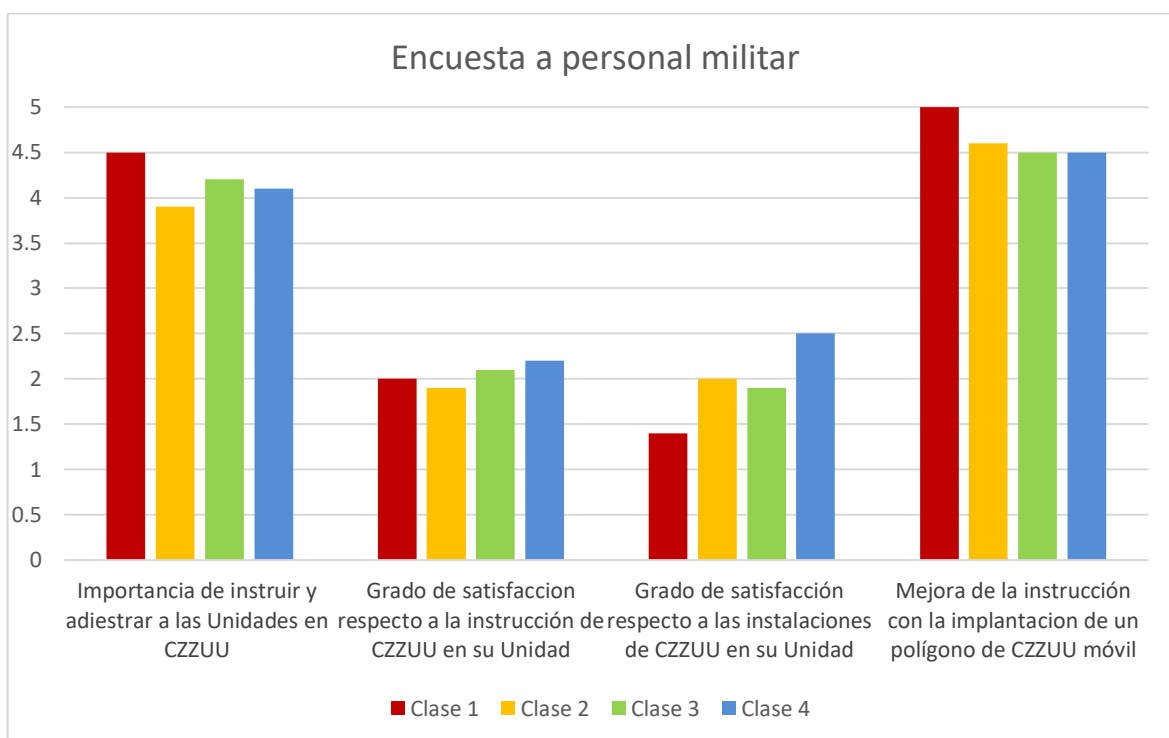


Tabla 1: Resultado de las encuestas. Grafica. Fuente: elaboración propia

A partir de los resultados obtenidos de la encuesta, se observa que independientemente de la clase que pertenezcan los militares encuestados, todos valoran con un alto grado tanto la importancia de la instrucción y adiestramiento en combate urbano, como la mejora que supondría en la instrucción la implantación de un polígono de CZZUU en su Unidad.

Respecto a la segunda y la tercera pregunta, los encuestados muestran que sus grados de satisfacción respecto a la instrucción en CZZUU y las instalaciones de su Unidad dejan mucho que desear, siendo ambas por debajo de 2,1 sobre 5.

De acuerdo a los resultados, se puede concluir que los encuestados valorarían de manera positiva el desarrollo del proyecto, ya que en este se ofrece el poder realizar instrucción en un



polígono móvil, mejorando así la calidad tanto de sus instalaciones como de su instrucción en combate en población.

5.2. ANÁLISIS DAFO

Tras haber definido la situación actual del Ejército español en lo relativo al combate en zonas urbanas y sus instalaciones disponibles, es posible llevar a cabo un análisis de debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades. Esto se consigue analizando sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades), visualizándolo en una matriz 2x2.

En este análisis (*Anexo 2*) se puede observar que, existen un número de aspectos negativos de origen externo como la amenaza de que el material fuese defectuoso o no tan bueno como pretendíamos antes de que ser adquirirlo, lo cual haría tener un impacto económico negativo sobre las arcas del Ministerio de Defensa. A su vez, existen debilidades de origen interno, como el hecho de que sería la primera vez que el Ejército de Tierra realizase un proyecto de este tipo de adquisición, lo cual hace que no poseamos un listado de lecciones aprendidas al respecto.

Sin embargo, como se puede ver, son más numerosos los aspectos positivos del estudio. Entre las principales fortalezas internas a destacar es que el polígono portátil ofrecería una mejora en la calidad de la instrucción en combate urbano del combatiente español, aumentando la capacidad operativa de las Unidades. Cabe destacar también la oportunidad que ofrece el proyecto de situar al Ejército español como país puntero de la OTAN en combate urbano, lo cual mejoraría considerablemente la visión internacional sobre nuestro Ejército.

El balance final positivo del análisis DAFO realizado junto con el gran número de mejoras ofrecidas, justifica la ejecución del proyecto.

5.3. ESTUDIO DE MERCADO

Para la búsqueda de los materiales de construcción e instalación idóneos del polígono portátil, se ha analizado el mercado buscando la optimización respecto a las siguientes características: coste, peso, transportabilidad, durabilidad, velocidad de montaje y resistencia a condiciones adversas o posibles impactos generados durante su uso.

Tras un estudio de mercado por medio de páginas de búsqueda por internet y diálogos con Oficiales y Suboficiales de Infantería del GREG-54 de Ceuta, se llegó a la conclusión de tener tres principales opciones que concuerdan con los requisitos marcados para los materiales que formarían el polígono urbano portátil.

A continuación, se exponen las tres opciones, analizándolas una a una según sus ventajas y desventajas. Este apartado finaliza con un resumen comparativo en forma de tabla entre las tres opciones, concluyendo con la elección de la mejor, la cual será desarrollada en profundidad en posteriores apartados del trabajo.

1) Vallas metálicas, lonas y bases de hormigón:

Las vallas serían empleadas para construir las paredes de las edificaciones, las bases de hormigón para darle la estabilidad necesaria y las lonas para ocultar la visibilidad de las distintas habitaciones.

La adquisición es sencilla y de coste muy bajo, ya que son materiales básicos de construcción. Se pueden adquirir en la empresa Leroy Merlin, a un precio por unidad de: 29,29€ cada valla con su base de hormigón y 3,29€ cada lona. Sabiendo que las vallas miden 1,79x3,5 metros, y las lomas 2x3 metros, para cada 100 metros de pared del



Víctor Javier Español Castro

polígono necesitaríamos 29 vallas con sus bases y 34 lonas, lo que supondría un precio total de: $(29 \times 29,29) + (34 \times 3,29) = 849,7 + 111,86 = 961,56€$ por 100 metros de pared.

Respecto al peso, al ser bajo beneficia su transportación y velocidad de montaje, sin embargo, su inconveniente es que son materiales poco resistentes e inestables de cara a dificultades meteorológicas (viento, lluvia, etc.), además de serlo también de cara a golpes e impactos generados durante la realización de los ejercicios.

Otro factor negativo es la transparencia de las lonas, las cuales permiten ver sombras de combatientes a otro lado, eliminando el factor sorpresa y empeorando la efectividad de la instrucción.



Ilustración 4: Ejemplo de área urbana construida con vallas y lonas. Fuente: MADOC

2) Vallas de madera sintética:

Este tipo de instalación está formada por postes metálicos en forma de U y tablas de madera sintética enlazadas entre sí con un refuerzo entre ellas formado por una varilla, la cual proporciona más fuerza a la formación. Los postes metálicos irían fijados al suelo por medio de piquetas.

Se adquiriría por medio de la empresa Neonature, especializada en vallados de exteriores mediante madera sintética y ecológica. El coste (justificado en el Anexo 3), sería de 12.326,16€ para 100 metros de pared del polígono urbano.

Se puede decir que este material cumple los requisitos de resistencia buscados, ya que está fabricado para estar en exteriores y soportar los temporales y cambios de temperatura. Otro punto a favor es su peso, así como su volumen, siendo apropiado para su transporte en camión.

Sin embargo, su gran inconveniente es que el tiempo de montaje sería demasiado lento para lo que se busca con un polígono portátil.

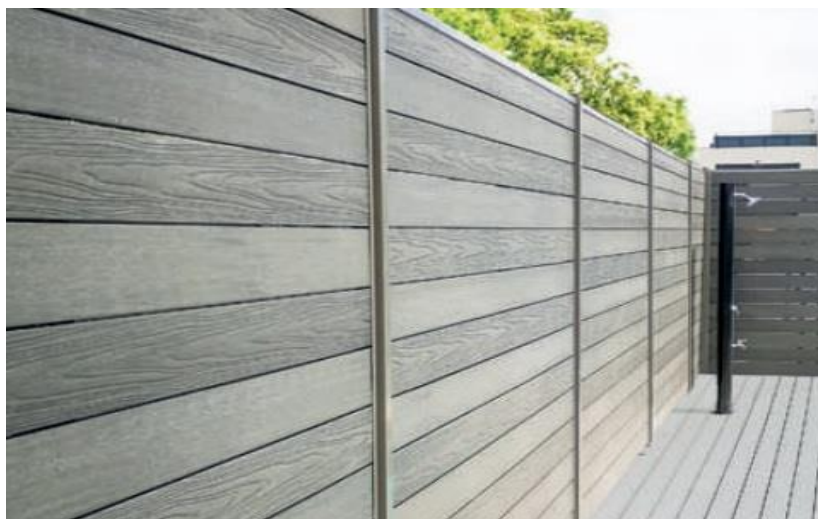


Ilustración 5: Vallado Neonature. Fuente: Neonature.es

3) Trango Systems:

Esta instalación está formada por distintos componentes de PVC desmontables. Estos componentes son 5: pared, ventana, muro, puerta y llave de anclaje, los cuales serán desarrollados en el siguiente apartado.

Su adquisición es por medio de la empresa israelí Trango Systems, la cual se dedica a fabricar infraestructuras para el entrenamiento en combate tanto policial como militar. El material cumple todos los requisitos necesarios, ya que su montaje es bastante rápido, su peso es ligero y su volumen es adecuado.

El equipo es resistente debido a que está fabricado exclusivamente para el uso que se le quiere dar con este proyecto, por lo que es capaz de resistir a condiciones climatológicas adversas, además de a posibles golpes o impactos generados durante un ejercicio de instrucción militar.

El único inconveniente de esta opción es su elevado precio, ya que 100 metros de pared de edificación cuesta 67.082,40€.



Ilustración 6: Edificación Tango System. Fuente: <https://www.trango-sys.com/>



Para poder comparar los resultados obtenidos del estudio, en la siguiente tabla se va a detallar mediante numeración, la cual se estima del 1 al 5, siendo 1 malo y 5 muy bueno:

	Vallas metálicas, lonas y bases de hormigón	Vallas de madera sintética	Trango Systems
Transportabilidad	5	4	5
Resistencia climática	2	4	5
Estabilidad	1	5	5
Peso	5	4	5
Velocidad de montaje	5	2	5
Costes	5	3	1
Media total	3,83	3,66	4,33

Tabla 2: Comparación del estudio de mercado

A partir de los resultados obtenidos en la tabla, podemos observar que la mejor opción en calidad/precio sería el tipo 3: Trango System, ya que al dar el mismo grado de importancia al analizar todas las características necesarias su media es superior. Por ello esta opción es la escogida para mi proyecto.

6. MEJORAR – PROPUESTA DE MEJORA

6.1. CARACTERÍSTICAS DEL POLÍGONO DE COMBATE EN ZONAS URBANAS PORTÁTIL

En primer lugar, cabe destacar la importancia de los instructores en este proyecto, ya que ellos tienen la total responsabilidad de montar el escenario del polígono de combate urbano según sus necesidades, generando los distintos escenarios deseados, así como el número de viviendas, calles, obstáculos, y su ubicación. Deberán planear los ejercicios que se deseen ejecutar para montar el escenario en base a ellos para su posterior puesta en marcha junto a sus subordinados una vez quede instalado el polígono.

Los instructores serán los encargados, bajo la dirección del cuadro de mando responsable del ejercicio, de instruir al personal de la unidad usuaria. Deberán poseer los conocimientos, experiencia o cursos necesarios para desarrollar su misión. Normalmente serán cabos, sargentos o el teniente, integrados en la propia sección usuaria del polígono portátil, aunque también puede ser un instructor ajeno a la sección orgánica.

Una vez que se ha recopilado la información sobre combate urbano y habiendo mostrado las mejoras que proporciona el proyecto, se definen sus principales características generales: portátil, desmontable y móvil:

- **Portátil:** Debería poder ser instalado en cualquier zona de un campo de maniobras, en el interior de un acuartelamiento o en una zona civil autorizada. Por ejemplo, el polígono podría ser montado tanto en lo alto de una cota, como en el interior de un valle, lo cual supondría una gran diferencia a la hora de la toma de decisiones de cara al planeamiento del ejercicio a realizar deseado por parte de los mandos al colocar los



elementos de apoyo de la maniobra. Por ello, debería tener alta resistencia a condiciones meteorológicas adversas (temperatura extrema, agua, nieve, exposición a rayos UV), ya que todo combatiente debe saber combatir en cualquier condición climatológica. Además, dicha resistencia haría que pudiese ser instalado tanto en zona techada, como al aire libre.

La estructura podrá ser montada sobre cualquier superficie: asfalto, arena, césped, etc.

- **Montable/desmontable:** Las edificaciones son construidas a través de cuatro componentes independientes (paredes 200 x 100 cm, pared 100 x 100 cm, pared con ventana 200 x 100 cm y puerta 200 x 100 cm), los cuales pueden ser conectados entre sí o colocados individualmente sujetos por un soporte Stand. Estos cuatro componentes han sido elegidos ya que son los elementos básicos de las edificaciones (puerta, ventana, pared y muro). Combinándolos de la forma correcta, se puede conseguir simular cualquier edificación de manera sencilla y rápida, añadiendo tantas ventanas o puertas como se desee.

Para las paredes se ha elegido una altura de 200 cm (2 metros) debido a que la estatura máxima de acceso a tropa del Ejército de Tierra es de 2.03 metros (Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, 2014), por lo tanto, la medida elegida es la altura justa con la que ningún soldado podría observar al otro lado de las paredes. Se ha apurado tanto en la medida de los componentes de manera que se pueda optimizar el espacio para el transporte, el precio y el peso de la carga. Además, cuanto más altas fuesen las paredes, mayor inestabilidad tendría la estructura según los principios de estabilidad y de equilibrio.

La conexión entre todos los componentes se realizaría mediante llave conector fabricado del mismo material, sin necesidad de herramientas de trabajo externas. La ligereza del material y los anclajes de fácil uso permitirían que pudiese ser montado en menos de 1 hora (mismo periodo de tiempo para su completo desmontaje y carga) por personal previamente instruido para ello. Todo el material necesario para su montaje podría ser transportado por camiones de dotación del Ejército de Tierra (IVECO M250.40W).

- **Móvil:** Su carácter modular permitiría construir numerosos escenarios, de manera que se pueden generar una gran cantidad de distintas edificaciones para instruir al personal en un ambiente de calle, de interior de edificios o incluso crear una pista táctica de entrenamiento. Se podrán colocar tantas puertas, ventanas o número de habitaciones como se desee. De esta manera permitirá al mando instruir a su unidad rompiendo con la monotonía que ofrece un polígono fijo en el que todos los combatientes conocen de antemano la disposición de todas las amenazas que se irán encontrando a su paso (ventanas, puertas, etc.).

Este carácter móvil aumentará el factor sorpresa de los combatientes, además de mejorar la instrucción en la toma de decisiones de los mandos. Por ejemplo, decidir dónde ponerse a cubierto mientras avanza, qué posición de disparo es ideal y qué camino de avance es el adecuado para cada situación específica mientras entrena para múltiples escenarios diferentes.

Las edificaciones son de una sola planta, con una misma altura de 2 metros para todas las edificaciones de un posible poblado o complejo domiciliario. No se dispondrá de techos para las casas, ya que se considera innecesario a la hora de mejorar la instrucción y supondría un aumento excesivo en el coste del proyecto y en el tiempo de montaje del polígono.



6.1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MATERIAL DEL PRODUCTO

Tanto para los componentes, como para los anclajes y soportes de la estructura, el material elegido es el Policloruro de Vinilo (PVC). El PVC se obtiene por polimerización del cloruro de vinilo, cuya fabricación se realiza a partir de cloro y etileno. Su adquisición en España es sencilla, ya que sus excepcionales propiedades, juntamente con su buena relación calidad/precio y su gran versatilidad, hacen que sea el plástico de mayor consumo en España.

Además de su versatilidad el PVC ocupa un lugar privilegiado en la familia de los plásticos por su interesante conjunto de propiedades, pues es un material ligero (facilitando su transporte y montaje), resistente, inerte y completamente inocuo, con buen comportamiento al fuego (no propaga la llama, es autoextinguible), impermeable, aislante (térmico, eléctrico y acústico), resistente a la intemperie, y es totalmente reciclable. También destacan cualidades de cara al proyecto como su insensibilidad a la humedad y que es imputrescible. Estas últimas dos cualidades se consideran fundamentales, ya que proporcionan alta resistencia a exteriores y a condiciones meteorológicas adversas. Asimismo, es inmune a la corrosión causada por sustancias naturales del suelo o por productos químicos agrícolas. Por lo tanto, no es degradable y no requiere ninguna protección especial lo que se traduce en ahorro de costes. (Asoven, 2018)

Los componentes de PVC aguantarían la agresividad del combatiente en los ejercicios de combate en población y no causarían la rotura del material, debido a su alta resistencia a golpes e impactos. (Bacon, 2018)

En el estudio de la estructura y el material se ha centrado en obtener una mayor calidad en los tres requisitos esenciales de toda construcción: Estabilidad, resistencia y rigidez.

La estabilidad debería ser capaz de alcanzar un estado de equilibrio ante cualquier número de cargas que pueda afectar a la estructura. Por ello, para alcanzarla se han elegido los componentes, y materiales estabilizadores y de anclaje explicados en el punto 6.1.2. Se ha tratado que los enlaces de la estructura al terreno sean tales que permitan generar las reacciones necesarias para equilibrar las fuerzas externas (acciones) que van a actuar sobre la estructura, generando un grado de estabilidad íntegro.

La resistencia de la estructura se ha adquirido gracias al material elegido (Policloruro de Vinilo o PVC), debido a que su nivel límite de resistencia a la tracción y compresión es considerable y no se vería sobrepasado por los niveles de tensión que se alcanzaría en cada uno de sus componentes. Además de resistir las cargas, y posibles golpes, la estructura debería tener la rigidez necesaria para no deformarse excesivamente bajo la acción de estas, ya que con el tiempo una pérdida de rigidez afectaría negativamente a la estabilidad de la estructura y en la aparición de grietas. Esta rigidez también sería adquirida con el empleo del PVC (Trujillo & Mohedano, 2019)

6.1.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PROYECTO

Los aspectos básicos que se han tenido en cuenta a la hora de la construcción son principalmente la seguridad, la resistencia mecánica y estabilidad, la durabilidad, la inversión a realizar y la facilidad para construir. Las bases de cálculo adoptadas y el cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad se ajustan a los documentos básicos del Código Técnico de la Edificación (CTE) respecto a la seguridad estructural. (Ministerio de Fomento, 2019)

Esta opción de instalación ha sido considerada la más adecuada para la construcción del polígono de combate en población por sus propiedades y su fácil reposición, la cual se llevará a cabo cuando existan desperfectos ocasionados por las inclemencias atmosféricas o por el deterioro natural de los materiales por el uso continuado de la instalación.

Las edificaciones son construidas a través de cuatro componentes independientes, los cuales son conectados entre sí a través de una llave conectora fabricada con el mismo material.



Ilustración 7: Llave de anclaje. Fuente: <https://www.trango-sys.com/>



Ilustración 8: Elemento estabilizador. Fuente: <https://www.trango-sys.com/>

En el caso de querer instalar un componente independientemente, se hará con el uso de cuatro elementos estabilizadores, dos a cada lado del componente.

Estos componentes individuales pueden ser empleados para simular obstáculos en mitad de las calles del poblado, así como ruinas, o para simular una calle para su posterior limpieza, sin tener que construir edificaciones completas.

Los componentes disponibles para el montaje de los que se compone la estructura del polígono urbano son:



- **Pared:** Es el principal componente del polígono urbano portátil, ya que es el más empleado en su construcción. Tiene unas dimensiones de 200 cm (alto) x 100 cm (ancho) x 15 cm (grosor), con un peso aproximado de 16 kg. Está compuesta por dos piezas, las cuales pueden ser desmontadas para su almacenamiento y transporte. En su estado desmontado, su grosor es de 5 cm. Sin embargo, se recomienda no desmontarlas debido a que se ralentizaría el montaje y desmontaje del polígono de combate urbano, además de dificultar su almacenamiento. Para conectarla a otro componente, son necesarias 6 llaves de anclaje

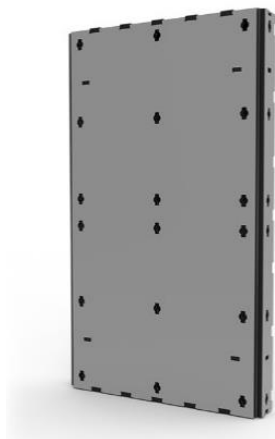


Ilustración 9: Componente puerta. Fuente: <https://www.trango-sys.com/>

- **Pared con ventana:** Tiene unas dimensiones idénticas a la pared: 200 cm (alto) x 100 cm (ancho) x 15 cm (grosor), sin embargo, su peso es de 14 kg. Para conectarla con otro componente, al igual que la pared, son necesarias 6 llaves de anclaje.

Con ella se pueden generar amenazas a la hora de realizar la limpieza de la posición. Cuantas más ventanas se coloquen en las viviendas, mayor será el nivel de dificultad en la instrucción. El tamaño de la ventana es de 70 cm, por lo que es posible realizar un tarteo¹ correctamente.



Ilustración 10: Componente ventana. Fuente: <https://www.trango-sys.com/>

¹ Tarteo: expresión coloquial empleada en las Unidades de Infantería del Ejército de Tierra refiriéndose al movimiento realizado con el fusil para realizar una comprobación de que no hay enemigo al otro lado de una puerta, ventana o butrón.



- **Muro:** Con unas dimensiones de 100 cm (alto) x 100 cm (ancho) x 15 cm (grosor) y un peso aproximado de 8 kg. El montaje del componente es igual que la pared, sin embargo, con la diferencia de que posee 1 metro de altura. Puede ser empleado para colocar muros callejeros, generando obstáculos que dificulten la limpieza del poblado. Pueden ser empleados para simular vallas de viviendas, así como jardines exteriores, corrales de animales o los típicos porches de las viviendas de oriente medio.

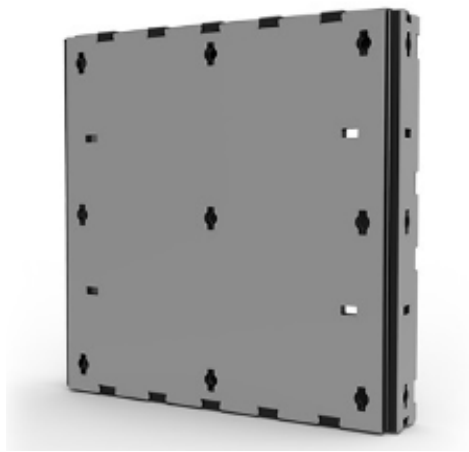


Ilustración 11: Componente muro. Fuente: <https://www.trango-sys.com/>

- **Puerta:** Es el componente de la instalación más complejo debido a que para su montaje e instalación son necesarios tres elementos: Dos llaves tornillo (para fijar la puerta a la pared adyacente), una viga de madera (para conectar la puerta a la pared) y dos bisagras (para conectar la viga de madera a la puerta y poder proporcionar el movimiento rotatorio a la puerta de una manera sencilla). Tiene una altura de 196 cm. Toda la información gráfica del sistema de anclaje y montaje de la puerta vienen reflejados en Anexo 4.



Ilustración 12: Puerta. Fuente: <https://www.trango-sys.com/>

Con este sistema se gana en robustez, pero de una forma simple por el tipo de piezas necesarias, las cuales, en caso necesario, pueden ser repuestas fácilmente.



Víctor Javier Español Castro

Para mayor estabilidad de la edificación, la puerta incluye un componente cuyo objetivo es unir las dos paredes adyacentes a la puerta mediante dos llaves de anclaje, una a cada extremo de la puerta.

Cada componente puede conectarse a otro mediante un ángulo de 90° o de 180°, de manera que las esquinas de nuestro polígono de combate urbano móvil solo podrán ser en ángulo recto. Los componentes pared, pared con ventana y muro podrían ser conectados entre sí de diversas formas, como se puede observar en el Anexo 3. De esta manera se pueden diseñar un inmenso número de escenarios distintos, con tantas de amenazas como se desee en cada ejercicio a realizar.

Se puede construir desde un poblado totalmente irregular, simulando los típicos núcleos de población árabe, hasta una urbanización moderna característica de los países del primer mundo. De esta forma, los combatientes podrán ser instruidos para cualquier tipo de escenario de conflicto urbano futuro.

En las siguientes imágenes se pueden observar dos ejemplos de posibles edificaciones, construidas a través de nuestro sistema de anclaje de componentes:



Ilustración 13: Ejemplo de pequeña edificación. Fuente: <https://www.trango-sys.com/>



Ilustración 14: Ejemplo de edificación (1). Fuente: <https://www.trango-sys.com/>



Ilustración 15: Ejemplo de conjunto de pequeñas edificaciones. Fuente: <https://www.trango-sys.com/>



Ilustración 16: Ejemplo de edificación (2). Fuente: <https://www.trango-sys.com/>

Como ya se ha mencionado anteriormente, también se podrán construir escenarios montados únicamente para que unidades de entidad binomio, escuadra, pelotón o sección puedan practicar la limpieza y el avance tanto por calles más amplias o avenidas, como por callejones más estrechos simulando barrios antiguos o incluso barricadas. De esta manera se podrá generar cualquier entorno de calle deseado, como se puede observar en la siguiente ilustración:

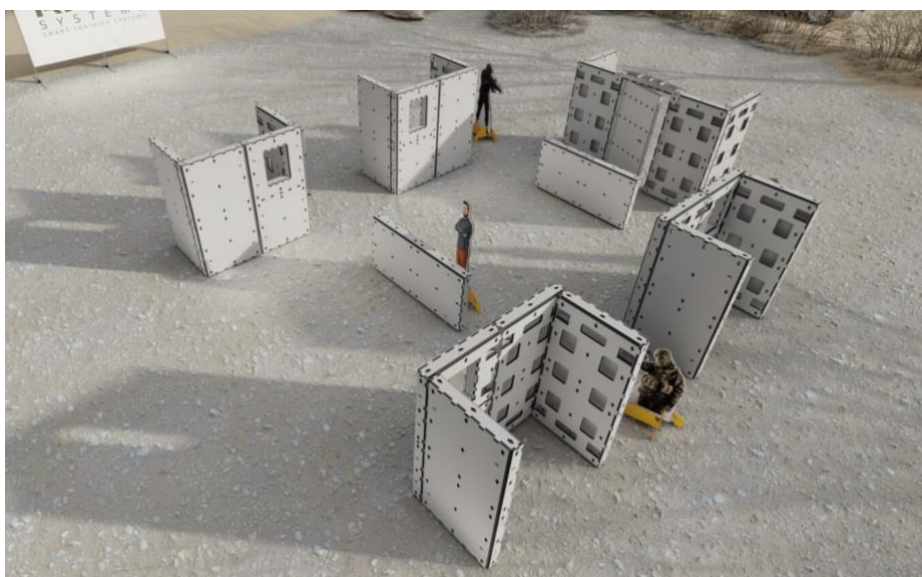


Ilustración 17: Ejemplo de entorno de calle. Fuente: <https://www.trango-sys.com/>



Para el montaje del polígono se deberían realizar las siguientes tareas previas, cada una con una finalidad clara definida:

- Estudio previo del terreno donde se quiere instalar, realizando mediciones para posteriormente definir los planos del poblado o edificaciones que se desean construir para un ejercicio de instrucción determinado. Estos planos deberán ser enviados al personal logístico especializado en montaje del polígono. No obstante, si el mando que solicite el montaje del polígono móvil para instruir a su Unidad rehúsa de diseñar su propio modelo, se le construirá un poblado estándar previamente diseñado.
- Limpieza superficial y desbroce de la zona donde se quiere instalar, con la finalidad de dejar la zona lo más lisa y nivelada posible, dando mayor estabilidad a las edificaciones. De esta manera se ralentizará el deterioro del material de los componentes, alargando su vida útil.
- Carga del número de componentes necesario para construir el polígono planteado en los camiones. Transporte hasta la zona destinada para su instalación. Descarga del material y montaje del PZZUU.

6.1.3. MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

Con la finalidad de garantizar un uso adecuado y eliminar o disminuir riesgos en el desarrollo de los ejercicios que se ejecuten en el polígono portátil, se recomiendan las siguientes medidas de mantenimiento y seguridad. Algunas de estas pautas han sido redactadas tomando como ejemplo las de otros polígonos de CZURB, como el del Abejar y el de Casas Altas del campo de maniobras de San Gregorio (Zaragoza). (Centro de Adiestramiento San Gregorio, 2008) (CENAD San Gregorio, 2019)

Toda construcción y mobiliario urbano deberá respetarse. No se recomiendan las demoliciones o destrucciones de cualquier tipo; así como picar o taladrar en las paredes para colocar elementos de simulación o ambientación. Se impedirá la realización de actos vandálicos durante su utilización, así como forzar y maltratar las puertas o ventanas de los edificios. No está autorizada la realización de pintadas en las paredes y fachadas de las casas, utilizándose para este fin pancartas o carteles, ser retirados una vez finalizada la práctica. El uso de medios de simulación estará condicionado por el posible daño a las instalaciones. En cualquier caso, el cuadro de mando responsable del ejercicio se responsabilizará de establecer todas las medidas de seguridad necesarias en el empleo de estos materiales de simulación.

Una vez finalizados los ejercicios, la unidad usuaria será la responsable de la limpieza, conservación y buen estado de las instalaciones recogiendo todo el material empleado, casquillos, botes de humo, candelas y restos varios ajenos a la instalación. Se darán novedades de su limpieza y de que no se hayan producido daños en las estructuras que lo conforman.

Al finalizar la utilización del PCZURB, los distintos materiales deberían ser revistados para comprobar los posibles daños causados a los mismos, permitiendo pedir materiales de repuesto para su posterior uso. En cualquier caso, con una periodicidad mensual, los materiales deberían ser revisados para detectar un posible mal empleo por parte de las Unidades o desperfectos causados por inclemencias meteorológicas. Todo esto quedaría reflejado en el Documento de registro de Inspecciones, disponible en el Anexo 5. En el documento, además, deberán incluirse los defectos a subsanar y que nos impiden hacer uso del mismo, aquellos que son necesarios reparar antes de volver a usarlo y las reformas que considere convenientes para mejorar la instrucción y la seguridad de la instalación.

Como ya se ha mencionado anteriormente, debería ser cometido de la Unidad usuaria del polígono dejar en buen estado el material. Para ello, tanto antes como después de su uso, se debería realizar una inspección visual, de manera que se comprobase visualmente la integridad mecánica de los componentes (ausencia de daños, deformaciones, desprendimiento de pintura, etc.) y asegurarse de que los componentes estén libres de suciedad o residuos externos.



Antes de comenzar a realizar los ejercicios, una vez montado el polígono, los usuarios se deberán asegurar de que los componentes estén bien sujetos y quietos, de que los dientes no estén flojos, de que no haya daños visuales en los componentes tales como agujeros, grietas o deformaciones.

Es recomendable el uso del casco por todo el personal durante la realización de los ejercicios, debiendo prestarse atención a aquellos elementos estructurales existentes en los que se puedan producir golpes en la cabeza. Deberá prestarse atención a aquellos elementos del equipo que puedan provocar enganchones, tropiezos o golpes. Siempre que se utilice munición de fogeo, debería ser obligatoria la utilización de gafas de protección.

El cuadro de mando responsable del ejercicio será el encargado de la dirección y ejecución del ejercicio. Asimismo, será el responsable de velar por el cumplimiento de la presente norma de uso.

El diseño y preparación de las prácticas, así como de las incidencias y simulación a realizar en el polígono, son responsabilidad de la unidad usuaria. Todas las Unidades usuarias de la instalación poseerán una copia de las normas que regulan su uso y funcionamiento, siempre que realicen un ejercicio. Además, todo el personal que vaya hacer uso de la instalación portátil, tiene la obligación de conocer y cumplir estas normas. Antes del inicio de cada ejercicio se debería realizar una exposición previa donde se resalten las medidas de seguridad contenidas en esta norma.

6.1.4. ANÁLISIS DE PESO, VOLUMEN Y TRANSPORTE

El transporte de los componentes desde el almacén logístico hasta la ubicación donde se desee construir el polígono de combate urbano, sería por medio de camiones IVECO M250, los cuales son los camiones que posee de dotación el Ejército de Tierra español, por lo que no habría que adquirirlos. Este vehículo es empleado en las Fuerzas Armadas para cumplir funciones logísticas para unidades de primera línea y parte trasera escalonada, especialmente, para el transporte de cargas. Sus datos logísticos relacionados con el transporte de cargas son: (Ministerio de Defensa, 2018b)

- Volumen de carga: 58,27 m³
- Carga útil: 13.800 kg



Ilustración 18: Camión IVECO M250. Fuente: defensa.com

Una vez descritas las características del camión Iveco M250, se exponen las características de los materiales Trango Systems: (Autoridad Nacional del Servicio Civil, 2021)



	Dimensiones	Volumen	Peso
Pared	2 m x 1 m x 0,15 m	0,3 m ³	14 kg
Pared y ventana	2 m x 1 m x 0,15 m	0,3 m ³	13 kg
Muro	1 m x 1 m x 0,15 m	0,15 m ³	7 kg
Puerta	2,15 m x 1 m x 0,1 m	0,215 m ³	16 kg
Stand para pared	0,57 m x 0,57 m x 0,15 m	0,049 m ³	1,5 kg

Tabla 3: Características de los componentes Trango System

Ya que el polígono portátil está pensado para ejercicios de instrucción a nivel sección como máximo, su tamaño deberá de ser nivel pelotón. Por lo tanto, el número de componentes a adquirir es: 100 paredes, 40 pared con ventana, 25 puertas, 20 muros y 40 soportes stand.

Haciendo el cálculo total de volumen del material a transportar, nos queda un volumen de:

- $(100 \text{ paredes} \times 0,3 \text{ m}^3) + (40 \text{ pared con ventana} \times 0,3 \text{ m}^3) + (25 \text{ puertas} \times 0,215 \text{ m}^3) + (20 \text{ muros} \times 0,15 \text{ m}^3) + (40 \text{ soportes} \times 0,049 \text{ m}^3) = \mathbf{52,34 \text{ m}^3}$

El volumen total del material del polígono portátil a transportar es 52,34 m³, por lo tanto, solo hace falta un camión IVECO para su transporte, ya que el volumen máximo de carga del vehículo es superior, siendo de 58,27 m³.

Respecto al peso de los materiales del polígono portátil, haciendo el cálculo según los pesos de sus componentes nos queda un peso total de:

- $(100 \text{ paredes} \times 14 \text{ kg}) + (40 \text{ pared con ventana} \times 13 \text{ kg}) + (25 \text{ puertas} \times 16 \text{ kg}) + (20 \text{ muros} \times 7 \text{ kg}) + (40 \text{ soportes} \times 1,5 \text{ kg}) = \mathbf{2.520 \text{ kg}}$

El peso total del material de la instalación portátil a transportar es 2.520 kg, por lo tanto, el camión IVECO M250 puede transportarlo entero, ya que posee la capacidad de transportar hasta una carga de 13.800 kg de peso.

6.1.5. FUNCIONALIDAD

Desde un punto de vista táctico permite la instrucción de las unidades en el combate en el interior de instalaciones hasta nivel sección. Una vez montada la estructura que simulará una serie de viviendas, se puede amueblar el interior con materiales y/o siluetas para aumentar el nivel de realismo y de instrucción del combatiente, aumentando su nivel de estrés, su motivación ante el ejercicio y su capacidad de concentración y respuesta hacia imprevistos durante el combate (siluetas enemigas, siluetas amigas, rehenes, obstáculos en el terreno, heridos, posibles IED, etc.). Para un mayor realismo, además, es recomendable que las unidades utilicen la misma uniformidad y equipo que utilizan en operaciones, siendo recomendable en cualquier caso el uso del casco.

Además, será posible el adiestramiento en el desembarco desde vehículo y posterior entrada en poblaciones, limpieza de edificaciones o la defensa perimetral de una población. De esta manera se podrán poner en práctica las TTP, s de limpieza de calles y edificios, simulación de reacción ante IED y demás procedimientos relacionados con la guerra en núcleos urbanos, como evacuaciones o registros.



6.2. ESTUDIO ECONÓMICO

A continuación, se muestra la estimación de costes que conllevaría llevar a cabo la adquisición del producto que se expone el trabajo. Este apartado es necesario para poder verificar su viabilidad de adquisición.

Los principales costes de este proyecto vienen dados por la adquisición de los distintos componentes y herramientas de montaje del polígono portátil de combate urbano, adquiridos a la empresa israelí Trango Systems, cuyas cantidades y precios totales vienen indicados en la siguiente tabla:

	Unidades	Precio/Unidad	IVA	PVP IVA Inc.	Total
Pared	100	560,00 €	117,60 €	677,60 €	67.760,60 €
Pared con ventana	40	560,00 €	117,60 €	677,60 €	27.104,00 €
Muro	20	280,00 €	58,80 €	338,80 €	6.776,00 €
Puerta	25	830,00 €	174,30 €	1.004,30 €	25.107,50 €
Soporte Stand	40	85,00 €	17,85 €	102,85 €	2.057,00 €
Precio total					128.804,50 €

Tabla 4: Costes de la adquisición

Los precios de los componentes de la estructura modular han sido proporcionados al proyecto por la empresa Trango Systems (Véase Anexo 7).

El coste de los portes es gratuito, ya que estos están incluidos en el precio al situarnos dentro del territorio español.

Como se puede observar en la tabla de costes, nos queda un precio total de 128.804,50 €. El precio se considera asumible, ya que con su adquisición se conseguiría una instalación puntera y versátil con la que el Ejército español se colocaría como país puntero en lo que a instalaciones de instrucción de combate urbano respecta, lo cual supondría un aumento en el nivel de instrucción de nuestros combatientes, como afirman las encuestas a expertos realizadas en este proyecto.

Como se ha mencionado en anteriores apartados, el número de unidades de los componentes esta diseñado para un pequeño poblado de cara a realizar ejercicios de nivel sección como máximo, aunque lo óptimo sería emplearlo para ejercicios a nivel pelotón. No obstante, tras el primer año de adquisición del producto, se aconseja atender a las encuestas realizadas para el control de modificaciones (Apartado 7).

En caso de que el resultado de las encuestas sea positivo, y los expertos en la materia afirmen que la adquisición e instauración del polígono de combate urbano diseñado en este proyecto ha cumplido con los objetivos marcados, se podría adquirir un número superior de unidades de componentes, aumentando el tamaño del poblado y pudiendo realizar instrucción de hasta nivel subgrupo táctico/compañía.



7. CONTROLAR – CONTROL DE MODIFICACIONES

Esta fase del proyecto corresponde a la última de la metodología DMAIC empleada. Con ella se pretende comprobar si con la adquisición del polígono portátil expuesto se han alcanzado los objetivos establecidos durante el desarrollo del proyecto. Para ello, se recomienda elaborar una guía que refleje la situación de los cambios incorporados. Esta guía permitiría conocer el estado de la integración durante el primer año de uso del PCZURB portátil.

Pasado este periodo de prueba, recomiendo realizar una encuesta los jefes de las Unidades que hayan sido usuarias de la nueva instalación para así poder controlar y analizar si las modificaciones instauradas han sido positivas para la instrucción de nuestras Unidades de Infantería en combate urbano.

A continuación, se expone la tabla donde se detallan las preguntas que nos permitirán controlar las modificaciones realizadas con la instauración del proyecto:

Modificación realizada	Objetivo	¿Ha mejorado la situación / se ha solventado el problema?
Empleo de paredes móviles para proporcionar distintas amenazas en cada ejercicio	Mejorar la calidad de la instrucción de los combatientes	
Instauración del primer polígono portátil en el Ejército español	Aumentar la calidad de las instalaciones del Ejército de Tierra respecto a CZZUU	
Instauración de un polígono de rápido montaje	Optimizar el tiempo de instrucción de forma rápida y segura	
Instauración de un polígono montable y desmontable	Aprovechar el espacio disponible en el interior de acuartelamientos empleando espacios sin uso para realizar actividades de instrucción	
Instauración de un polígono portátil	Poder ser instalado en cualquier zona, para así poder generar una gran variedad de escenarios de combate urbano	
Adquisición del proyecto	Mejorar las instalaciones de instrucción de combate urbano del Ejército español, proporcionando un aumento en el nivel de instrucción de nuestros combatientes	

Tabla 5: Control de modificaciones. Encuesta a realizar.



8. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

8.1. CONCLUSIONES

En las últimas décadas, la evolución de los conflictos ha hecho del combate en zonas urbanas y subsuelo uno de los puntos doctrinales claves para la instrucción y adiestramiento de las unidades del Ejército de Tierra.

A lo largo de este trabajo se han expuesto las instalaciones que posee el Ejército de Tierra para instruir a sus Unidades en este tipo de combate, llegando a la conclusión de que, en España, de forma desigual, cada unidad brigada cuenta con unas mínimas instalaciones, no normalizadas, que se aprovechan para realizar las prácticas de CZURB. Normalmente se trata de grupos de edificios abandonados, ruinas, fachadas de madera exentas, contenedores, armazones de tela, construcciones rehabilitadas, etc.

Por lo tanto, atendiendo a las necesidades de la mayoría de las Unidades del Ejército de Tierra, el objetivo de este proyecto se ha centrado en diseñar y proponer una oportunidad de adquisición un polígono móvil, portátil y transportable de combate en zonas urbanizadas, con el que, además de mejorar la calidad de la instrucción de los combatientes ofreciendo el amplio abanico de posibilidades que proporcionan este tipo de instalaciones, se pretende optimizar el tiempo y el coste de la instrucción. Cabe destacar los aspectos más importantes de este polígono de combate urbano, los cuales son sus características de móvil y portátil:

- Debido a su carácter móvil, se permite al mando instruir a su unidad rompiendo con la monotonía que ofrece un polígono fijo en el que todos los combatientes conocen de antemano la disposición de todas las amenazas que se irán encontrando a su paso. De esta manera, se aumenta el factor sorpresa de los combatientes, además de mejorar la instrucción en la toma de decisiones de los mandos. Factores suficientes para poder afirmar la preponderancia de un polígono móvil frente a los polígonos fijos al que acostumbramos a ver en este país.
- Su condición portátil nos ofrece el poder ser instalado en cualquier zona de un campo de maniobras, lo cual supone una diferencia en cada ejercicio de instrucción a realizar, ya que, a la hora de la toma de decisiones de cara al planeamiento por parte de los mandos, estos deberán hacerlo de manera distinta en cada ejercicio debido a la diferencia del entorno en el que está situado el polígono urbano. Este hecho ofrece un evidente aumento en la calidad de la instrucción, inexistente con el uso un polígono fijo, el cual siempre se encuentra en el mismo sitio, conocido de memoria por sus usuarios, rompiendo ese factor sorpresa y de planeamiento.

En definitiva, la instauración del polígono portátil supondría una innovación en el Ejército de Tierra en lo que a instalaciones de combate urbano respecta, cumpliendo además por algunas de las cualidades que han sido seleccionadas por el personal del Grupo de Regulares como primordiales en una instalación de este tipo: la seguridad, el realismo y la flexibilidad.

Respecto al coste, se considera viable el proyecto de la adquisición de la instalación portátil de combate urbano ya que el coste de los materiales es de 128.804,50 €.

Este trabajo me ha servido de gran ayuda para saber dónde debo buscar información y publicaciones oficiales, saber gestionar el tiempo y la manera de tratar y seleccionar información para cualquier proyecto y, por último, aprender numerosos detalles sobre el ámbito de combate urbano al conocer su dificultad y la instrucción necesaria para preparar a las unidades en este tipo de combate. Todo lo mencionado me reportará sin duda una gran utilidad en mi futuro profesional a la hora de gestionar un problema y de buscar los medios para resolverlo.



8.2. LINEAS FUTURAS

Viendo la lenta evolución y no muy esperanzadora de los conflictos en Oriente Medio y Próximo, no cabe duda de que la instrucción de combate urbano es ahora más necesaria que nunca al ser las ciudades o pequeños núcleos urbanos los escenarios más frecuentes de actuación de los ejércitos (Rivera, 2015). Por este motivo, el paso a seguir por las grandes potencias es aumentar el nivel de instrucción de sus Unidades en este tipo de combate. Para ello, se considera esencial la mejora de las instalaciones que el Ejército español posee para realizar este tipo de instrucción.

En este aspecto, el siguiente paso sería el combate subterráneo, ya que se ha constatado la creciente importancia que la guerra subterránea podría llegar a tener en el marco de los conflictos asimétricos (Defensa, 2015). Esto aporta una nueva campo de visión, un nuevo apartado en el combate urbano. Aunque aún no existen instalaciones punteras de este tipo en España, en el campo de maniobras de "Álvarez de Sotomayor" se está construyendo un polígono de combate en zonas urbanizadas pionero en nuestro país. Esta instalación contará con un polígono subterráneo compuesto por un entramado de galerías y ramales de grandes dimensiones.

El siguiente paso para el Ejército español podría ser la adquisición o construcción de un polígono de combate subterráneo portátil, construido de un modo similar al PCZURB expuesto en este proyecto, el cual, colocaría a nuestro Ejército, una vez más, a la cabeza de las grandes potencias militares del mundo.



9. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Academia de Infantería. (2003). *Combate en zonas urbanizadas* (pp. 1–12).
- Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (2014). Boletón Oficial del Estado. *Boletín Oficial Del Estado*, 51, 28 de febrero, 18987–19106. <https://www.boe.es/eli/es-vc/l/2019/02/05/1>
- Asoven. (2018). *PVC. Ventajas, fabricación e impacto ambiental*. 2018.
- Autoridad Nacional del Servicio Civil. (2021). Hoja técnica TRANGO. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (pp. 2013–2015).
- Bacon, R. (2018). El PVC (Policloruro de Vinilo). *UCA – Facultad de Química e Ingeniería “Fray Rogelio Bacon” - Bruera - Suarez*, 1–28. <https://estudioyensayo.files.wordpress.com/2008/11/pvc.pdf>
- Benayas, M. (2020). *Trabajo Fin de Grado*.
- CENAD San Gregorio. (2019). *Norma de uso instalaciones para el combate en zona urbana aérea “El Abejar.”*
- Defensa. (2015). “*La Brigada de La Legión realiza ejercicios de combate subterráneo en Almería y Granada.*”
- Duque, J. P. (2017). *Trabajo Fin de Grado Diseño de un polígono de combate en zonas*.
- Estado Mayor del Ejército. (2011). *Instrucción General 08/11 Sistema de Acuartelamiento (SACU)*. 32.
- Estado Mayor del Ejército. (2012). *Norma General 05/12 ;Subsistema de Infraestructura (SUINFRA)*;
- Geiss, R. (2006). Las estructuras de los conflictos asimétricos. *International Review of the Red Cross*, 1–23. http://www.hpcr.org/pdfs/HPCR_-_Transnationality_Roundtable_-_April_2006.pdf
- Instituto Español de Estudios Estratégicos. (2019). *Implicaciones militares derivadas de la ejecución de operaciones en áreas densamente pobladas. Documento de Trabajo*, 1–166. <http://www.ieee.es/contenido/noticias/2020/01/DIEEET06-2019ImplicacionesMilitares.html>
- Mando de Adiestramiento y Doctrina. (2006). *Combate de PU en zonas urbanas. MI4-001*. 252.
- Mando de Adiestramiento y Doctrina. (2008). *POLÍGONOS E INSTALACIONES DE COMBATE EN ZONAS URBANAS*. Granada, 26 de febrero de 2.008.
- Mando de Doctrina y Adiestramiento. (2015). *Instrucción Físico-Militar (Ifm). Tomo I (Mi-003)*. http://madoc.mdef.es:5500/Apli/D_BibliotecaVirtual.nsf/InicioWeb
- Ministerio de Defensa. (2012). *ANEXO III. Procedimiento para la ejecución de actuaciones de infraestructura relacionadas con las instalaciones de apoyo a la instrucción, adiestramiento y evaluación en el Ejército de Tierra*. 13.
- Ministerio de Defensa. (2016). *NT 07_16 Procedimiento para la solicitud y obtención de un recurso infraestructura en el ET* (p. 26).
- Ministerio de Defensa. (2018a). *IT 05_18 Medio ambiente* (p. 32).



Ministerio de Defensa. (2018b). *PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS* (pp. 12203–12204).

Ministerio de Defensa. (2019). *Entorno operativo 2035 MINISTERIO DE DEFENSA*.

Ministerio de Fomento. (2019). Documento Básico SE. Seguridad estructural. *Código Técnico de La Edificación*, 1–39. <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE.pdf>

Pizarroso Quintero, A. (2008). Justificando la guerra: Manipulación de la opinión pública en los conflictos más recientes. *Revista Internacional de Comunicación Audiovisual, Publicidad y Literatura*, 1(6), 3–19.

Rivera, M. J. (2015). El combate urbano, un escenario cada vez más frecuente. (2003). *Del mundo, desde Parla. 2015*.

San Gregorio, C. de A. (2008). *Centro de adiestramiento “san gregorio” plana mayor* (Vol. 304, pp. 1–13).

Trujillo, A. D., & Mohedano, J. L. (2019). *Introducción a las estructuras de edificación*.

Tzu, S. (1997). El arte de la guerra. *Cyber Humanitatis*, 1.



ANEXO 1: ENCUESTAS

I. Encuesta

La encuesta llevada a cabo tiene como objetivo conocer la importancia de la instrucción de combate en zonas urbanizadas, medir las necesidades que tiene el Ejército de Tierra respecto a instalaciones de combate en población. Además, de estudiar si un polígono de combate urbano portátil y móvil mejoraría la calidad de la instrucción en este tipo de combate. Para la realización de la encuesta se ha utilizado la herramienta de Google Drive, la cual permite realizarla de forma digital.

<p>DISEÑO DE UN POLÍGONO DE COMBATE URBANO PORTÁTIL</p> <p>Conteste a las siguientes preguntas con total libertad. Los resultados de esta encuesta serán utilizados con fines académicos por el caballero alférez cadete Víctor Español Castro. La encuesta forma parte del Trabajo de Fin de Grado con título: DISEÑO DE UN POLÍGONO DE COMBATE URBANO PORTÁTIL.</p> <p>Conteste a las preguntas teniendo que la escala va desde el 1 'muy poco' al 5 'mucho'.</p> <p>1. Indique sus años de servicio en las FAS</p> <p>_____</p> <p>2. ¿Posee el curso de Operaciones especiales o montaña?</p> <p><i>Marca solo un óvalo.</i></p> <p><input type="radio"/> Sí</p> <p><input type="radio"/> No</p> <p>3. Indique el número de misiones en el extranjero que posee</p> <p>_____</p> <p>4. Señale la importancia de instruir y adiestrar a las unidades en combate en zonas urbanizadas</p> <p><i>Marca solo un óvalo.</i></p> <p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input type="radio"/> 5</p>	<p>5. ¿Considera adecuado el grado de instrucción en combate en zonas urbanas en su Unidad?</p> <p><i>Marca solo un óvalo.</i></p> <p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input type="radio"/> 5</p> <p>6. Indique su grado de satisfacción con las actuales instalaciones de combate urbano que posee su Unidad</p> <p><i>Marca solo un óvalo.</i></p> <p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input type="radio"/> 5</p> <p>7. ¿Mejoraría su grado de instrucción con un polígono móvil de combate en zonas urbanizadas?</p> <p><i>Marca solo un óvalo.</i></p> <p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input type="radio"/> 5</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

II. Resultados de la encuesta

Tal y como se ha mencionado en el apartado 5.1, el personal encuestado (105 militares) se ha dividido en cuatro clases, asignándole un coeficiente de importancia distinto a cada uno de ellos. De esta forma, se ha obtenido una puntuación sobre 5 de cada una de las cuatro preguntas desarrolladas:



Clase	Personas	Coeficiente	Cuestiones (media por pregunta y clase)			
1	2	1	4,5	2	1,4	5
2	27	0,75	3,9	1,9	2	4,6
3	24	0,5	4,2	2,1	1,9	4,5
4	52	0,25	4,1	2,2	2,5	4,5
Puntuación (sobre 5)			4,05	2,03	2,08	4,56

Tabla 6: Resultados de la encuesta. Fuente: elaboración propia

La puntuación final tras las ponderaciones se obtiene mediante la fórmula:

$$\begin{aligned}
 \text{Puntuación} = & ((\text{N.º de personas clase 1} \times \text{Coeficiente clase 1} \times \text{respuesta cuestión clase 1}) \\
 & + (\text{N.º de personas clase 2} \times \text{Coeficiente clase 2} \times \text{respuesta cuestión clase 2}) + (\text{N.º de personas clase 3} \times \text{Coeficiente clase 3} \times \text{respuesta cuestión clase 3}) + (\text{N.º de personas clase 4} \\
 & \times \text{Coeficiente clase 4} \times \text{respuesta cuestión clase 4})) \times 5 / ((\text{N.º de personas clase 1} \times \text{Coeficiente clase 1} \times 5) + (\text{N.º de personas clase 2} \times \text{Coeficiente clase 2} \times 5) + (\text{N.º de personas} \\
 & \text{clase 3} \times \text{Coeficiente clase 3} \times 5) + (\text{N.º de personas clase 4} \times \text{Coeficiente clase 4} \times 5))
 \end{aligned}$$



ANEXO 2: ANÁLISIS DAFO

<p style="text-align: center;">Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mejora en la calidad de la instrucción de los combatientes por emplear paredes móviles proporcionando distintas amenazas en cada ejercicio. - Aumento la capacidad operativa de la Unidad. - Dotar de un polígono de combate urbano de forma rápida y económica a cualquier Unidad del Ejército de Tierra temporalmente. 	<p style="text-align: center;">Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es la primera vez que se realiza un proyecto de este tipo. - Que el Ejército no le de prioridad a nuestro proyecto con respecto a otros por no considerarse lo suficiente necesario
<p style="text-align: center;">Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> - Situar al Ejército español como país puntero de la OTAN en combate urbano. - Posibilidad de adquirir repuestos de material de manera rápida y económica. - Aumentar la calidad de las instalaciones del Ejército de Tierra respecto a CZZUU 	<p style="text-align: center;">Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Posibilidad de que el lote de materiales salga defectuoso o no sea tan bueno como nos querían vender. - Una mala integración de nuestro proyecto en el sistema del Ejército de Tierra a la hora de solicitar su uso. - Que el polígono caiga en desuso - Que nuevas futuras normativas nos impidan o limiten su instalación en algunas zonas (por ejemplo: en el interior de un acuartelamiento)

Tabla 7: Análisis DAFO



ANEXO 3: COSTES DE VALLADO NEONATURE:



Cliente: Victor - NIF:
- Otros
Email: victor-esp97@hotmail.com
Tel.: +34666667772
Entrega: - Otros

Presupuesto

PPTO-219450
Fecha: 27/09/2021

Superficie: Largo x Alto = m²
1º 100.00 m - 210 cm = 210.00 m²

Vallados y medianerías | 2 Caras | Tramo NeoMeck | **Total: 210.00 m²**

Artículo & Descripción	Unidades	Precio	Importe
NeoMeck (Coffe / Sand) Lama Madera Composte 15x2x220 cm	630	10,04 €	6.325,20 €
Soporte Metalico 300 (Silver / Brown) Dimensiones: 4x6x300 cm. (RAL 9007/8014)	46	38,55 €	1.773,30 €
Perfil U Aluminio 220 (Silver / Brown) Guía para insertar las lamas del tramo. RAL 9007-8014	92	15,93 €	1.465,56 €
Varilla Corrugada 220 Refuerzo central de tramo - Dimensiones: 3x3x220 cm.	45	3,93 €	176,85 €
Clip Union PVC 5mm 100 ud./paquete Tornillería NO incl.	2.600	0,16 €	416,00 €
Tornillo Autotaladrante 100 ud./paquete Tornillo rosca-chapa para Metal y Tubos Galvanizado.	500	0,06 €	30,00 €
Soporte Aluminio 110 (Silver / Brown) Suplemento Opcional Consultar precio en tarifa.	0	0,00 €	0,00 €
Soporte Aluminio 220 (Silver / Brown) Suplemento Opcional Consultar precio en tarifa.	0	0,00 €	0,00 €
Perfil Superior U Aluminio 220 (Silver / Brown) Accesorio Opcional de Remate Superior Consultar precio en tarifa. RAL 9007-8014	0	0,00 €	0,00 €
		Sub Total:	10.186,91 €
		Gastos de envío:	Consultar €
		IVA (21%):	2.139,25 €
		Total:	€12.326,16

Ilustración 19: Presupuesto vallado Neonature. Fuente: Neonature



ANEXO 4: MONTAJE DE PARED Y VENTANA



Ilustración 21: Montaje de puerta (1). Fuente: <https://www.trango-sys.com/>



Ilustración 20: Montaje de puerta (2). Fuente: <https://www.trango-sys.com/>

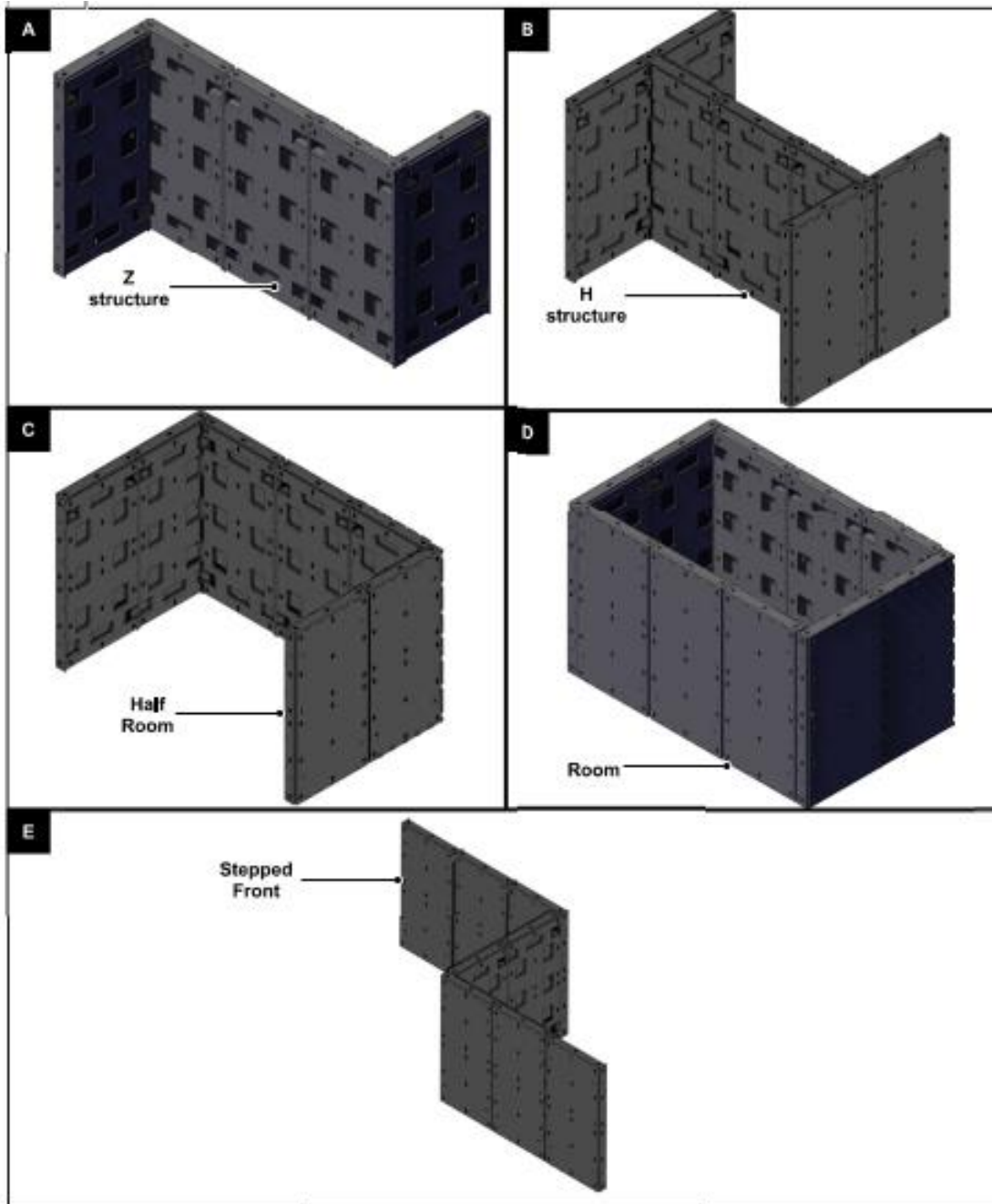


Ilustración 22: Ejemplos de conexión de componentes. Fuente: <https://www.trango-sys.com/>



ANEXO 5: MONTAJE DE PUERTA

Personal necesario para su montaje: dos ensambladores.

Procedimiento:

1. Soltar las llaves tornillo.
2. Colocar la puerta junto a la pared deseada y asegurarse de que los orificios de la cerradura están alineados.
3. Insertar las llaves tornillo en los lugares designados a través de ambos componentes.
4. Asegurarse de que las llaves tornillo están insertadas hasta la transición completa de las llaves tornillo a través de la pared adyacente
5. Verificar que las llaves tornillo están correctamente atornilladas y fijadas

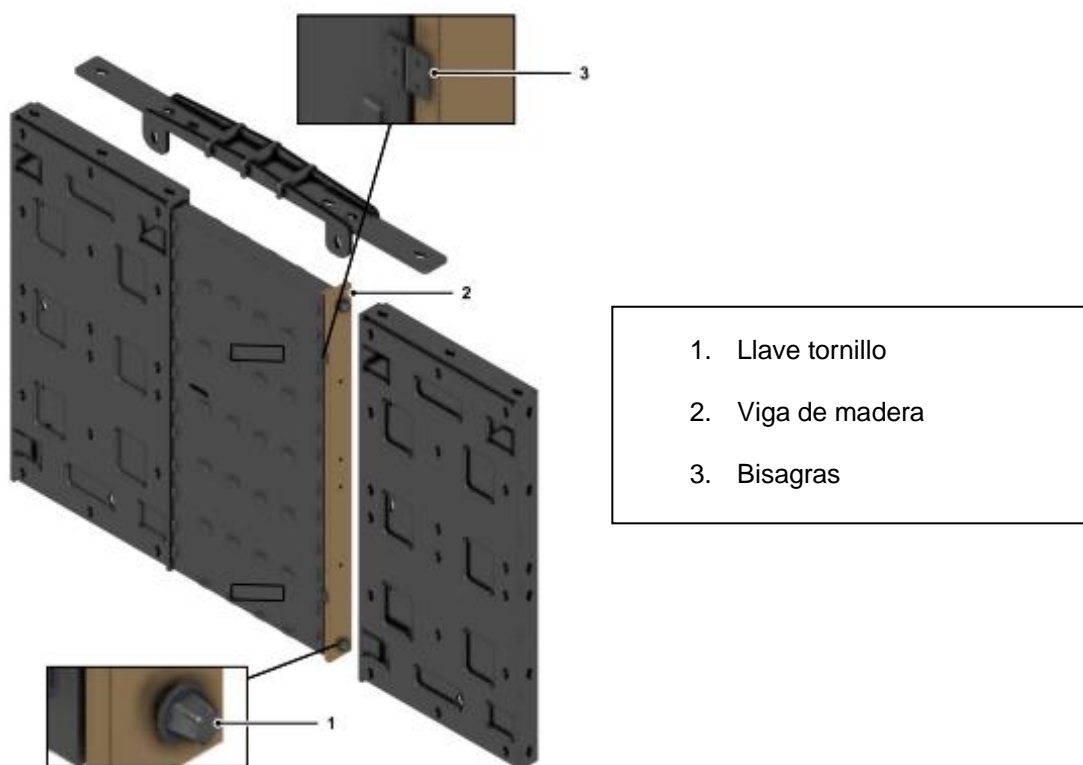


Ilustración 23: Ensamblaje de puerta. Fuente: <https://www.trango-sys.com/>



ANEXO 7: COSTES DE LOS COMPONENTES DEL POLÍGONO PORTÁTIL

TRANGO - ESTRUCTURA MODULAR PARA ENTRENAMIENTO DE TIRO ENTRADA INMUEBLES






Modelo	UNIDADES	Precio Venta	IVA	PVP IVA Inc.	TOTAL	IMAGEN
PARED PANELO 200 X 100 CM	18	560.00 €	117.60 €	677.60 €	12,196.80 €	
PARED PANELO 100 X 100 CM	4	280.00 €	58.80 €	338.80 €	1,355.20 €	
PARED PANELO CON VENTANA 100 X 100 CM	4	280.00 €	58.80 €	338.80 €	1,355.20 €	
PUERTA 200 X 100 CM	1	830.00 €	174.30 €	1,004.30 €	1,004.30 €	
STAND PARA PARED	2	85.00 €	17.85 €	102.85 €	205.70 €	

Ilustración 24: Costes de los componentes del polígono portátil. Fuente: Trango Systems.