



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Título del trabajo:
Proyecto de mejora, habilitación y
acondicionamiento de la galería de tiro MOE

Autor

Marcos Simón Pardos

Director/es

Director académico: Inés Cavero Peláez
Director militar: Capitán Luis Jesús Pérez Pérez

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
Año 2021-2022

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría dar las gracias a Inés Cavero Peláez por haberme ayudado en la realización del trabajo y haber resuelto las infinitas dudas que le he planteado. También quiero agradecer el trato recibido y los conocimientos que me han transmitido el Cap. Luis Jesús Pérez Pérez y el equipo de movilidad 92 de la Bandera de Operaciones Especiales “Maderal Oleaga XIX “de la Legión. Gracias a ellos, mis prácticas se han convertido en una experiencia inolvidable.

Del mismo modo, agradecer a mi familia, tanto a mis padres, abuela y hermano, por el apoyo incondicional que me han dado durante todos estos años y por haberme enseñado a perseguir mis sueños y luchar hasta el final por ellos. También nombrar a Carmen Abenia Abenia que no ha dejado de confiar en mí durante todo este trayecto.

Por último, agradecer a Luis Peña y a Rebeca Rodríguez Iglesia su enorme ayuda en la realización de este trabajo y por haberme impulsado a alcanzar la meta cuando más difícil me parecía.

RESUMEN

El siguiente trabajo pretende realizar la mejora, habilitación y acondicionamiento de la galería de tiro del MOE (Mando de Operaciones Especiales). Con ello, se espera alcanzar unas instalaciones que permitan elevar el nivel de instrucción y adiestramiento de los operadores del MOE con el objetivo de adaptarse a un espectro del conflicto cada vez más cambiante y rodeado de más incertidumbre.

En primer lugar, se ha realizado un análisis de las necesidades no cubiertas con la actual galería de tiro del acuartelamiento mediante entrevistas personales a los especialistas y las encuestas a los miembros del MOE. Con la información recabada, se ha hecho uso de la metodología AHP y el radar chart para decidir la prioridad de realización de las distintas obras. La prioridad era necesario establecerla dado que existen problemas económicos para llevar a cabo el proyecto y la forma de solucionarlo ha sido segmentarlo para que no tenga que llevarse a cabo en su conjunto, sino que se puedan ir haciendo las distintas obras a medida que la unidad tenga la capacidad económica.

Se definen las prioridades y se hace un estudio del arte de las galerías de tiro de las FCSE (Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado) para comprobar si las necesidades detectadas son inviables o por el contrario las FAS llevan cierto retraso en comparación con el resto de cuerpos. Una vez analizadas las distintas galerías de tiro se comprueba que las necesidades encontradas en la galería del MOE mediante la realización de encuestas y entrevistas han sido solventadas ya por las distintas FCSE.

Así pues, las necesidades observadas pretenden ser subsanadas en el cuerpo del trabajo de este TFG identificando cómo se van a llevar a cabo las distintas obras. Estas obras se basan en:

- Recubrimiento con acero balístico y caucho antirrebote de las paredes laterales y el techo.
- Instalación de un nuevo sistema de blancos que permite elevar el nivel de instrucción y adiestramiento.
- Sistema eléctrico que permita regular la luminosidad de la sala para hacer ejercicios con los medios de visión nocturna.
- Tejado para cubrir la galería de tiro y evitar así proyecciones al exterior, favorecer los ejercicios con medios de visión nocturna y la independencia que genera respecto a los agentes meteorológicos.
- Sistema de ventilación para favorecer la renovación del aire que puede contaminarse por la pólvora de los disparos al estar la galería cerrada.
- Un parabalas o espaldón que reduzca las tareas de mantenimiento y evite la acumulación de partículas de polvo al ser una galería cerrada.
- Cementación del suelo para evitar que crezca maleza en el interior de la galería de tiro.

PALABRAS CLAVE

Mejora, habilitación, acondicionamiento, instrucción y modernización.

ABSTRACT

The following Project aims, equip and refurbish the MOE's firing range. In this way, it is expected to achieve facilities that allow the level of instruction and training of MOE operators to be raised in order to adapt to a spectrum of conflict that is increasingly changing and surrounded by greater uncertainty.

In first place, an analysis of the uncovered needs of the current firing range of the barracks has been carried out through personal interviews with specialists and surveys of MOE members. With the information gathered, the AHP methodology and the radar chart were employed to decide on the priority of the different Works to be carried out.

Establishing the priority was necessary due to the existence of economic problems to carry out the Project. The approach to solve this problem has been the segmentation of the Project so that it does not have to be carried out as a whole, but rather the different Works can be developed as and when the unit has Budget available.

Once the priorities have been defined, a study of the military and police shooting range current situation is conducted to check whether the needs obtained are unfeasible or whether, on the contrary, the Land Forces are lagging behind the rest of the units. Once the different shooting ranges have been analysed, it is verified that the needs discovered through the surveys and interviews have already been met by the different forces.

Therefore, the needs observed are addressed in the body of the Project by identifying how the different Works are going to be carried out. These works consist of:

- Coating with ballistic Steel and anti-rebound rubber of the side wall and roof.
- Installation of a new target system to improve the level of instruction and training.
- Electrical system to regulate the luminosity of the room for exercises with the night vision equipment.
- Roof the cover the shooting gallery to prevent projections to the outside, favour exercises with the night vision equipment and obtain the independence generated with respect to meteorological agents.
- Ventilation system to favour the circulation of air that may be contaminated by gunpowder when the shooting range is closed.
- A parapet of trellis which reduces maintenance tasks and avoids the accumulation of dust particles due to the fact that the gallery is closed.
- Ground foundations to prevent the growth of weeds inside the shooting range

KEYWORDS

Improvement, modification, reconditioning, military training, modernization

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	4
ABSTRACT	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMO.....	12
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE.....	3
2.1. GALERÍA DE TIRO DEL TERCIO NORTE DE INFANERÍA DE MARINA	4
2.2. GALERÍA DE TIRO DEL GAR (Grupo de Acción Rápida)	4
2.3. GALERÍA DE TIRO DE LA ACADEMIA DE OFICIALES DE LA GUARDIA CIVIL (AOGC)....	6
2.4. GALERÍA DE TIRO DE LA POLICÍA LOCAL DE SAN SEBASTIÁN DE LOS REYES	7
2.5. GALERÍA DE TIRO DEL COLEGIO DE GUARDIAS JÓVENES DE VALDEMORO	8
3. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	8
3.1 MARCO TEÓRICO.....	8
3.2. OBJETIVOS Y ALCANCE	9
3.3. METODOLOGÍA	10
4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS	11
4.1 PUNTO DE PARTIDA	12
4.2. RECUBRIMIENTOS LATERALES.....	14
4.3. SISTEMA DE BLANCOS	16
4.4. SISTEMA ELÉCTRICO	20
4.5. TECHADO	20
4.5.1 CUBIERTA.....	21
4.5.2 VIGUETAS.....	22
4.5.3 VIGAS	24
4.5.4 PILARES	25
4.5.5 ZAPATAS.....	27
4.5.6. RESULTADO FINAL DE LA ESTRUCTURA DE TEJADO	28
4.6 SISTEMA DE VENTILACIÓN.....	28
4.7. ESPALDÓN	30

4.8. CIMENTACIÓN.....	34
5. CONCLUSIONES.....	37
6. BIBLIOGRAFÍA	38
7. ANEXOS.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta del Acto "Alférez Rojas Navarrete" y localización de la galería de tiro	2
Figura 2. Localización del Acto. "Alférez Rojas Navarrete" en Alicante. (Elaboración propia).....	2
Figura 3. Fotografías de la galería de tiro del Tercio de la Armada [5]	4
Figura 4. Fotografía del CAE desde dentro de la galería de tiro (Elaboración propia)	5
Figura 5. Fotografía del CAE desde dentro hacia los blancos. (Elaboración propia).....	5
Figura 6. Fotografía del parabaras de la galería de tiro del CAE (Elaboración propia)	6
Figura 7. Fotografía de la galería de tiro de la AOCG hacia los blancos. (Elaboración propia)....	7
Figura 8. Fotografía de la galería de tiro de la AOCG hacia los puestos de tirador. (Elaboración propia).....	7
Figura 9. Fotografía de las cortinas de látex que se utilizan en el parabaras de la AOCG. (Elaboración propia).....	7
Figura 10. Fotografía del parabaras de cortina de la galería de tiro de la AOCG. (Elaboración propia).....	7
Figura 11. Fotografía de la galería de tiro de la Policía Local (Elaboración propia)	8
Figura 12. Fotografía del interior de la galería de tiro del colegio de guardias jóvenes de Valdemoro hacia puestos de tirador y blancos [6].	8
Figura 13. Radar chart de los especialistas. (Elaboración propia)	11
Figura 14. Radar chart de los operadores. (Elaboración propia)	11
Figura 15. Descripción del problema AHP mediante un árbol de jerarquía. (Elaboración propia)	12
Figura 16. Testeo del acero dulce con proyectiles de arma larga (Elaboración propia)	13
Figura 17. Testeo de acero balístico HARDOX 450 de 6mm (Elaboración propia)	13
Figura 18. Fotografías del parabaras/ espaldón de la galería de tiro del MOE. (Elaboración propia).....	17
Figura 19. Fotografías del sistema de transporte de los blancos de Shooting Range. (Elaboración propia)	18
Figura 20. Sistema de blancos "Fulcrum Target System" [11]	18
Figura 21. Fotografía de un ejercicio de tiro con los "Fulcrum Target System" [12]	19
Figura 22. Fotografía del estado de los parabaras superiores. (Elaboración propia)	21
Figura 23. Estado de los parabaras superiores y de la cruz de San Andrés (Elaboración propia)	21
Figura 24. Componente de la cubierta deck [14]	22
Figura 25. Elección de las viguetas en función de la longitud necesaria [15].....	22
Figura 26. Medidas e imagen 3D de las viguetas VP-22 [16]	23
Figura 27. Detalle constructivo de la unión viga-viga [17]	24
Figura 28. Medidas e imagen 3D de la viga B-36 peraltada [18]	25
Figura 29. Características de las vigas peraltadas	25
Figura 30. Dimensiones de la sección del pilar [19].....	26
Figura 31. Pilares que sustentarán el tejado [20].....	26
Figura 32. Extremo del pilar adaptado para aceptar la unión con la viga B-36 [21]	27
Figura 33. Detalle constructivo de la zapata de cáliz [23]	27
Figura 34. Imagen 3D de la zapata de cáliz con la llegada del pilar [24].....	27
Figura 35. Imagen 3D de la galería de tiro con la estructura del tejado	28
Figura 36. Ventiladores axiales que cumplen con las características tras aplicar el filtro (Easy-vent) en la página de Soler and Palau.....	30
Figura 37. Ventanas de sobrepresión para el ventilador elegido tras aplicar el filtro de la página de Soler and Palau (Easy-vent).....	30
Figura 38. Fotografía del parabaras por su lateral (Elaboración propia)	31
Figura 39. Fotografía frontal del parabaras que cubre el espaldón de arena (Elaboración propia)	31
Figura 40. Fotografía de los parabaras de cortina de la empresa GTS [28].....	32
Figura 41. Fotografía de las cortinas de látex de la empresa GTS [29]	32
Figura 42. Croquis del parabaras de cortinas de la empresa GTS	32
Figura 43. Fotografía de las cortinas de látex del parabaras de la empresa GTS [36]	32
Figura 44. Fotografía del frente de protección GTS con acero balístico y caucho antirrebote [35]	33

Figura 45. Fotografía de la dolomita que se acaba de extraer de la cantera. (Elaboración propia).	34
.....	
Figura 46. Análisis geológico del terreno sobre el que está situado el Acto. del MOE [32]	35
Figura 47. Análisis hidrográfico del terreno sobre el que está situado el Acto. del MOE [33].....	35
Figura 48. Análisis de las fibras que se vierten al hormigón en masa [30].....	36

ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMO

AHP	Analytic Hierarchy Process
AOCG	Academia de Oficiales de la Guardia Civil
AQP	Advanced qualification program
BOE	Boletín Oficial del Estado
BOEL	Bandera de Operaciones Especiales de la Legión
CABOE	Curso de aptitud básica para operaciones especiales
CAE	Centro de Adiestramientos Especiales
CQB	Close Quarter Battle
CTE	Comandante
CUMA	Cuadros de mando
DBSE-AE	Documento Básico Seguridad Estructural Acciones en la Edificación
DIN	Organismo Nacional de Normalización de Alemania
EHE	Instrucción española de hormigón estructural
FAS	Fuerzas Armadas
FCSE	Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado
FGNE	Fuerza de Guerra Naval Especial
GAR	Grupo de Acción Rápida
GCG	Grupo de Cuartel General
HM	Hormigón en masa
IT	Instrucción Técnica
JAS	Jefatura de Apoyo y Servicios
MADOC	Mando de Adiestramiento y Doctrina
MOE	Mando de Operaciones Especiales
ODA	Calidad exterior del aire
OTAN	Alianza Atlántica

RITE	Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios.
RTVE	Radio Televisión Española
SME	Sargeant matter expert
SOF	Special Operations Forces
UEI	Unidad Especial de Intervención
ULOE	unidad logística de operaciones especiales
UNE	Asociación Española de Normalización
USAC	Unidad de servicios de acuartelamiento
VAMTAC	Vehículo de Alta Movilidad Táctica
VCOE	Vehículo de operaciones especiales (versión anterior al VMOE)
VMOE	Vehículo medio de operaciones especiales
ZO	Zona de Operaciones



1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día los conflictos internacionales han evolucionado hasta alcanzar nuevas dimensiones. El espectro del conflicto solía estar claramente diferenciado entre la guerra y la paz. Sin embargo, hoy en día nos encontramos con nuevos términos como son la guerra híbrida y los conflictos en la zona gris del espectro que obligan a las FCSE a prepararse dando a algunos elementos más importancia de lo que se hacía hasta ahora.

Es por ello que todo el ejército y especialmente los operadores del MOE necesitan elevar su nivel de instrucción en muchos aspectos, pero especialmente en el tiro. La causa es que debido a este nuevo tipo de enfrentamientos que ha aparecido, las zonas de conflictos se encuentran entre la población y en áreas donde hay que tener un alto control del entorno y del armamento dado que suelen ser núcleos urbanos con población civil en el medio.

En este llamado combate asimétrico, uno de los oponentes suele ser organizaciones criminales y terroristas como ISIS, DAESH, Boko Haram, etc. Debido a su inferioridad armamentística y numérica buscan nuevas tácticas como esconderse entre la población. Obligan por ello a las FCSE a trabajar en entornos donde el enemigo no teme dañar a los civiles mientras que los operadores deben velar por no provocar daños a personas a la vez que tratan de neutralizar la amenaza.

Por otro lado, la guerra híbrida [1] ha generado que estas organizaciones, que en un primer momento eran clandestinas, adquieran tintes políticos y apoyo de la población, lo que ha traído consigo cierto poder económico. Como consecuencia, muchas organizaciones terroristas están adquiriendo potente armamento para hacer frente a las tropas de la OTAN (Alianza Atlántica) en el extranjero o a las propias FCSE de un país en su propio territorio nacional. La suma de la asimetría del enemigo al que se enfrentan las FCSE y la mayor preparación que tienen sus tropas genera que los conflictos alcancen una zona gris en el espectro de los conflictos en los que se hace necesario usar equipos de operaciones especiales en lugar de las fuerzas convencionales. El objetivo es conseguir tratar estas operaciones con la mayor delicadeza posible dado que cualquier acto puede tener una gran repercusión en la sociedad internacional. Un ejemplo de ello podría ser las guerras de Irak y Afganistán ya cerradas actualmente. De acuerdo con la noticia publicada por RTVE (Radio Televisión Española) [2] las pérdidas civiles hasta la fecha de la noticia ascendían entre 897.000 y 929.000 personas en su mayoría civiles.

Como respuesta a estos nuevos conflictos, los distintos países han decidido utilizar a los grupos de operaciones especiales para cumplir con los cometidos que se desempeñan en este tipo de misiones y así tratar de reducir la firma de fallecidos civiles que se generan. Dichas unidades están de acuerdo con la Doctrina conjunta para las operaciones especiales [3]. Según este documento las SOF (Special Operations Forces) se definen como:

“Las Operaciones Especiales son operaciones militares desarrolladas por fuerzas especialmente diseñadas, organizadas, adiestradas y equipadas para alcanzar objetivos decisivos o de gran valor, en áreas hostiles o sensibles, mediante la utilización de tácticas, técnicas, procedimientos y modos de empleo diferentes de los utilizados por otras fuerzas. Se ejecutan en todo el espectro de operaciones militares (paz, crisis y conflicto), bien de forma independiente o bien en coordinación con otras fuerzas”.

“Por su versatilidad, capacidad de adaptación, flexibilidad, capacidad de innovación y explotación de nuevas tecnologías, son recursos idóneos para la prevención de situaciones de crisis desde tiempo de paz, así como en la contención de su escalada y, en su caso, en la resolución de conflictos, en particular los de carácter asimétrico.”

No obstante, estos conflictos obligan a las operaciones especiales de las FAS (Fuerzas Armadas) a alcanzar altos niveles de instrucción en el manejo de distintos tipos de armamentos. Dado que la gran parte de los conflictos se desarrollan en zonas urbanizadas, es necesario entrenar un nuevo concepto conocido como CQB (Close Quarter Battle). Este tipo de combate es aquel que degenera de la guerra híbrida y del combate asimétrico y establece como zonas de conflicto polígonos urbanos y el interior de los edificios. Por lo tanto, los operadores de los equipos requieren de material especializado para las entradas en los inmuebles de manera que puedan adaptarse a espacios pequeños y al gran problema de que el enemigo use la población civil como escudo



humano.

Como resultado de todo esto, es preciso que las FCSE, y en especial el MOE, aumenten el trabajo de instrucción destinado al disparo, tanto para elección de blancos móviles como en la reacción ante los blancos. De esta forma, se mejora en gran medida la preparación de los operadores para trabajar en los ambientes mencionados anteriormente.

El MOE, en el acuartelamiento “Alférez Rojas Navarrete” del Mando de Operaciones Especiales en Rabasa, Alicante, cuya localización se puede ver en las Figura 1 y Figura 2, cuenta con una galería de tiro para la realización de este tipo de actividades como se puede ver en las ilustraciones en el [ANEXO A](#). Sin embargo, dichas instalaciones, además de algunos fallos detectados, se han quedado anticuadas para hacer frente a las nuevas necesidades de la instrucción derivadas de los conflictos actuales descritos anteriormente.



Figura 1. Planta del Acto "Alférez Rojas Navarrete" y localización de la galería de tiro

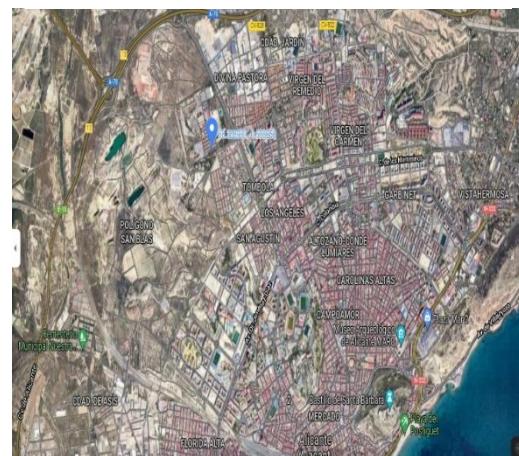


Figura 2. Localización del Acto. "Alférez Rojas Navarrete" en Alicante. (Elaboración propia).

Para ello, con este trabajo se propone generar una galería de tiro modernizada, que acabe con los fallos detectados y que aporte nuevas opciones para la instrucción y adiestramientos de las tropas del MOE sin tener que generar movimientos logísticos fuera de la base.

El ámbito de aplicación de la reforma alcanza varios aspectos. En primer lugar, se pretende reformar la galería de tiro para cumplir con la ley vigente (Real Decreto 137/1993 del 29 de enero) por el cual se establecen las características necesarias para una galería de tiro. Posteriormente se añadirán algunas implementaciones que se especificarán más adelante.

De acuerdo con la ley que regula la galería de tiro, es necesario cumplir con algunas características que impone la propia ley [4] como son:

- El tirador debe disponer de un espacio comprendido entre 1 y 1,5 metros de ancho y una profundidad de 1,3 a 1,5 metros según los calibres.
- Las paredes que van a separar los puestos de tirador evitando que los casquillos molesten al tirador deben tener una altura mínima de 2 metros, anchura 1,5 metros y una altura del suelo de mínimo 0,7 metros.
- Las marquesinas que limitan el ángulo de tiro tienen unas medidas ideales con una longitud de 2,5 a 3 metros y una altura del extremo más bajo de 2 metros. El ángulo debe quedar limitado a 40º. Debe tener hormigón recubierto para evitar rebotes.
- El suelo debe ser plano, horizontal y rugoso para evitar deslizamientos.
- El espaldón puede ser de tierra en talud de 45º, con recubrimientos de troncos o de muro con tierra en talud de 45º. Sin embargo, la ley se ha quedado anticuada y actualmente se permite el uso de otros tipos de parabolas como el parabolas de cortina.



Debe ocupar todo el ancho de la galería de tiro. El muro de tierra con talud debe sobrepasar 0,5 metros la trayectoria más desfavorable. Los taludes de tierra deben tener arena vegetal desprovistos de piedras.

- Las instalaciones eléctricas deberán ir protegidas de los posibles disparos. De la misma manera los focos de iluminación estarán protegidos por los parabaras o por parabaras especialmente colocados para su protección.

Dicho ámbito de aplicación viene marcado por las condiciones actuales de la galería de tiro. Con este proyecto se pretenden solucionar los distintos problemas que existen como podrían ser el escape de rebotes fuera de las instalaciones de tiro, la peligrosidad debido a la cercanía a una vía pública, un espaldón que no ha sido limpiado de los restos de proyectiles o los protectores antirrebotes desgastados. Esto genera situaciones de peligro y un desgaste tanto por el uso como por los agentes meteorológicos externos (dado que es abierta) que impide llevar a cabo las actividades de instrucción y adiestramiento. En definitiva, todos estos aspectos negativos han provocado el abandono de la galería de tiro.

Se busca una mejora, habilitación y acondicionamiento de la galería de tiro de manera que teniendo en cuenta los problemas que se han mencionado anteriormente, se consigan las siguientes implementaciones para alcanzar los objetivos que favorecerán la mejora, habilitación y acondicionamiento de la galería de tiro:

- La galería de tiro haya sido transformada para poder usarla con arma corta, fusil HK G36 con munición 5,56 x 45 y armamento que utiliza el MOE
- Se permita el disparo desde distintas distancias sin necesidad de salir de los puestos de tiro.
- Suelo cimentado para evitar el crecimiento de maleza.
- Techado de hormigón que permite disparar independientemente de las condiciones meteorológicas y que oculta de vistas ajenas.
- Colocación del sistema de ventilación para expulsar los gases nocivos y reducir la temperatura dentro de la galería de tiro.
- Instalación de luz regulable que permita el tiro en distintas condiciones de luz y con uso de medios de visión nocturna.

El trabajo se desarrolla de la siguiente manera. En la siguiente sección se expone el estado del arte aludiendo a las distintas galerías de tiro ya existentes. Le sigue el apartado de objetivos y metodología para continuar con el desarrollo, análisis y estudio de la reforma propuesta. Esta sección está dividida en subcapítulos ordenados en función de las prioridades de mejora siendo la primera la más importante y la última la menos importante. Cada subcapítulo lleva adjunto el precio final que conllevaría terminar esa implementación para que así se vayan ejecutando en función del presupuesto disponible. Todo esto dará lugar a un presupuesto global que definirá el precio que supone cumplir con todos los aspectos claves citados anteriormente. Se concluye ofreciendo el resultado final de cómo quedaría la galería de tiro.

2. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

El proyecto de fin de grado tiene como objetivo final la reforma de la galería de tiro situada en el acuartelamiento del MOE. Por ello, toda la investigación se ha basado tanto en observación directa del estado y condiciones de la galería de tiro como en antecedentes empíricos basados en la experiencia de los operadores que han usado estas instalaciones. Es notable el hecho de que, con un simple vistazo, se han puesto en evidencia gran parte de los problemas de la galería de tiro. Aun así, ha sido la experiencia de los operadores y de los especialistas de la galería de tiro los que han marcado el camino a seguir a la hora de fijar los objetivos que permitan la mejora de dicha galería.

La falta de documentación sobre la galería de tiro obliga a generar planos, visibles en el **ANEXO B**, para definir el estado del arte de la galería de tiro que hay en el acuartelamiento. Por otro



lado, el ámbito militar tiene unos marcos legislativos algo difuminados que obligan a tener muy clara la legislación vigente para tener un punto de partida desde el que justificar las decisiones. Además, el poco presupuesto con el que cuentan las FAS hoy en día obliga a buscar las soluciones más económicas, pero teniendo que respetar la legislación nombrada anteriormente.

Por ello, partiendo de estas bases, el objetivo es realizar una comparación con el resto de FCSE para situar el nivel mínimo de las instalaciones que necesitaría el MOE teniendo en cuenta que sus cometidos están relacionados con operaciones especiales. El proyecto no solo busca generar una galería de tiro que cumpla con las normas que se aplican a dichas instalaciones, sino que, además, quiere elevar el componente táctico y así, ofrecer nuevas posibilidades en el área de instrucción y adiestramiento.

2.1. GALERÍA DE TIRO DEL TERCIO NORTE DE INFANERÍA DE MARINA

En primer lugar, se analizan las instalaciones del Tercio Norte de Infantería de Marina en Ferrol. Por sus características, es quizás, el proyecto más similar a las particularidades de este Trabajo de Fin de Grado. Además de que esta unidad es la unidad de punta de lanza, en caso de conflicto, de la Infantería de Marina. La galería que se ve en la figura Figura 3, también sufrió una reforma y partía de un estado similar a las instalaciones del MOE. Las mejoras que se implementaron, como el recubrimiento con los materiales apropiados y los sistemas de creación de estrés, aportaron un gran valor táctico tanto a la hora de trabajar bajo presión como para el uso de distintas armas.



Figura 3. Fotografías de la galería de tiro del Tercio de la Armada [5]

2.2. GALERÍA DE TIRO DEL GAR (Grupo de Acción Rápida)

Dentro de la Guardia Civil, se ha analizado la unidad del GAR por ser también un grupo de operaciones especiales. Esta unidad usa las instalaciones del CAE (Centro de Adiestramientos Especiales), observables en la Figura 4, que también son empleadas para superar el curso que permite el acceso a esta unidad. En este caso, la galería de tiro cumple con todas las exigencias que se han propuesto como mejoras en el objeto de estudio de este proyecto. En primer lugar, han



solucionado las distintas distancias de tiro mediante unos blancos como los de la figura Figura 5 que se mueven. Esto permite solucionar la capacidad táctica de tiro a distintas distancias con un sistema de movimiento. Los materiales que se utilizan en esta galería de tiro son los mismos que presenta la galería de tiro del Tercio Norte de Infantería de Marina y sigue la tónica general de las galerías de tiro modernas. De esta galería de tiro se extrae la idea de usar los parabaras de cortina de la figura Figura 6 en lugar del espaldón de arena por la facilidad para realizar la limpieza de las balas y porque evita que se levante polvo cuando se producen muchos disparos (a diferencia de otra unidad de operaciones especiales como es la Unidad Especial de Intervención [UEI]). Además, al estar totalmente cubierta se ha añadido la luz regulable para practicar ejercicios de tiro en distintos ambientes de luminosidad. Esta opción permite aumentar la capacidad táctica. Por otro lado, además de tener una mesa de tiro que permite el disparo a distintas distancias, cuenta con blancos con tiempo de exposición colocándose de canto cuando no se puede disparar y de frente cuando sí se puede. Como aspecto negativo, esta galería de tiro tiene pocos puestos de tirador lo que genera aumentos en los tiempos de ejercicios de tiro.



Figura 4. Fotografía del CAE desde dentro de la galería de tiro (Elaboración propia)



Figura 5. Fotografía del CAE desde dentro hacia los blancos. (Elaboración propia)



Figura 6. Fotografía del parabaras de la galería de tiro del CAE (Elaboración propia)

2.3. GALERÍA DE TIRO DE LA ACADEMIA DE OFICIALES DE LA GUARDIA CIVIL (AOGC)

La galería de tiro de la Figura 8 es nueva, por lo que su estudio es útil para ver las nuevas tendencias en la realización de galerías de tiro. De esta galería se extrae la idea de recubrir el suelo con materiales que impidan los rebotes permitiendo así el uso de blancos a distintas distancias. Otra de las opciones que tiene esta galería de tiro es la proyección de imágenes sobre los blancos para favorecer el trabajo en estrés. Aunque no se ha valorado esta opción para las instalaciones del MOE, si coincide con la idea extraída de favorecer el trabajo de reacción en el disparo. Como en el resto de galerías de tiro se ha optado por un parabaras de cortinas de caucho, como el de la Figura 10. Para no dejarlo al descubierto se ha usado una cortina de material conocido como “carne de pulpo”, ejemplo visible en la Figura 9, evitando posibles rebotes por parte del parabaras. Sin embargo, esta galería no cuenta con blancos móviles. De acuerdo con lo extraído en las encuestas a operadores y a especialistas los blancos móviles suponen una gran implementación a la hora de aumentar la capacidad táctica. Los encargados de esta galería afirman que la colocación de blancos, de distinta forma a la de la Figura 7, es decir, a distintas distancias, podría generar disparos fortuitos contra el suelo que fueran peligrosos.



Figura 7. Fotografía de la galería de tiro de la AOCG hacia los blancos. (Elaboración propia).

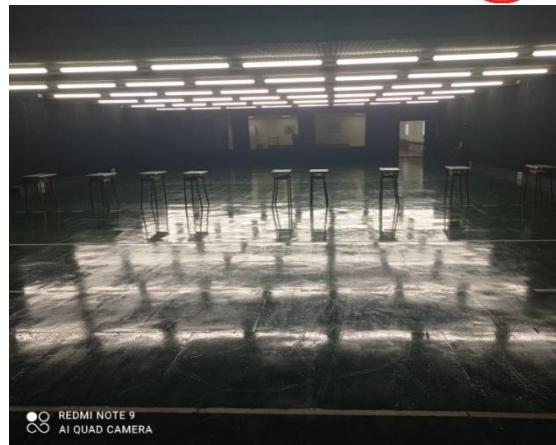


Figura 8. Fotografía de la galería de tiro de la AOCG hacia los puestos de tirador. (Elaboración propia).



Figura 9. Fotografía de las cortinas de látex que se utilizan en el parabala de la AOCG. (Elaboración propia).



Figura 10. Fotografía del parabala de cortina de la galería de tiro de la AOCG. (Elaboración propia).

2.4. GALERÍA DE TIRO DE LA POLICÍA LOCAL DE SAN SEBASTIÁN DE LOS REYES

Por otro lado, se ha estudiado la galería de tiro de la policía local de San Sebastián. Esta unidad no pertenece al régimen de unidades dedicadas a operaciones de especial dificultad, pero resulta interesante cómo, a pesar de no desempeñar esas funciones, cuentan con una galería modernizada. En este caso nos encontramos nuevamente con una galería de tiro, mostrada en la Figura 11, que utiliza luz artificial protegida en el techo. En este caso, en lugar de proteger las pantallas de luz, han hecho el techo en forma de dientes de sierra, de manera que es imposible golpearlas con algún proyectil. Las paredes están recubiertas de acero balístico HARDOX 500 como el elegido para este proyecto y caucho antirrebote tanto en el suelo como en las paredes laterales. Los blancos se encuentran a una distancia fija. Estos blancos tienen tanto en la parte superior como en la inferior, losetas de caucho antirrebote que protegen tanto los rieles de los blancos como el enganche superior de los parabaras de cortina. Este parabara de cortina es la forma más eficaz de recoger las balas que se disparan sin tener que limpiar el espaldón, especialmente en plantas por debajo del suelo totalmente tapadas. Detrás de las cortinas de látex, aparecen unos parabaras de cortina que reducen la energía cinética con la que llegan los proyectiles mediante el golpeo en las cortinas de caucho. El proyectil cae al suelo donde se puede recoger el cartucho más fácilmente.



Figura 11. Fotografía de la galería de tiro de la Policía Local (Elaboración propia)

2.5. GALERÍA DE TIRO DEL COLEGIO DE GUARDIAS JÓVENES DE VALDEMORO

En este caso lo que se pretende demostrar es que no es necesario ser una unidad de élite o con acciones directas para tener unas instalaciones modernas. En este caso, el colegio de guardias jóvenes de Valdemoro prepara a gente civil para entrar en el cuerpo de la Guardia Civil. Como se puede observar, los puestos de tiro son móviles, lo cual podría ser una solución al tiro desde distintas distancias sin necesidad de mover los blancos, siempre y cuando exista en un techo que evite proyecciones hacia el exterior. Por otro lado, se observa que toda la galería de la Figura 12 está cubierta con acero dulce (disparo de arma corta) y caucho antirrebote como el que se va a poner en la galería del MOE. El parabaras nuevamente está formado por cortinas de látex que cubren las cortinas de caucho que detendrán los proyectiles.



Figura 12. Fotografía del interior de la galería de tiro del colegio de guardias jóvenes de Valdemoro hacia puestos de tirador y blancos [6].

3. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

3.1 MARCO TEÓRICO

Este proyecto consiste en la habilitación, mejora y acondicionamiento de la galería de tiro del MOE. Se considera necesario definir qué es una galería de tiro y qué acciones se van a llevar a cabo para cumplir con dichas tareas de habilitación mejora y acondicionamiento.

De acuerdo con el BOE (Boletín Oficial del Estado) [7] en el número 55, comenzando en la página 7048, [ANEXO C](#):

1. Se considerarán campo y galerías de tiro los espacios habilitados para la práctica de tiro que reúnan las características y medidas de seguridad que se determinan en el anexo del citado Reglamento.

2. A los efectos dicho Reglamento, se considerará polígono de tiro el espacio, limitado y señalizado, que esté integrado, como mínimo, por dos campos de tiro, dos galerías de tiro, o un



campo y una galería de tiro.

3. Los campos y polígonos de tiro sólo podrán ser instalados en los terrenos urbanísticamente aptos para estos usos y en todo caso fuera del casco de las poblaciones.

Las implementaciones que pretende añadir el proyecto de reforma de galería de tiro son viables desde el punto de vista legal con las restricciones marcadas en los requisitos del [ANEXO C](#). [7]

Se ofrece una definición de dichas implementaciones o tareas antes de mencionar los objetivos concretos:

- Habilitación

La habilitación consistiría en las reformas necesarias para conseguir que la galería de tiro cumpliera con la ley vigente y con las normas de seguridad. En concreto, la instalación de un tejado que impida la salida de proyecciones al exterior sustituyendo los actuales parabaras superiores, la instalación de un sistema eléctrico que permita la visión una vez se haya colocado el tejado o el sistema de ventilación que permite renovar el aire viciado por la pólvora que expulsan las pistolas son las obras relacionadas con la habilitación.

- Acondicionamiento

Mediante el acondicionamiento, se puede adaptar la galería de tiro a las nuevas exigencias que tienen los equipos operativos, ya que, debido a la implementación del uso de arma larga además del uso de arma corta, es necesario cambiar los materiales que recubren las paredes laterales para conseguir que los impactos de los proyectiles no las perforen.

- Mejora

Finalmente, la mejora de la galería de tiro consistiría en la realización de una solera, la instalación de unos sistemas de blancos que favorezcan la instrucción cada vez más demandante de los operadores o unos parabaras que sustituyan al actual espaldón de arena reduciendo las tareas de limpieza que se tenían que llevar a cabo anteriormente. El sistema eléctrico que permite regular la cantidad de luz que ofrecen las pantallas de iluminación pueden verse como una mejora también.

3.2. OBJETIVOS Y ALCANCE

La inspección in situ y los comentarios del personal de las JAS (Jefatura de Apoyo y Servicios) sumados a la opinión personal de jefe interino de la BOEL (Bandera de Operaciones Especiales de la Legión) han dado a conocer los siguientes defectos existentes en la galería de tiro:

- La galería de tiro no está cubierta por lo que la actividad queda a expensas de las condiciones meteorológicas.
- Los parabaras han demostrado no ser suficientes para evitar que las proyecciones salgan fuera de la instalación. Todo ello, sumado a la cercanía a una autovía que progresó por fuera del cuartel, provoca que no se use la galería de tiro.
- No existe un suelo artificial por lo que cada cierto tiempo crece maleza que tiene que ser retirada periódicamente.
- Los materiales de la galería, sobre todo maderas y acero dulce, están desgastados por su uso y por los agentes meteorológicos externos y no cumplen con las funciones que se les han marcado.
- El acero dulce que se ha colocado como material para detener los impactos de los proyectiles solo tiene resistencia ante tiros de arma corta. Debido a la necesidad de generar una galería de tiro de arma corta y arma larga, es indispensable la instalación de otros materiales que soporten el desgaste generado por este nuevo uso.

Por ello los objetivos específicos para conseguir la habilitación, mejora y acondicionamiento de



la galería de tiro son los siguientes:

- Contactar con las galerías de tiro de distintas unidades de las FCSE para determinar el estado del arte respecto al MOE (las distintas galerías de tiro ya han sido descritas anteriormente).
- Estudio negativo de colocación de una estructura metálica cuyo resultado final dará lugar a la colocación de un techo hormigonado con hormigón ligero.
- Estudio de las densidades de los distintos hormigones para evitar la colocación de pilares intermedios.
- Colocación del sistema de ventilación debido al cerramiento de la galería de tiro de manera que se eliminen las partículas en suspensión.
- Instalación y modificación del sistema eléctrico para permitir la regulación de la cantidad de luz.
- Proceder a la eliminación de los parabaras superiores debido al desgaste.
- Realizar análisis del suelo para conocer el nivel freático y decidir el tipo de hormigón a colocar.
- Obtener presupuesto del hormigón con fibras utilizado en la solera.
- Estudio del material que recubrirá la galería de tiro y de las zonas a proteger con los materiales determinados (tela metálica o acero balístico), lana de roca para la insonorización y el caucho antirrebote.
- Realización de un espaldón con cortinas que reducirá el mantenimiento y limpieza. Instalación de lonas que embellezcan la zona de blancos y eviten que quede a cara descubierta el parabaras de cortina y acaben con posibles proyecciones debido al parabaras de cortina.
- Instalación del sistema de blancos para satisfacer las necesidades de tiro a distintas distancias y con velocidad de reacción.

3.3. METODOLOGÍA

Se pretende abordar la reforma de la galería de tiro desde el punto de vista táctico (favorecer la instrucción y adiestramiento de los equipos operativos), económico (reducir los costes ocasionados por la reforma y optimización de la galería de tiro debido a que es el factor limitante hoy en día de las FAS), de mantenimiento (tratar de eliminar el tiempo de mantenimiento de la galería de tiro para permitir que los equipos operativos trabajen en sus determinadas áreas) y de durabilidad (proyecto con vistas a medio y largo plazo sin necesidad de realizar obras posteriores).

Será necesario conocer los aspectos negativos de la galería de tiro. Para ello, se realizarán tanto inspecciones visuales in situ como entrevistas y cuestionarios a personal responsable de la galería de tiro perteneciente a la USAC (Unidad de Servicios del Acuartelamiento) como al CTE (Comandante) Rapalo (jefe interino de la bandera de operaciones especiales de la Legión).

Para llevar a cabo este proyecto se ha precisado de dos tipos de metodologías:

- En primer lugar, se han llevado a cabo métodos cualitativos, más en concreto entrevistas y grupos de discusión. El objetivo era enfocar las necesidades que tenía el MOE respecto a instrucción y adiestramiento y la forma en que los especialistas las solucionarían sin tener en cuenta el factor económico. El MOE cuenta con personal muy experimentado y que a menudo tiene muchos años de servicio en las filas de la unidad. Es por ello que se ha aprovechado su destacada experiencia para delimitar el ámbito de aplicación del proyecto, en este caso, mediante los grupos de discusión conformados en su mayoría por el equipo de movilidad 92 de bandera de operaciones de la legión. También se ha usado el servicio de documentación de MADOC (Mando de Adiestramiento y Doctrina) con el fin de obtener información almacenada en la



biblioteca militar con la que comparar el estado del arte de las galerías de tiro en las FAS.

- Por otro lado, se han utilizado métodos cuantitativos para decidir de manera objetiva la prioridad de cada una de las necesidades obtenidas de los análisis cualitativos. Entre ellos, se ha decidido utilizar (como se ha comentado anteriormente) el radar chart, el método AHP, las encuestas y las pruebas de resistencia de los materiales balísticos que recubrirán la galería de tiro.

4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

Se van analizar las posibles áreas de mejora en relación con la contribución al aumento de las capacidades tácticas. Este análisis vendrá de la encuesta adjunta en el [ANEXO D](#) y los cuestionarios realizados a los jefes de equipo de los distintos grupos de operaciones especiales y a los especialistas (SME [Sargeant Matter Expert]). Dichas áreas de mejora serán comparadas entre ellas mediante el método AHP (Analytic Hierarchy Process) y radar chart con el objetivo de determinar la prioridad de realización de las implementaciones en función del precio que se estima y de la optimización que aporta a la galería de tiro. Esta metodología permite tomar decisiones que beneficien la instrucción de los operadores a la vez que cumple con las necesidades intrínsecas de las galerías de tiro. Con estos resultados se realizará un radar chart.

El radar chart se ha dividido en dos grupos: los especialistas y los operadores. El propósito es conseguir dos visiones: por un lado, la de la gente que organiza y prepara los ejercicios de tiro y por otro lado la de la gente que lo ejecuta.

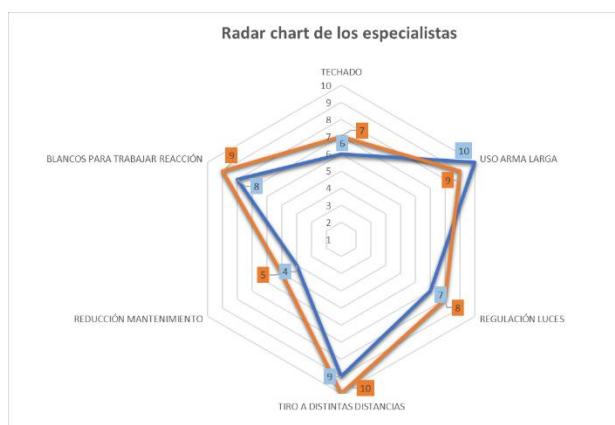


Figura 13. Radar chart de los especialistas. (Elaboración propia).

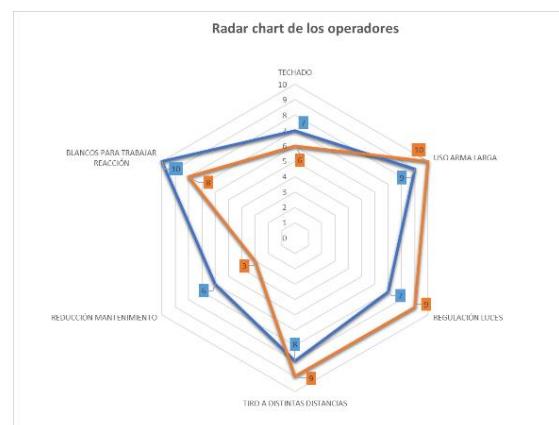


Figura 14. Radar chart de los operadores. (Elaboración propia).

Una vez que se tienen claras las preferencias de los especialistas y operadores de los equipos operativos, es necesario comparar los beneficios tácticos de estas elecciones respecto al precio que tienen y a otros factores que puedan afectar a la toma de decisiones como podrían ser la facilidad técnica, comodidad, etc. De esta manera, es posible establecer la viabilidad de las preferencias de los equipos operativos. Para ello vamos a utilizar el método AHP:

Hacemos una toma de decisiones multicriterio en función de aspectos cualitativos difíciles de valorar de manera cuantitativa. Para ello se han tomado cuatro criterios en función de los cuales se decide una de distintas alternativas. En este caso los criterios eran el bajo coste, el nivel táctico, la facilidad técnica y la comodidad. Las alternativas son las mismas utilizadas en el radar chart (techado, arma corta/larga, distintas distancias de tiro, luminosidad, reducción del mantenimiento y blancos para trabajo de reacción.)

En [ANEXO E](#), se pueden observar los distintos cálculos llevados a cabo mediante el método AHP. En resumen, este método consiste en comparar los distintos criterios entre sí dándole valores en función de la tabla de Saaty, que se adjunta en el [ANEXO E](#). De la misma manera se actúa con las distintas alternativas. Una vez se tienen las matrices de comparación de las alternativas y de los criterios, se normalizan sacando la prioridad de los criterios. De aquí se realiza una ponderación para obtener el vector de prioridades de cada una de las alternativas y de los criterios. Una vez



llegado a este punto, hay que hacer una suma producto para sacar el valor de cada una de las alternativas ponderada por el valor del criterio.

Es decir, se produce una jerarquización que se observa en la Figura 15.

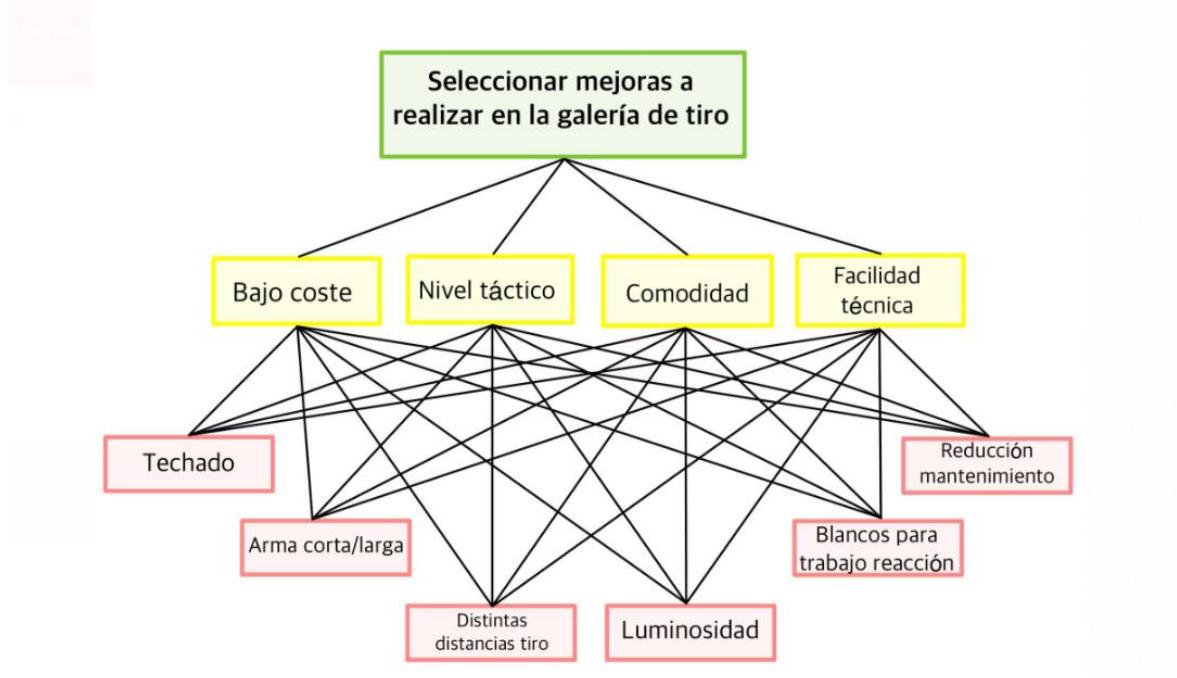


Figura 15. Descripción del problema AHP mediante un árbol de jerarquía. (Elaboración propia)

Finalmente se han utilizado métodos cuantitativos para el análisis de los materiales utilizados. Las galerías de tiro suelen tener paredes de hormigón que se recubren con acero (balístico o dulce) y con caucho antirrebote. La diferencia entre estos dos tipos de acero es que aquel metal cuya composición de carbono es menor al 2% sin ningún otro elemento de aleación apreciable se considera dulce y solo soporta el impacto de proyectiles que vienen de armas cortas. El acero balístico, en cambio, es aquel cuya composición aumenta la cantidad de carbono en función de las necesidades y añade otros como podría ser cromo, níquel, molibdeno, etc.

Para tomar una decisión respecto al uso de acero dulce o acero balístico teniendo en cuenta que se va a hacer uso de armas largas y armas cortas se prueban estos materiales con la ayuda de *Shooting Range* (Zaragoza) probando su resistencia al impacto de los proyectiles del HK G36E, arma de dotación del ejército de Tierra.

A continuación, se detallan las implementaciones necesarias para realizar el acondicionamiento, mejora y habilitación de la galería de tiro en función de las ideas extraídas en la encuesta realizada a los operadores y a los especialistas de los distintos equipos operativos, disponible en [ANEXO D](#). Cada uno de los apartados corresponde con una de las acciones llevadas a cabo en la instalación y están ordenadas de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis AHP y en el radar chart.

4.1 PUNTO DE PARTIDA

En primer lugar, los resultados demuestran que el acero dulce no soporta el impacto de los cartuchos de 5,56 mm x 45mm por lo que el acero elegido tiene que ser el balístico. De la misma manera, se observa que 6mm es el espesor que asegura que el acero balístico soporte los impactos. Como en el caso del MOE se utilizan distintos tipos de armamento a parte del ya citado, se opta por hablar con un especialista (Brigada Zaragoza) del segundo escalón de la ULOE (Unidad Logística de Operaciones Especiales) para definir si el material elegido cumpliría también con las exigencias que demandan estos materiales. Este especialista se encarga, entre otros cometidos, de la comprobación y adquisición de la munición que utilizan los equipos operativos.

De acuerdo con la información que el Brigada Zaragoza proporcionó, las comprobaciones de



la munición HK G36 5,56 x 45 y las de 9 x 19 parabellum demostraban que, tanto la munición utilizada por la pistola Five Seven como por el P90 (cartuchos de 5,7mm) tienen una mayor penetración que la munición de HK. Sin embargo, tiene un menor alcance que la de HK debido al menor contenido de pólvora. Esto hace que sean cartuchos similares que pueden superar las pruebas para HK.

Por otro lado, se usarán también fusiles MP-5 SD con dos tipos de municiones (supersónica y subsónica). La diferencia entre ambas es si la velocidad es próxima a la de la luz o no y el sonido que eso produce. Ambas tienen un comportamiento técnicamente hablando similar. Los proyectiles son de 9mm por lo que supera la prueba en el acero balístico de 6mm.

Finalmente se utiliza la UMP con munición 45 acp similar a la munición de 9mm, pero de mayor anchura, lo cual aumenta el poder de parada. Esto quiere decir que el poder de penetración es menor que el de la 9mm, si bien produce un mayor desgaste en el material que con las otras armas mencionadas anteriormente. Este desgaste habría que tenerlo en cuenta en el mantenimiento de medio-largo plazo.

Como resultado se observa que el acero balístico de 6mm soporta el impacto del armamento utilizado el MOE.



Figura 16. Testeo del acero dulce con proyectiles de arma larga (Elaboración propia)

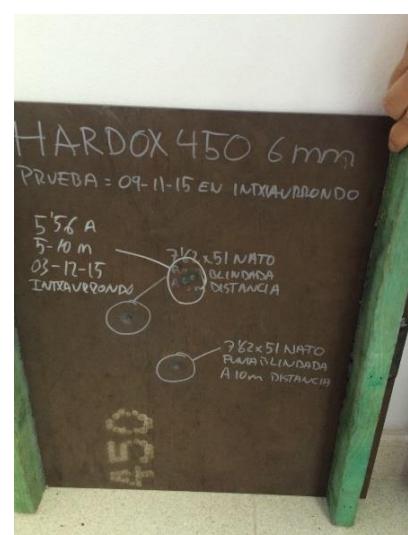


Figura 17. Testeo de acero balístico HARDOX 450 de 6mm (Elaboración propia)

Por otro lado, a través de los resultados obtenidos en el radar chart se ha conseguido realizar una priorización de las necesidades detectadas en la galería de tiro. Debido a la modularización de las obras en función del dinero disponible, el radar chart indica que el orden a seguir es:

Por parte de los especialistas las preferencias quedan organizadas de la siguiente manera:

- Uso de arma larga y tiro a distintas distancias
- Blancos que favorecen los ejercicios de reacción
- Regulación de luces para hacer ejercicios con distinta luminosidad
- Cubierta de la galería de tiro
- Reducción del mantenimiento de la galería de tiro mediante la instalación de un mejor parabala y una solera.

Por parte de los operadores las preferencias quedan organizadas de la siguiente manera:

- Uso de arma larga
- Blancos que favorecen los ejercicios de reacción
- Tiro a distintas distancias



- Regulación de luces para hacer ejercicios con distinta luminosidad
- Cubierta de la galería de tiro
- Reducción del mantenimiento de la galería de tiro mediante la instalación de un mejor parabaras y una solera.

Por lo tanto, se observa que las preferencias prácticamente coinciden en todos los lugares salvo en el de tiro a distintas distancias. Como los ejercicios son definidos por los especialistas, que habitualmente son las personas que llevan más años en la unidad, y es muy similar a la opinión de los operadores, se va a dar más peso en este caso a la valoración de los especialistas.

El método AHP ha generado otro orden distinto al que se tenía en el radar chart. El radar chart guarda cierto componente subjetivo mientras que con el método AHP se puede analizar desde un punto de vista más objetivo. De esta manera, se pueden introducir a las necesidades operativas otros valores como el efecto económico, que es la limitación más importante de este proyecto. Por lo tanto, los resultados obtenidos son los siguientes:

- Luminosidad
- Arma corta/larga
- Blancos para el trabajo de reacción
- Techado
- Distintas distancias de tiro
- Reducción de mantenimiento

El método AHP está preparado para que todos los criterios y alternativas sean independientes unas de otras. Además, pretende evitar que se produzca un sesgo subjetivo en la toma de decisiones. Sin embargo, hay que destacar, que a pesar de tratar de hacer las matrices de valoración lo más realistas respecto a las opiniones obtenidas de las encuestas y las entrevistas, algunas de las alternativas a elegir están indirectamente relacionadas. Es el caso, por ejemplo, del tejado y la luminosidad, pues a pesar de que tácticamente (criterio mejor valorado) la luminosidad está mejor valorada que el tejado, sin tejado no es posible instalar la luminosidad. Teniendo en cuenta esto, es posible entender los resultados obtenidos. A pesar de la relación entre estas dos alternativas, los resultados son muy similares a los obtenidos en el radar chart. Teniendo en cuenta que la luminosidad se ha visto influida por los valores del techado, se retrasará su posición detrás de las distintas distancias de tiro. A continuación, se moverá el techado delante de luminosidad debido a la necesidad de hacerlo para poder llevarlo a cabo. No obstante, queda demostrado que, en cuanto a prioridades para la instrucción y adiestramiento, la luminosidad aporta en mayor medida más beneficios que el techado.

4.2. RECUBRIMIENTOS LATERALES

La galería de tiro cuenta con unas paredes laterales de hormigón, protegidas con unos muros oblicuos que impiden que los impactos de los proyectiles incidan directamente sobre las paredes laterales. Sin embargo, dicho hormigón está al descubierto por lo que puede generar proyecciones dentro de las instalaciones. Dado que la galería de tiro estaba pensada para arma corta y se pretende extender su uso a arma larga, es necesario colocar un recubrimiento para evitar que los impactos dañen las paredes laterales.

La probabilidad de que las paredes laterales sean golpeadas por un impacto directo es baja, dado que son las paredes oblicuas las que reciben todos los choques de los proyectiles. Por ello, se plantea recubrir las paredes laterales con tela antidesgaste. La tela antidesgaste, conocida formalmente como acero de alta resistencia al desgaste, es un material que no tiene tanta resistencia al impacto como el acero balístico pero que sí soportaría choques puntuales. Por ello, dada la poca probabilidad de que una bala golpease contra las paredes laterales, se podría usar esta tela antidesgaste abaratando costes.

Existen distintos tipos de aceros balísticos y de distintas durezas. En este caso, basándose en



las pruebas descritas anteriormente, se opta por un MARS 500 que es el acero ofrecido por la empresa URSSA o por los aceros que ofrecería la empresa SSAB. Ambas también ofrecen la tela antidesgaste mencionada.

Una vez se habla con las dos empresas mencionadas anteriormente, las opciones serían:

- En el caso de URSSA, entre las distintas opciones disponibles como se puede ver en el [ANEXO F](#), el elegido es el acero de protección Mars 500 Brindell de unos 6mm. En dicha empresa se ofrece las opciones que se pueden ver en el [ANEXO G](#) teniendo en cuenta también las pruebas realizadas en el [ANEXO H](#) elegiríamos el de 6,2mm o 6,3mm. Como se tendrían que fabricar a petición del consumidor, se opta por la opción de elegir uno de 6,5 mm que al estar en stock abarataría los costes. Se aproximan unos gastos de 2974 €/ T. Este material permitiría tanto el tiro de 7,62 x 51 NATO (9,7g) como el de 5,56 x 45 NATO SS109 (4g). Además, se podrían incluir en las zonas donde no se produce un impacto directo de los proyectiles la tela antidesgaste (conocida como acero de alta resistencia al desgaste). En este caso para cumplir con las características especificadas se utilizaría RAEX 500 de 6mm con un coste de 1904 €/ T. Este material sería aplicable tanto en los parabaras como en los revestimientos de las paredes laterales o las paredes de los puestos de tirador. No incluyen los costes de corte para los cuales se elegiría entre las dos empresas de corte más cercanas a Alicante que serían Hidegar Laser o Laser manufacturing.
- En el caso de la empresa SSAB, las opciones más viables que cumplirían con las características que se han determinado a partir de las pruebas técnicas serían los aceros HARDOX, los aceros ARMOX o los aceros RAMOR. Respecto a las chapas HARDOX podemos ver sus características en el [ANEXO I](#) y se elegirían los materiales HARDOX 500. Esta opción sería más económica que el ARMOX si bien ha sido un material testeado en múltiples ocasiones en el ámbito militar. De acuerdo con la norma EN 1522 (European Committee for Standardization) se escogería un nivel de protección FB6 la cual con un ARMOX 500 Brindell de 6,5 mm (probado en pruebas mostradas en anexo) aseguraría el disparo ante 7,62 x 51 NATO (9,7g) y 5,56 x 45 NATO SS109 (4g). En el caso del RAMOR de acuerdo con la misma documentación que el ARMOX se elegiría RAMOR 500 de 6,5 mm con las mismas condiciones que el ARMOX.

De acuerdo con una empresa muy experimentada en montaje en este campo como es Tradesegur, tanto las paredes como los techos se suelen revestir con planchas de caucho ondulado de alta densidad (debería encontrarse entre 50SH⁰⁰ A+/Shores S). Además, debe cumplir la norma DIN (Organismo Nacional de Normalización de Alemania) 4102 por lo que debe estar construida en material B2 [8] a partir de granulado de caucho ligado con poliuretano y prensado hasta conseguir una compresión de 0,99 N/mm². Las placas de caucho suelen seguir una formación en dientes de sierra para ofrecer una mayor seguridad ya que minimiza la reverberación. Incluso la propia forma fomenta la reducción acústica.

Una vez analizada la opinión de la empresa Tradesegur, la cual, como se ha dicho tiene una amplia experiencia en el montaje de galerías de tiro, y las características técnicas/precio de los materiales analizados en las empresas URSSA y SSAB, se ha decidido recubrir los muros oblicuos con MARS 500 y las paredes laterales con RAEX 500. Además, este vendría recubierto también de lona de roca como aislante térmico y caucho antirrebote.

Para conseguir el caucho antirrebote se han planteado dos opciones. La primera opción se encuentra en Alicante y pertenece a la empresa Verdú. Sus placas no necesitan conservación. Las medidas en las que vienen son de 1000mm x 500mm x 45mm con un precio de 25 €/m². El transporte tendría costes menores debido a la cercanía al cuartel. La segunda opción vendría de la empresa Cauplast, cuyas características se especifican en [ANEXO J](#). Estas presentan losetas presentan el mismo tamaño que las de la otra empresa. Con esta empresa se pondrían dos tipos de caucho antirrebote; uno para las paredes laterales y otro para el techo. De tal manera que las paredes tendrían un grosor de 45mm y las del techo de 30 mm. Las losetas se venden por metro cuadrado de tal manera que dos losetas de esta empresa saldrían por un precio de 28 € las de las paredes y 27 € las del techo. Cada palet de estas losetas es de 30 m² y cada palet 75 €. En función de las



necesitadas el precio puede variar a precio por camión o por palet. Finalmente, la opción elegida es Cauplast.

4.3. SISTEMA DE BLANCOS

El sistema de blancos es una de las implementaciones más valoradas por los especialistas de tiro (SME) y por los miembros de los equipos operativos. La introducción de un sistema de blancos que permita el tiro a distintas distancias y el tiro de reacción (blancos que están en posición de disparo o en posición de no disparo) es una forma de favorecer la instrucción. Este concepto es realmente importante debido a varios factores:

- En primer lugar, el nuevo personal que egresa del CABOE (Curso de Aptitud Básica para Operaciones Especiales) necesita prácticas sencillas con el armamento que se utiliza en esta unidad. A pesar de tratarse en el curso, los SME coinciden en que son necesarias muchas prácticas en seco para que los nuevos operadores dominen el armamento.
- El MOE cuenta con una zona para la práctica de tiro que está alejada del cuartel por lo que obliga a usar vehículos para desplazarse hasta allí. La instalación de unos sistemas de blancos que cumplan con los requisitos marcados anteriormente reduciría el coste en combustible que se necesita para que todos los equipos se desplacen al campo de tiro.
- Por otro lado, uno de los problemas detectados con las entrevistas y las encuestas es la falta de carnet C que hay actualmente en esta unidad. El carnet C es necesario para conducir los vehículos en base a VAMTAC (Vehículo de Alta Movilidad Táctica) ST5 como el URO VAMTAC, VMOE (Vehículo Medio de Operaciones Especiales), VCOE (Vehículo de versión anterior al Vehículo Medio de Operaciones Especiales) o los camiones. Por ello, hasta que se solucione la necesidad de carnets C, una galería de tiro que permita realizar gran parte de los ejercicios de tiro para la instrucción de los operadores aporta una salida al problema de movilidad existente.
- Actualmente, la galería de tiro cuenta con una única posición de blancos cuyas sujetaciones están protegidas con un muro de hormigón cubierto de acero dulce y caucho antirrebote. El tiro tenía lugar de manera que los blancos quedaban fijados en los reposa-blancos y eran los operadores los que se desplazaban a lo largo de la galería de tiro para realizar tiro a distintas distancias. Esto generaba, entre otros problemas, que los parabaras superiores no fueran efectivos y se produjeran proyecciones fuera de la galería de tiro. Además, de acuerdo con el Real Decreto 137/1993 del 29 de enero, el disparo en las galerías de tiro solo está permitido desde los puestos de tirador. El desgaste de los propios materiales se puede ver en la Figura 18.





Figura 18. Fotografías del parabaras/espaldón de la galería de tiro del MOE. (Elaboración propia)

Como consecuencia, se han valorado dos opciones. La primera consiste en crear unos blancos transportados que se muevan a distintas distancias a través de unas guías colocadas en el techo. La segunda opción consiste en un nuevo sistema de tiro llamado "Fulcrum Target System". Este sistema permite el tiro reactivo a la vez que se puede mover a la posición deseada de manera natural:

1- La primera opción sería realizada por la empresa Tradesegur, dado que es una empresa con dilatada experiencia en la construcción de galerías de tiro especializada en sistemas de blancos. Este mismo sistema se puede observar en la galería de tiro de Zaragoza (Shooting Range), mostrada en la Figura 19. Consistiría en la instalación de unos raíles que arrastraran los blancos por medio de un motor y una polea hasta los puestos de tirador. Los blancos irían enganchados mediante un cuelgue a estos raíles. No obstante, esta opción se desechó por varios motivos. En primer lugar, el sistema necesita cierto mantenimiento consistente en aceitado y limpieza de los raíles. Dado que uno de los objetivos era reducir el tiempo de mantenimiento, esta tarea sería contraproducente. En segundo lugar, el sistema suele dar errores como motivo de los impactos de los proyectiles contra los raíles, que generan deformaciones, impidiendo el paso de los blancos a su través. Esto desembocaría en un desembolso de dinero en compras y reparaciones.

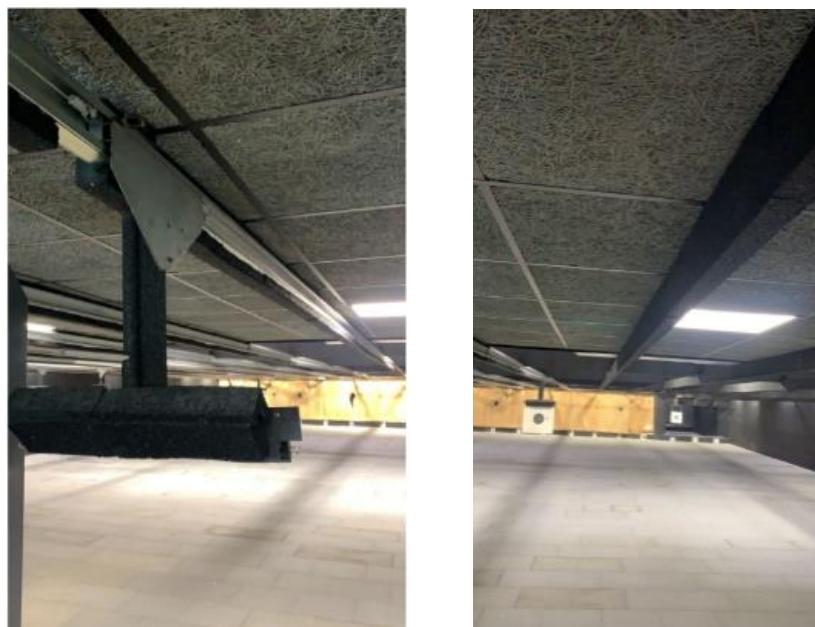




Figura 19. Fotografías del sistema de transporte de los blancos de Shooting Range. (Elaboración propia)

2- Como segunda opción se proponen los blancos “Fulcrum System target”, observables en la Figura 20. Estos blancos ya han sido probados por la FGNE (Fuerza de Guerra Naval Especial) correspondiente a las operaciones especiales de la Armada y han demostrado cumplir con las exigencias de la instrucción de los operadores. Dichos blancos fueron también recomendados al MOE por parte de la unidad de experiencias. Esta unidad se encuentra encuadrada en el GCG (Grupo de Cuartel General) y su trabajo es probar distintos materiales para dar al MOE los mejores posibles. En el caso de los sistemas de blancos, la unidad de experiencias ya había realizado un estudio previo que afirmaba que el sistema de blancos “Fulcrum Target System” permitía realizar ejercicios de reacción a distintas distancias reduciendo el tiempo que se tardaba en preparar los ejercicios de tiro debido a la facilidad de desplazamiento y de montaje. Dicha información ha sido cedida por la unidad de experiencias y se puede ver más detalladamente en el [ANEXO K](#).

El sistema consiste en una caja que contiene los reposa-blancos en su interior y que posee una batería que se conecta. Cuando se quiere realizar tiro, hay que sacar los reposa-blancos y engancharlo a la sujeción que tiene la propia caja y conectar la batería al sistema. Posteriormente, se conecta a un control remoto mediante el cual se proyectan los ejercicios deseados. Este sistema permite la opción de realizar una burbuja que conecte todos los blancos y sean dirigidos mediante un único control remoto. El sistema es fácilmente desplazable a la posición deseada por lo que soluciona el tiro a distintas distancias y permite tres tipos de tiro reactivo.

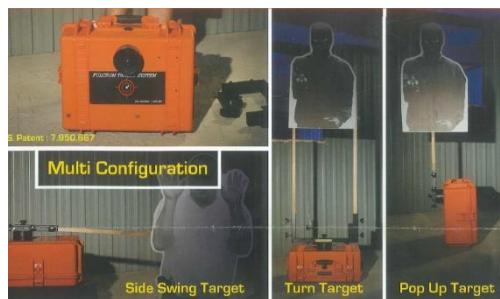


Figura 20. Sistema de blancos "Fulcrum Target System" [9]

En primer lugar, está el “Pop-Up target”. Este consiste en que el blanco cae hacia atrás y rebota para alcanzar la posición original cuando es alcanzado por un proyectil de manera que puede comprobarse si los disparos están siendo efectivos. Se puede regular para que caiga a distintos ritmos y así trabajar ejercicios en los que el enemigo no es abatido con un primer disparo y es necesario reiterar.

Por otro lado, se encuentra el “Turn target”. Esta opción provoca que el blanco tenga dos posiciones. Una primera en la que el operador no debería disparar y una segunda posición en la que el operador trabaja su capacidad de reacción y velocidad para ejecutar el primer disparo. Mediante este sistema se pueden trabajar ejercicios de velocidad de reacción y de trabajo con el armamento pasando de posición de búsqueda a posición de disparo.

En tercer lugar, tiene el “Side swing target”. Mediante esta configuración el blanco pasa a posición lateral de manera que permite realizar trabajo en posiciones que no son cómodas para el



operador. Así se puede imitar que el enemigo se está asomando por algún recoveco o ventana. Un ejemplo de esta posición se puede ver en la Figura 21.



Figura 21. Fotografía de un ejercicio de tiro con los "Fulcrum Target System" [9]

Además, este sistema es transportable por lo que aparte de ser usado en la galería de tiro podría ser desplegado fácilmente, mediante los vehículos con los que cuenta la unidad, a ZO (Zona de operaciones).

El precio a pagar sería de 4544,63 € por cada sistema de blancos y sería distribuido por la empresa Milypol. El precio total seria de 36.357,04 €.



4.4. SISTEMA ELÉCTRICO

Una vez realizado el techo de hormigón, es necesario instalar un sistema eléctrico que permita el disparo dentro de la galería de tiro. Aprovechando la necesidad de establecer el sistema de alumbrado, ya que actualmente la visibilidad no es suficiente, se propone modificarlo para instalar un nuevo sistema que permita la regulación de la cantidad de luz. De esta manera, se podrían realizar ejercicios, con distinta visibilidad, en el interior de la galería de tiro.

Para ello, se seguiría el siguiente sistema:

- Instalación de unos 80 m de línea de alimentación para el alumbrado bajo tubo m40 y cable 2+TTx 6mm². Este cable va cubierto entre el acero balístico y la pared de hormigón ya existente. El precio ronda los 1080 €.
- Por otro lado, se sacan aproximadamente 120 m de línea de derivación del circuito principal que irá por la pared lateral derecha para llevarlo cubierto por las viguetas del techo hasta las pantallas de iluminación. Está cubierta bajo tubo m20 y cable de 2+ TT x 1,5 mm².
- Se calculan teniendo en cuenta viguetas cada siete metros unas 30 pantallas de iluminación de superficie 2x1500 o incluso tubos LED 20W-4000K. Esto sumaría 960 € para el cableado de derivación más 3000 € de las pantallas de iluminación. De nuevo, las viguetas cubren tanto el cableado de derivación como las pantallas de iluminación. De esta manera, se evita tener que poner una protección específica de acero balístico para estos materiales.
- Finalmente, se cambia el cuadro de luz existente por un cuadro eléctrico superficie compuesta por 1 PIA 4x10A, 1 diferencial 4x40-30 y un regulador de luminosidad. Este cambio ronda los 960 €.

4.5. TECHADO

Las galerías de tiro son espacios diseñados para proteger el puesto del tirador y aportar comodidad a la práctica del disparo. Por este motivo, las galerías de tiro que se hacían antiguamente solían ser abiertas y solo protegían de las inclemencias meteorológicas a los tiradores. Con el paso del tiempo, la tendencia de las galerías de tiro ha seguido el cerramiento como se puede observar en el estado del arte. Los motivos son de lo más variados:

En primer lugar, una galería totalmente cerrada asegura que no va a producirse ninguna proyección al exterior. Esto incluye propios rebotes de los proyectiles contra las paredes o incluso algún resto de material que se rompa en el impacto como podría ser hormigón, madera o incluso alguna piedra del espaldón.

En segundo lugar, el MOE busca siempre discreción en sus actividades. Con los nuevos avances en robótica, una galería descubierta no impide la observación con drones de personas ajenas a la institución. Por este motivo, el cerramiento favorece la discreción a la vez que también reduce los ruidos generados en la práctica del tiro. Este motivo cobra especial importancia en esta galería debido a la cercanía que hay a población civil y a la carretera que circula en las proximidades.

En tercer lugar, una galería cubierta permite a los tiradores realizar las prácticas sin necesidad de verse afectados por la lluvia, nieve, viento, etc. Este motivo, no solo repercute en la satisfacción personal del operador, sino en los resultados del disparo o en el cuidado del propio armamento.

Finalmente, el tejado aporta nuevas posibilidades en el ámbito de la instrucción dado que la galería, al estar cubierta, permite la realización de ejercicios de baja visibilidad, en los que se podría introducir el uso de gafas de visión nocturna. Además, es una oportunidad para cambiar los materiales que se encuentran deteriorados, que se pueden apreciar en la Figura 22 y Figura 23, como son el caso de los parabaras superiores y sustituirlos por un techo que no precisa de tanto mantenimiento.



Figura 22. Fotografía del estado de los parabaras superiores. (Elaboración propia)



Figura 23. Estado de los parabaras superiores y de la cruz de San Andrés (Elaboración propia)

La instalación del techo en una galería de tiro cuenta con algunas limitaciones impuestas. Estas limitaciones son la imposibilidad de poner pilares entre la zona de blancos y los puestos de tirador, la incapacidad de poner un techo de hormigón que se soporte sin pilares centrales y el armado que necesitaría una viga para soportar el peso de una cubierta de hormigón sin los pilares. La necesidad de los pilares se debe a la luz que posee la galería de tiro, la cual alcanza hasta 16 metros.

Por este motivo, se presenta la opción de hacer el tejado a partir de elementos de hormigón prefabricado, como los utilizados en las naves industriales, que permiten abarcar unas luces mucho mayores sin tener que colocar pilares intermedios. En este caso, el proyecto se ha apoyado en la empresa “Prefabricats Pujol”, la cual es especialista en el diseño y construcción de naves industriales. Esta misma empresa, proporcionará los medios para quitar los parabaras superiores y comenzar con la construcción del tejado. De esta manera, se permite la instalación del tejado y se produce el recambio de los parabaras superiores que ya estaban muy deteriorados.

Hay que tener en cuenta que la propia empresa se encarga de diseñar el proyecto en base a las condiciones que se le dan. Es decir, la ventaja de los elementos prefabricados es que se diseñan a gusto del consumidor para satisfacer sus necesidades. Sin embargo, en este caso, se presenta un pre-proyecto en el que se calculan los materiales necesarios. Todos estos datos quedan expuestos a ser modificados por los trabajadores de “Prefabricats Pujol” una vez que se lleve a cabo la obra.

El diseño del tejado está basado en cinco partes:

- Cubierta
- Falso techo de acero balístico y caucho antirrebote.
- Viguetas para distribuir el peso de la cubierta hacia las vigas.
- Vigas biapoyadas en los pilares.
- Pilares sobre los que descansan las vigas.
- Zapatas para recepcionar los pilares.

4.5.1 CUBIERTA

El objetivo de cerrar la galería de tiro por la parte superior es aislar el interior de los agentes meteorológicos que puedan afectar a la práctica del tiro. Además, poder variar la iluminación, hace más atractivos los ejercicios de instrucción y adiestramiento.

En este caso, la cubierta no cumple ningún tipo de función estructural y simplemente se encarga de aislar tanto térmica como acústicamente la galería. Por ello, se ha buscado un material que no supusiese un considerable aumento de peso que obligase a buscar viguetas más resistentes y por lo tanto más caras. El material que cumple con estas características y que ofrece la empresa



“Prefabricats Pujol” es conocido como cubierta deck [10]. Este tipo de cubiertas se basan en cuatro componentes:

- Chapa perfilada grecada: Se encarga de acumular la carga que se deposita en la cubierta y sobre ella se anclará la cubierta al aislamiento y a las viguetas.
- Aislamiento termo-acústico: Se encarga de aislar térmicamente y acústicamente. El material empleado es la lana de roca que ofrece además protección contra incendios al ser incombustible.
- Lámina impermeable: Se junta con el aislamiento termo-acústico para asegurar la estanqueidad frente a la lluvia.
- Protección superior.

La elección de este material responde al hecho de que se espera que sea una cubierta únicamente accesible al mantenimiento, por lo que es un material que no soporta pesos adicionales. Esto reduce el coste y cumple con las necesidades de la cubierta que es aislar la galería de tiro, ya que la protección frente a los proyectiles la darán el acero balístico y el caucho antirrebote. Además, otro de los beneficios que aporta es el hecho de poder moldear la geometría a cualquier tipo de proyecto ya que todos los materiales son adaptables. Un ejemplo visual de cómo está compuesta una cubierta deck es la Figura 24.

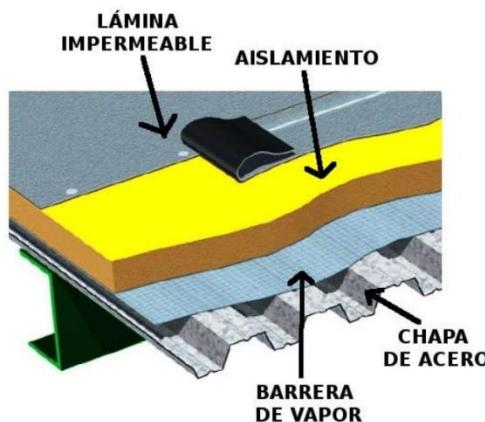


Figura 24. Componente de la cubierta deck [10]

4.5.2 VIGUETAS

Las viguetas son elementos encargados de sujetar las cubiertas de una construcción y transferir dichas cargas a las vigas centrales de la obra. Hay de distintos tipos, aunque en este caso las viguetas elegidas son las pretensadas.

Para esta obra, la empresa “Prefabricats Pujol” propone una tabla ANEXO L que permite elegir un tipo de viga y una separación de las viguetas en función de la carga que reciben y de la longitud que deben tener las viguetas. La longitud determina la viga a elegir de acuerdo con la Figura 25:

CANTO (cm)	LUZ MÁXIMA (m)	PESO (kN/m)
VP-18	6.48	0.27
VP-22	7.58	0.34
VP-26	10.18	0.54
VP-300	12.00	0.76
VP-300R	13.50	0.98
VP-45	16.30	1.58

Figura 25. Elección de las viguetas en función de la longitud necesaria [11]

Las viguetas elegidas debían permitir una longitud de 5,15 metros entre vigas y soportar una carga igual a 1,25 kN/m². No se tiene en cuenta la mayoración (sobredimensionar con el objetivo de ponerse del lado de la seguridad) porque las tablas que ofrece la empresa ya dan los valores característicos. La carga tiene en cuenta los siguientes factores:



- Cargas permanentes que afectan a las viguetas:
 - 0,25 kN/m² correspondientes al peso que tiene la cubierta deck
 - 1 Kn/m² correspondiente a la mayoración del peso de la cubierta teniendo en solo uso para mantenimiento (según tabla 3.1 DBSE-AE [Documento Básico Seguridad Estructural Acciones en la Edificación])
- Cargas variables que afectan a las viguetas:
 - 0,2 kN/m² correspondientes a la acumulación de nieve. De acuerdo con el DBSE-AE, todas poblaciones que se encuentren a menos de 1000 metros de altitud, tienen un factor asociado a nieve de 1 kN/m². Sin embargo, dado que ese valor depende de sk, mejor detallado en el [ANEXO M](#), el cual en la tabla 2.3 del DBSE-AE marca que es 0,2 kN/m² y de μ que equivale a 1 dado que la nieve no resbala por tener una pendiente de cubierta pequeña, el valor elegido es de 0,2 kN/m². No obstante, para no sobredimensionar como no se producirá mantenimiento cuando haya nieve y el mantenimiento es más desfavorable, no se va a tener en cuenta.
 - Es importante destacar que en el caso de las vigas no se tiene en cuenta la acción del viento dado que este tiende a levantar el tejado hacia arriba. Por lo tanto, no genera ningún peso adicional sobre esta y se considera que es una acción que es favorable al cálculo por lo que no se tiene en cuenta como en el caso de la nieve.

Por tanto, las viguetas elegidas han sido las VP-22, con la forma vista en la Figura 26 y con una separación de 1,80 metros. De esta manera son capaces de soportar 1,25 kN/m² dando un rango de hasta 1,30 kN/m².

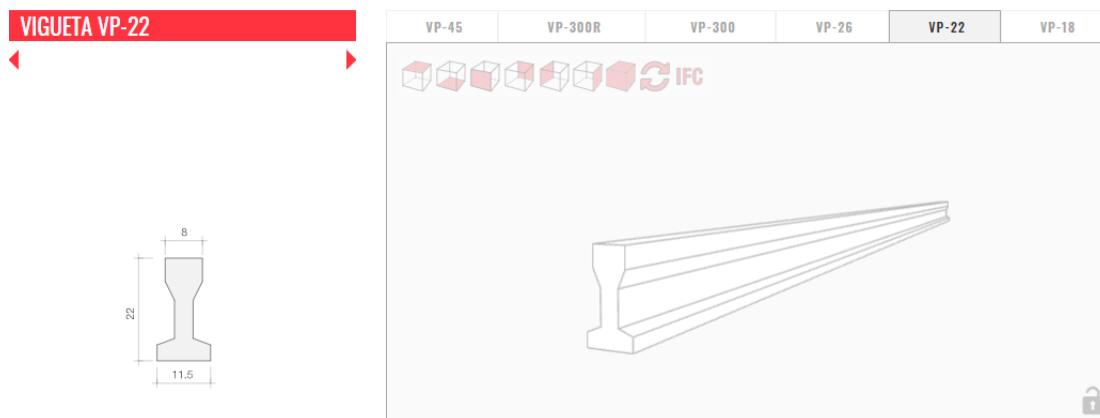


Figura 26. Medidas e imagen 3D de las viguetas VP-22 [11]

Por otro lado, las viguetas se unen en las vigas siguiendo el siguiente detalle constructivo de la Figura 27.



SISTEMA DE ENTREVIGADO

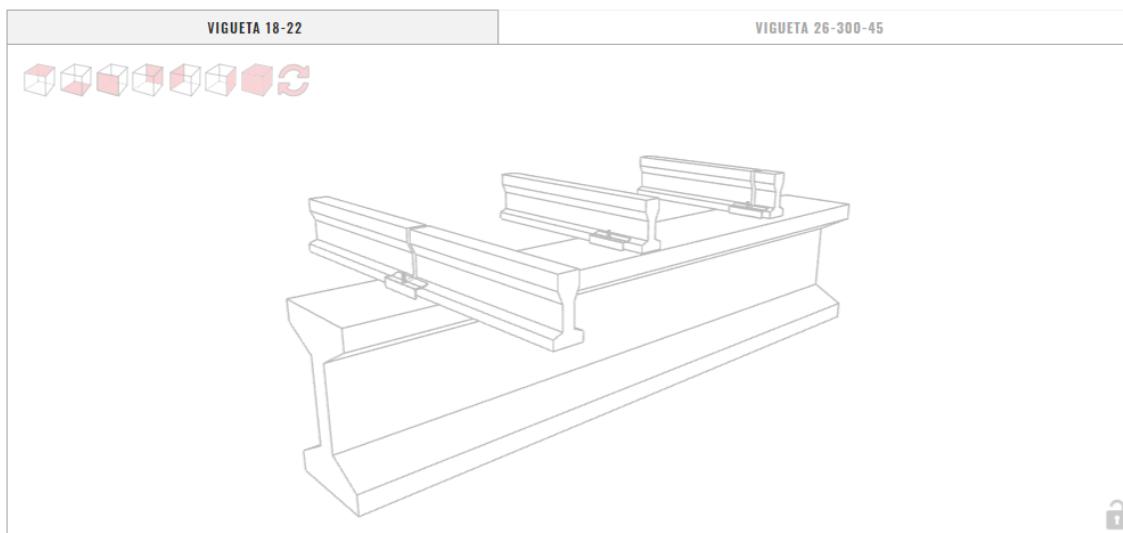


Figura 27. Detalle constructivo de la unión vigueta-viga [11]

4.5.3 VIGAS

Las vigas son elementos estructurales que se encargan de soportar el peso de las viguetas y que distribuyen el peso hacia los pilares. En este caso, había para elegir entre dos tipos de vigas: las de canto constante y las de canto variable dado que son las dos opciones que oferta la empresa.

Para este tipo de tejado, se ha preferido utilizar las vigas de canto variable sobre las de canto constante por dos motivos. En primer lugar, las vigas de canto variable aportan la inclinación necesaria para colocar la cubierta directamente con pendiente y así evitar tener que realizar modificaciones para poner el tejado a dos aguas. En segundo lugar, la viga va variando su canto hasta alcanzar el máximo canto en la zona central, donde se espera el momento torsor más grande. De esta manera, se asegura que la viga va a cumplir en los puntos más desfavorables.

En esta obra se hace uso de la empresa “Prefabricats Pujol”. Esta empresa ofrece distintas tablas, [ANEXO L](#), que ayudan a elegir la viga necesaria en función de la longitud y del peso que van a soportar. La longitud de la viga viene determinada por el ancho de la galería de tiro. En este caso, dado que son 16 metros de ancho más los 20 cm de cada una de las paredes, se colocará una viga de 17 metros. No se tiene en cuenta la mayoración porque las tablas que ofrece la empresa ya dan los valores característicos. Por el otro lado, la carga que recibe viene determinada por:

- Cargas permanentes sobre la viga:
 - Peso producido por el falso techo de acero balístico y caucho antirrebote. Este genera una carga de $0,786 \text{ kN/m}^2$. Como el área de acción es de 5,15 metros para cada viga, esta se encuentra con una carga distribuida constante de $5,15 \text{ m} \times 0,786 \text{ kN/m}^2 = 4,05 \text{ kN/m}$.
 - El peso generado por las viguetas que apoyan sobre la viga. La carga que aportan las viguetas es igual a $0,34/1,8 = 0,19 \text{ kN/m}^2$. Es decir, se está calculando la carga distribuida en superficie que afecta a la viga.
- Cargas variables sobre la viga:
 - 1 Kn/m^2 correspondiente a la mayoración del peso de la cubierta teniendo en solo uso para mantenimiento (según tabla 3.1 DBSE-AE)
 - $0,2 \text{ kN/m}^2$ correspondientes a la acumulación de nieve. De acuerdo con el DBSE-AE, todas poblaciones que se encuentren a menos de 1000 metros de altitud, tienen un factor asociado a nieve de 1 kN/m^2 . Sin embargo, dado que ese valor depende del valor s_k observable en el [ANEXO M](#), en la tabla 2.3 del DBSE-AE marca que es $0,2 \text{ kN/m}^2$ y de μ que equivale a 1 dado que la nieve no resbala por tener una pendiente de cubierta pequeña, el valor elegido es de $0,2 \text{ kN/m}^2$. No obstante, para no



sobredimensionar como no se producirá mantenimiento cuando haya nieve y el mantenimiento es más desfavorable, no se va a tener en cuenta.

- Es importante destacar que en el caso de las vigas no se tiene en cuenta la acción del viento dado que este tiende a levantar el tejado hacia arriba. Por lo tanto, no genera ningún peso adicional sobre esta y se considera que es una acción que es favorable al cálculo por lo que no se tiene en cuenta como en el caso de la nieve.

Por tanto, el peso por unidad de longitud soportado por las vigas viene definido por la longitud de la viga multiplicado por la carga (por metro cuadrado) especificada en cada punto anteriormente. Eso hace $5,15 \text{ m} \times (0,786 \text{ kN/m}^2 + 0,19 \text{ kN/m}^2 + 1 \text{ kN/m}^2) = 10,2 \text{ kN/m}$. De acuerdo con **ANEXO M**, apartado de las vigas, se observa que para 17 metros y una carga distribuida de 10,2 kN/m se pueden utilizar las vigas B-36 peraltadas con una pendiente del 10%. que soportan una carga de 11,25 kN/m. Se pueden observar en la Figura 28. El hecho de que sea una viga peraltada quiere decir que están hechas de hormigón y que sobresalen por debajo, lo cual las hace visibles a simple vista.



Figura 28. Medidas e imagen 3D de la viga B-36 peraltada [12]

Las características de las vigas B-36 se pueden observar en la Figura 29.

PERALTADA B-36 / I-40 / I-60 / I-80				
TIPO	LONGITUD (m)	PESO (kN/m)	H* (m)	
B-36	17			
	18			
	19	4.50	1.60	
	20			
I-40	21	4.75		
	23	4.85		
	25	5.42	1.60 - 2.08	
	27	5.49		
I-60	29	5.74		
	30	6.49		
	32	6.50		
	34	6.60	2.10 - 2.58	
I-80	36	6.67		
	37	7.41		
	38	9.71		
	39	9.80		
	41	9.85	2.51 - 2.75	
	43	9.95		
	45	10.00		

Figura 29. Características de las vigas peraltadas [12]

4.5.4 PILARES

Los pilares se encargan de recibir el peso de la estructura horizontal y transmitirlo al suelo. En este caso, la empresa solo ofrece pilares de sección rectangular o pilares entre medio de un muro.



Sus dimensiones vienen enmarcadas en una tabla que da los rangos para las medidas. Dado que los muros ya están construidos, se usan los muros de sección rectangular. Por ende, solo se tienen en cuenta las dimensiones A y B de la Figura 30.

SECCIONES DE PILAR	
A	Desde 30 cm hasta 100 cm
B	1.5 cm por pared de obra
C	5 cm por pared prefabricada de 15 cm
	7 cm por pared prefabricada de 20 cm
	17 cm por pared prefabricada de 15 cm
D	22 cm por pared prefabricada de 20 cm
	22 cm por pared de obra

Figura 30. Dimensiones de la sección del pilar [13]

Los pilares de esta obra tienen que soportar las siguientes cargas:

- De manera permanente se encuentra con:
 - Peso producido por la cubierta deck: 0,25 kN/m²
 - El peso de las viguetas con una separación de 1,13 metros. Por ello el peso que ejerce cada vigueta es de $(0,54 \text{ kN/m}) / (1,13 \text{ m}) = 0,48 \text{ kN/m}^2$.
 - El peso de las vigas B-36 armadas de 16 m de luz con un peso cada una de 4,5 kN/m.
- Respecto al peso variable se puede encontrar:
 - Sobrecarga de uso por mantenimiento: 1 kN/m².
 - Nieve: No se considera ya que resulta inferior a la de mantenimiento, y el mantenimiento nunca será concomitante con la de la nieve.
 - Viento: 0,8 kN/m² de presión dinámica sobre los pilares y sobre las vigas B-36.

Dado que nos encontramos con un axil mayorado (fuerza longitudinal en la dirección del pilar) de 151,01 kN, un cortante producido por el viento despreciable y unos momentos despreciables también, se ha elegido colocar un pilar de dimensiones 25 cm x 40 cm armado con 6 barras de diámetro 12 mm para la armadura longitudinal y para la armadura transversal 30 cm de barra con un diámetro de 8mm.

Los pilares van a ser de sección rectangular y su parte final será un cabezal cerrado dado que solo va a contener la unión de la viga B-36 con el pilar y tampoco se espera que se añada nada más con el paso del tiempo quedando tal como indican las figuras Figura 31 y Figura 32:

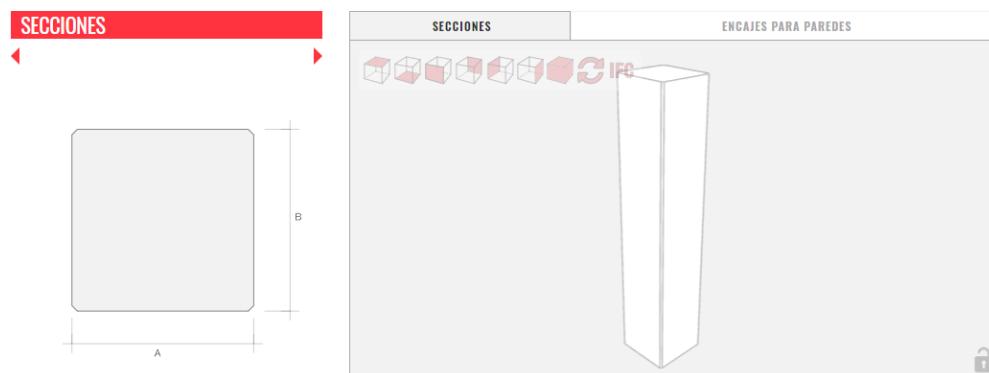


Figura 31. Pilares que sustentarán el tejado [13]

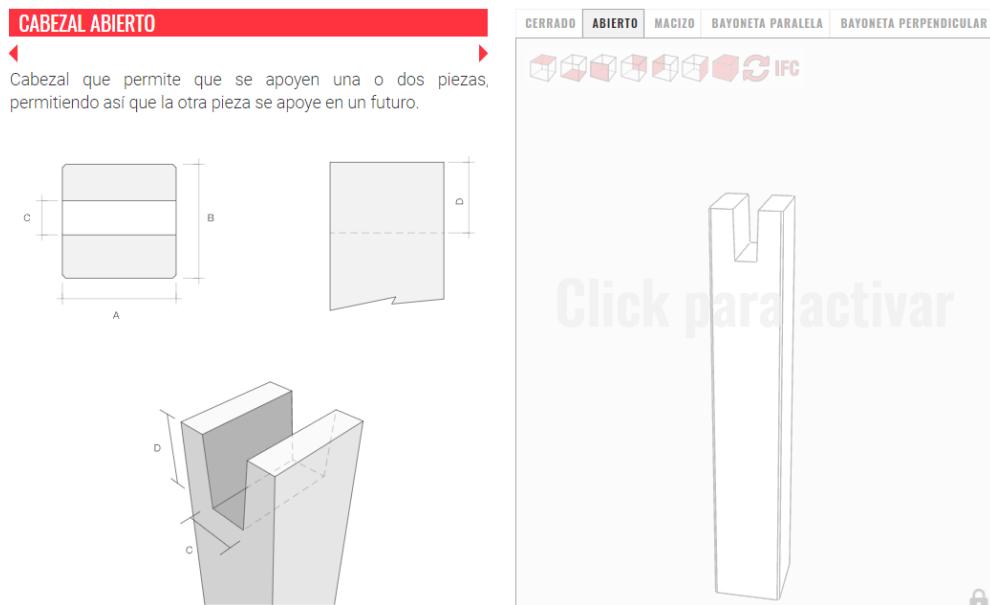


Figura 32. Extremo del pilar adaptado para aceptar la unión con la viga B-36 [13]

4.5.5 ZAPATAS

Según algunos constructores:

Las zapatas son elementos estructurales que transmiten el peso de la construcción que soportan las columnas, muros de carga o pilares, más el peso propio de ellos. Su función es transmitir al terreno las tensiones a las que está sometida el resto de la estructura y anclarla [14]

Van a ser utilizadas para recepcionar los pilares. Dado que ya se ha estudiado el suelo en el apartado de cimentaciones y el cuartel se encuentra sobre un suelo sin nivel freático y duro (no es de gravas), no se precisa de zapatas corridas, es decir unidas. También hay que tener en cuenta que, como el nivel de aspereza en Alicante es bajo y los agentes meteorológicos tienen poca importancia en esa región, las zapatas aisladas cumplen con la función estructural sin necesidad de unirlas para darles más rigidez. Este estudio sirve como base para elegir la tensión admisible en el terreno. Dadas estas condiciones, se tomará una tensión admisible de $0,2 \text{ N/mm}^2$.

Como la empresa solo oferta zapatas aisladas, se elegirá el tipo de zapata que la empresa denomina de cáliz especificada en las Figura 33 y Figura 34. Este tipo de zapata es la más sencilla de poner en obra y permite mayores tolerancias de posición.

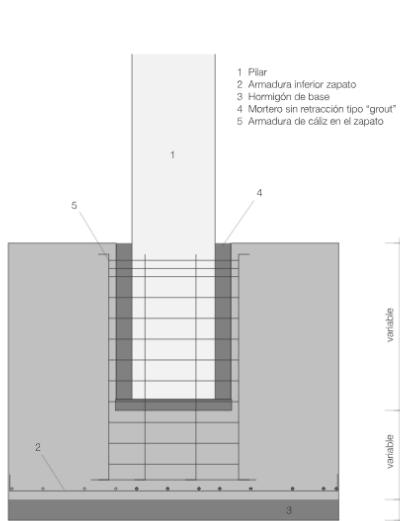


Figura 33. Detalle constructivo de la zapata de cáliz [13]

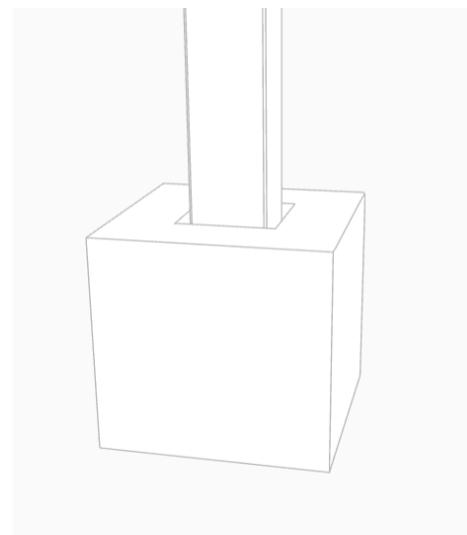


Figura 34. Imagen 3D de la zapata de cáliz con la llegada del pilar [13]

De acuerdo con los cálculos del ANEXO N, la zapata tendrá que soportar un axil de 113,53 kN



(teniendo en cuenta el axil que le llega a la cabeza del pilar calculado en el ANEXO O y el peso propio del pilar). Teniendo en cuenta solo este axil, el predimensionado del pilar sería de 754 mm, pero además hay que tener en cuenta el cortante y el momento flector. El momento flector que afecta a la zapata es de 0,63 kNm de tal manera que aporta una tensión debida al flector. Sin olvidar la tensión generada por el axil y por el momento se alcanza una tensión total de 0,081, la cual es menor que la tensión admisible del terreno. Esto quiere decir que cumple con las condiciones. Para hacer este cálculo se ha dado un lado a la zapata de 1200mm (valor tomado de otras obras que se aproximaban a este caso).

Por ello finalmente se obtiene una zapata de dimensiones 1200 x 1200 x 500 mm³. Pero además esta zapata hay que armarla y teniendo en cuenta el ANEJO 7 del EHE (Instrucción de Hormigón Estructural) se puede obtener el dimensionamiento de la sección rectangular con la flexión simple. De acuerdo con los cálculos, se necesita armar la zapata con 2 redondos de diámetro 12 mm y un tamaño de 250 mm. Para calcular el armado se usa un HA-25 y acero B-500 S y las tablas Montoya [15]

4.5.6. RESULTADO FINAL DE LA ESTRUCTURA DE TEJADO

Una vez diseñada la estructura que soportará el tejado de la galería de tiro, se presenta una imagen 3D, vista en la Figura 35, en la que se puede ver cómo quedaría dicha estructura con todos los materiales que se han presentado en los puntos anteriores. Para diseñar esta imagen se ha utilizado el programa AutoCAD.

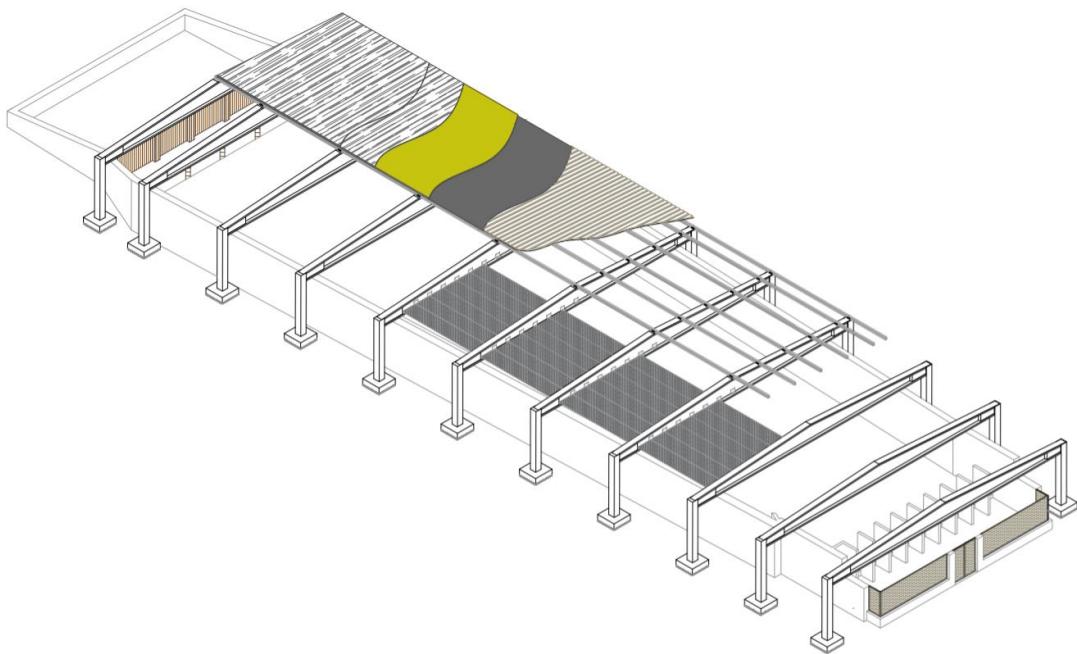


Figura 35. Imagen 3D de la galería de tiro con la estructura del tejado (Elaboración propia)

4.6 SISTEMA DE VENTILACIÓN.

La implementación del tejado en la galería de tiro provoca que haya que tener en cuenta otros aspectos. La colocación de dicho tejado provoca que no se produzca la expulsión de las partículas en suspensión, generadas en la acción del disparo, de manera natural. Por ello, es necesario establecer un sistema de ventilación que regule el tránsito de partículas hasta el exterior de la galería de tiro. En este caso, la legislación que regula este apartado es el RITE [16] (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios). Sin embargo, el RITE marca la cantidad mínima que tiene que fluir de aire por persona. En este caso y dado que es una galería con la parte trasera abierta, se asume que el flujo de aire será el necesario y solo preocupa la pólvora en suspensión generada por los disparos. Cuando se habla de flujos de ventilación, el objetivo es saber el número de



renovaciones de aire por hora que se desean. La media en galerías de tiro suelen ser unas seis renovaciones para que el aire no sea tóxico y no sea demasiado fuerte como para molestar durante los ejercicios de tiro.

De acuerdo con la empresa Soler and Palau, el coeficiente utilizado para calcular el nivel de aire que tiene que entrar por cada puesto de tirador es de 0,25 m/s. Este coeficiente ha sido calculado empíricamente por la empresa y hace referencia a la velocidad de paso que asegura el movimiento del humo y de los restos de pólvora que se encuentran suspendidos en el ambiente. Cuanto mayor sean las partículas, mayor velocidad de paso se necesita. En este caso, además, hay que tener en cuenta que esa cantidad de aire no puede afectar al disparo. Este sistema está basado en las campanas de extracción.

Así pues, la galería de tiro cuenta con 8 puestos de tiro. Cada cabina de tiro mide redondeando los números al alza para aumentar el coeficiente de seguridad 2,3m de alto x 1,3m de ancho = 2,6 $m^2 \times 0,25 \text{ m/s} = 0,635 \text{ m}^3/\text{s}$ que pasado a m^3/h es $0,635 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s/h} = 2339 \text{ m}^3/\text{h}$ por cada cabina. Como cuenta con 8 puestos de tiro se necesita una cantidad de aire de $2339 \text{ m}^3/\text{h} \times 8 = 18712 \text{ m}^3/\text{h}$ de caudal. Nuevamente, se aproxima a 19000 m^3/h para asegurar que el caudal de aire es suficiente.

A continuación, se elige el sistema que mueve el aire. Si fuese cerrada, sería necesario un sistema que introdujese el aire y lo impulsase y otro que lo extrajera de la galería de tiro. Sin embargo, aprovechando que la galería de tiro está abierta por la parte trasera, se colocan ventiladores axiales en la zona de los blancos en la parte lateral cubierta de los disparos por los muros transversales. De esta manera los ventiladores generan una succión del aire que arrastra el aire hasta la zona de los blancos trayendo consigo la pólvora y humos generados en la zona de tiradores y los expulsa al exterior.

Debido a los precios que se encuentran en el mercado, se opta por colocar dos ventiladores axiales uno a cada lado de la galería de tiro en la posición descrita anteriormente por ser más barato y por favorecer el movimiento de aire hacia los laterales dado que es una construcción muy ancha.

A la hora de elegir, como se tienen dos ventiladores y se sabe que el caudal necesario tiene que ser de 19000 m^3/h , cada ventilador deberá succionar un caudal de 9500 m^3/h . Es importante además conocer que no hay pérdida de carga al tratarse de ventiladores axiales sin tubos de conducción.

Basándose en la herramienta que ofrece la página de Soler and Palau y mediante las características reflejadas anteriormente, se llega a la conclusión de que los ventiladores axiales que cumple con las características son los siguientes.

El punto de trabajo que se observa en la Figura 36 indica en porcentaje cuánto cumple con el caudal marcado. Entre otras cosas, también se observa en el último de los campos el precio. La decisión final es tomar el HCBT/6-630/H-A (230/400V50HZ) V5, cuyas características están especificadas en el [ANEXO P](#). También se observa que pone 6, lo cual quiere decir que tiene seis polos. Los polos repercuten en el sonido que genera el ventilador a la hora de realizar su trabajo. Cuanto más caudal tenga que mover, más sonido generará. Y de la misma manera, cuantos más polos tenga, más se reducirá ese sonido. Aunque haya disparos en la galería de tiro, se ha optado por elegir uno de seis polos dado que así se consigue el mayor silencio posible. Las dimensiones de



los ventiladores axiales elegidos vienen especificadas en el ANEXO Q.

Descripción	Punto de trabajo %	Caudal (m³/h)	Psf (Pa)	Potencia (kW)	Eficiencia (%)	LwA (dB(A))	Lp aspiración (dB(A))	Vel imp (m/s)	RPM (rpm)	Diámetro impulsión (mm)	SFP reg (W/l/s)	SFP (W/l/s)	Price (EUR)
HCBB/4-500/H-A (230V50HZ) V5	91	8.638	16,5	0,66	-	83	68	12,22	1.366	500	0,27	0,27	946,77
HCBB/6-560/H-A (230V50HZ) V5	89	8.466	15,9	0,42	-	76	61	9,56	917	560	0,18	0,18	1.006,70
HCBB/6-630/H-A (230V50HZ) V5	107	10.210	23,1	0,54	-	80	65	9,10	905	630	0,19	0,17	1.192,61
HCBT/4-500/H-A (230/400V50HZ) V5	94	8.915	17,6	0,70	43,0	83	68	12,63	1.384	500	0,28	0,28	892,57
HCBT/6-630/H-A (230/400V50HZ) V5	108	10.297	23,5	0,54	45,0	80	65	9,01	903	630	0,19	0,17	1.079,55

Figura 36. Ventiladores axiales que cumplen con las características tras aplicar el filtro (Easy-vent) en la página de Soler and Palau.

Como en el ventilador da directamente al exterior, se le añade además una ventana de sobrepresión por la parte exterior. Esto se debe a que mientras el ventilador está funcionando, la salida del propio aire impide que entre nada del exterior. Sin embargo, en el momento que se apaga podría entrar lluvia o cualquier otra sustancia. La solución a este problema es colocar la ventana de sobrepresión.

De las dos opciones que se pueden acoplar al ventilador axial elegido, optamos por la ventana PER-630-CR mostrada en la Figura 37 dado que ambas cumplen con las características, pero es más barata y no sufrirá desperfectos sin darle tratamiento debido a inclemencias meteorológicas. Las dimensiones de la ventana de sobrepresión vienen especificadas en el ANEXO R.

5112681700	PER-630 CR	Persianas de sobrepresión con marco de chapa de acero y lamas de aluminio, ligeras y resistentes, con dispositivo que permite una apertura y cierre rápida.	0	250,19
5406066000	PER-630 W	Persianas de sobrepresión construidas en material termoplástico estabilizado contra los rayos UV.	0	259,52

Figura 37. Ventanas de sobrepresión para el ventilador elegido tras aplicar el filtro de la página de Soler and Palau (Easy-vent)

Como resultado, se colocarán dos ventiladores axiales HCBT/6-630/H-A (230/400V50HZ) V5 con un precio de 1079,55 € cada uno y dos persianas de sobrepresión de 250,19 €, dando un coste total el sistema de ventilación de 2659,48 €.

4.7. ESPALDÓN

El espaldón es la parte de la galería de tiro encargada de detener los proyectiles una vez han traspasado los blancos. Actualmente, la galería de tiro del MOE cuenta con un espaldón de arena. El espaldón está cubierto por su cara vista con caucho antirrebote y maderas que impiden que salte cualquier tipo de proyección hacia los blancos. La arena del espaldón se encarga de frenar las balas.

El objetivo de la reforma es sustituir los materiales desgastados, como se puede observar en la Figura 38 por el uso y eliminar el espaldón de arena. El espaldón de arena debe ser limpiado cada cierto tiempo para evitar rebotes por el impacto de una bala con otra, lo cual puede quitar tiempo de instrucción a los operadores. Por ello, además de sustituir los materiales, se pretende modernizar el espaldón, se observa en la Figura 39, de manera que se reduzcan los tiempos de mantenimiento y tenga una mayor durabilidad.



*Figura 38. Fotografía del paraballas por su lateral
(Elaboración propia)*



Figura 39. Fotografía frontal del paraballas que cubre el espaldón de arena (Elaboración propia)

Actualmente existen distintos tipos de espaldones. Las opciones más viables para una futura galería de tiro cerrada son las siguientes: El espaldón de arena cubierto por una lona textil que impida que salgan los rebotes fuera, un paraballistic screen de cortina que detenga los proyectiles por el choque con las cortinas de caucho y el paraballistic screen granulado formado por bolas de caucho que detiene los impactos de bala y que se coloca delante del espaldón de arena.

Entre las pocas empresas que existen en el mundo de los paraballistic screens, se ha decidido apoyarse en GTS Electronic, debido a su dilatada experiencia en la construcción de galerías de tiro y a que ha trabajado en muchas ocasiones con las FCSE, lo cual facilita el trato con la empresa.

La opción más económica es mantener el espaldón de arena limpiando todos los proyectiles que hay en su interior y cambiando el caucho antirrebote que lo cubre por una lona textil. Este material permite el paso de los proyectiles a través de él, pero impide que los rebotes la atraviesen, de manera que, en los períodos de tiempo entre las limpiezas se evitaría que se produjese cualquier tipo de rebote. Los costes generados por esta opción se reducen al precio de las lonas geotextiles y a la empresa que limpiara el espaldón si fuese necesario. Respecto a la lona geotextil, el precio se aproxima a 480 € + IVA el rollo de 10m de largo x 1 m de ancho. Como hay unos 16 m de ancho, se necesitan unos tres rollos y medio teniendo un coste total de 1680 €. El espaldón se podría limpiar con personal propio de la unidad o encargando a una empresa. Si este es el caso se contrataría a la empresa DOMAN S.L.U de Tarragona dado que ya ha trabajado previamente en muchas galerías del ejército de tierra, incluida esta y simplemente se necesitaría personal que se encargase de la limpieza de la arena del espaldón mediante pala, pico y tamiz de distintos grosores. La profundidad sobre la que se limpiaría sería de un metro teniendo en cuenta el nivel de penetración de las pistolas. En esta nueva galería de tiro, sería preciso incidir hasta los dos metros debido al poder de penetración que tendrían las armas largas.

La segunda opción sería contratar directamente a la empresa GTS Electronic para llevar a cabo los paraballistic screens que oferta (paraballistic screen de caucho granulado, paraballistic screen de cortina para arma corta y paraballistic screen de cortina multicalibre). De las distintas opciones, solo se valora el paraballistic screen de cortina multicalibre y el de caucho granulado:

- El paraballistic screen para arma corta queda descartado dado que se pretende implementar el uso de arma larga.
- También se rechaza la opción de colocar el paraballistic screen de caucho granulado debido a que se tendría que mantener el espaldón de arena, y en ese caso, sería más barato usar solo el espaldón de arena, y porque requiere de mucho mantenimiento para repartir las bolas de caucho de manera uniforme después de un ejercicio de tiro.
- Por ello la empresa GTS Electronic propone la instalación del paraballistic screen de cortina multicalibre de la Figura 42. Este paraballistic screen consiste en dos líneas de láminas de caucho. Estas líneas están hechas en base a una viga de acero UPN (es una viga con una sección en forma de U) invertida sobre las que cuelgan grupos de tres láminas por cada cuelgue con una angulación de 45º alcanzando una agrupación de 15 cuelgues/metro lineal, de la misma manera que aparece en la Figura 40. Estas láminas de caucho tendrán unas dimensiones de 2-2,20m de largo. Siguiendo el ejemplo de la galería de tiro de San Sebastián de los Reyes en la dehesa Boyal, se



necesitarían aproximadamente por metro cuadrado de 54 láminas de caucho. Teniendo 16 metros, se necesitarían aproximadamente 862 láminas por línea y como hay 2 líneas un total de 1723 láminas con un precio de 22 €/lamina. El precio de la instalación rondaría un 30-40 % del precio del parabaras de cortina por lo que su instalación tendría un precio de 49280 €. A este precio habría que sumar la lona geotextil para colocarlo de la misma forma que en la Figura 41. El precio se aproxima a 480 € + IVA el rollo de 10m de largo x 1 m de ancho. Como hay unos 16 m de ancho, se necesitan unos tres rollos y medio teniendo un coste total de 1680 €.



Figura 40. Fotografía de los parabaras de cortina de la empresa GTS [17]



Figura 41. Fotografía de las cortinas de látex de la empresa GTS [17]

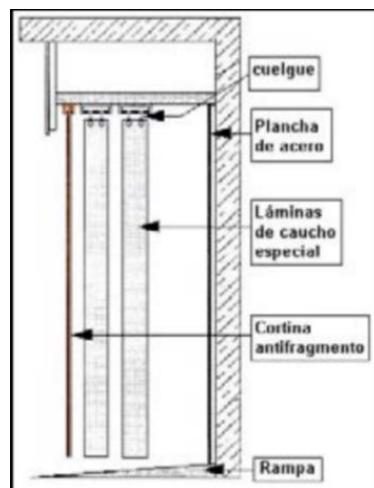


Figura 42. Croquis del parabaras de cortinas de la empresa GTS [17]

Para proteger las vigas de acero UPN y los cuelgues sobre los que reposan las láminas de caucho, se pone un frente de acero balístico MARS 500 y caucho antirrebote todo ello cubierto por las lonas geotextiles como las de la Figura 43.



Figura 43. Fotografía de las cortinas de látex del parabaras de la empresa GTS





Por la parte trasera se colocan chapas de acero balístico MARS 500 de 6mm para evitar que cualquier impacto que no detengan las cortinas traspase al espaldón de arena. Y por la parte delantera, se colocarán cortinas de látex que permiten el paso de los proyectiles a su través, pero impiden que vuelvan a pasar una vez han perdido energía debido a los golpes con las láminas de caucho. Se trata de un material de caucho especial de calidad PF (polímero base de isopreno natural) o superior con un espesor mayor de 3mm. La forma en la que se van a colocar es solapada y suspendida del techo. Cubre todo el espacio y es de color claro para que no dificulte la visión de las siluetas. Las medidas y precios de este material son los siguientes: el precio se aproxima a 480 € + IVA el rollo de 10m de largo x 1 m de ancho. Como tenemos realmente unos 13 m de ancho necesitare unos tres rollos y medio teniendo un coste total de 1680 €. El resultado final viene definido en la Figura 44.

El suelo se hormigona aprovechando la solera, pero añadiendo en esa parte una pendiente de 1-2 % de manera que las balas que golpean con las láminas de caucho caen directamente sobre este suelo. La inclinación provoca que rueden hasta unas cajas que se coloquen de manera que los proyectiles se recogen sin necesidad de que el personal tenga que limpiarlo.

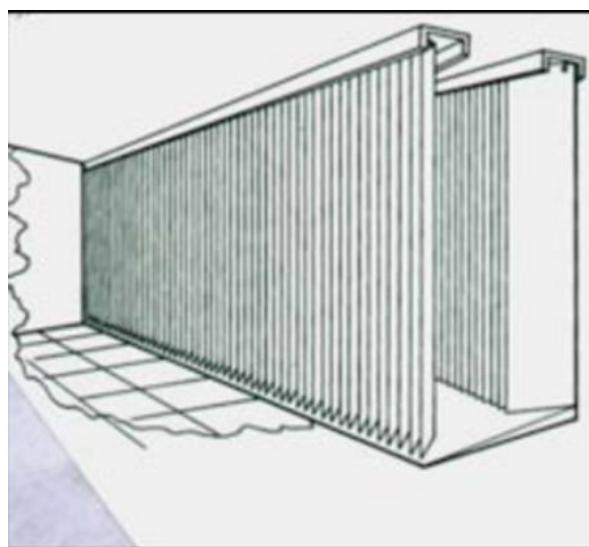


Figura 44. Fotografía del frente de protección GTS con acero balístico y caucho antirrebote [17]

Para elegir una de las opciones se han planteado los aspectos positivos y negativos:

- Espaldón de arena
 - Positivo: Es económico, no implica obras y ya está hecho.
 - Negativo: Hay que contratar una empresa para que lo limpie cada cierto tiempo o emplear tiempo de instrucción de los operadores en limpiarlo y los sistemas de ventilación tienen que ser más potentes para reducir el polvo generado y por tanto más caro.
- Parabalas multicalibre
 - Positivo: Permite limpiar más rápido los proyectiles, necesita menos tiempo de mantenimiento y no levanta polvo por lo que los ventiladores deben tener menos potencia. Mucho tiempo de duración de los materiales por lo que poco mantenimiento. Modernización de la galería de tiro respecto a las de las FCSE.
 - Negativo: Es más caro, supone obras y hay que renovar los materiales en un plazo medio-largo

Por las razones especificadas anteriormente, se opta por la instalación del parabalas de cortina dado que los costes extras que supone su instalación se ven casi amortizados con el gasto que supone contratar a una empresa que limpia el espaldón. Además, facilita el trabajo de los operadores



que no tienen que preocuparse de limpiar el espaldón, en caso de que no se contratase la empresa. También facilita el reciclado de los proyectiles una vez se han usado. Además, la facilidad para cambiar los materiales hace que en el caso de este parabaras sea instantáneo mientras que en el espaldón haya que dejar la galería de tiro inoperativa durante un tiempo. Finalmente, la reducción en los costes generada por poner un sistema de ventilación menos potente, dado que no se generan partículas de polvo en suspensión, hace que se considere el parabaras de cortina la mejor opción.

4.8. CIMENTACIÓN

Uno de los objetivos del proyecto es evitar las tareas de mantenimiento que tiene que realizar la USAC del cuartel, debido a la vegetación que crece en el interior de la galería de tiro. Para sortear la vegetación se plantean dos opciones. En primer lugar, se podría colocar un geotextil sobre el que depositar desecho de las canteras consiguiendo un suelo compacto. En segundo lugar, se valora la instalación de una solera.

La opción más económica sería colocar una lona geotextil sobre el suelo y después cubrirlo con un material que con el tiempo se vaya comprimiendo generando un suelo duro. Un material que cumple con las características y que además abarataría los costes sería el desecho de las canteras, ver figura Figura 45.



*Figura 45. Fotografía de la dolomita que se acaba de extraer de la cantera.
(Elaboración propia).*

El desecho de las canteras es un material conformado por dolomita con mezcla de yeso en algunas capas. Su composición viene definida en el [ANEXO S](#). Como las canteras deben desprenderse de este material, debido a que no cumple ninguna función, el coste de utilización sería simplemente el transporte. Además, es un material que reduce la posibilidad de rebotes debido a la capacidad de prensado que tiene este material.

La capacidad de prensado se genera debido al pequeño tamaño del desecho de las canteras. La empresa que podría suministrarlo en Alicante, ofreciendo una granulometría que se encuentra entre 0-40mm y con un peso de 2,5 g/cm³.

Dicha empresa es Gypsum Lillo, la cual está situada en San Vicente de Raspeig. El transporte de 1120 m² (16m x 70m) tendría un precio de 8 €/T incluyendo el transporte hasta el acuartelamiento y el molido para darle el tamaño que se deseé. Es importante destacar que esta opción es viable dado que no hay posibilidad de lixiviado y entrada en contacto con sulfatos. El material en cuestión sería dolomita con mezcla de yeso en algunas capas.

Por otro lado, se plantea realizar una solera que acabaría con la necesidad de tratar la maleza que crece dentro de la galería de tiro. Debido a que es una solera que va a ser utilizada únicamente por personal humano, es suficiente con darle un grosor de 10 cm de hormigón ya que los momentos flectores, generados por el peso del personal que usará la galería de tiro, son soportados por este grosor. Aumentar el grosor de la solera impediría que sufriese cualquier tipo de rotura, pero supondría aumentar el coste y realmente no sería necesario, dado que no van a pasar vehículos por



encima de ella. A pesar de que la solución más común para evitar que se deteriore una solera es la colocación de mallazo, no se considera necesario dado que su finalidad sería evitar que se produjesen resquebrajamientos visibles en la capa superior de la solera y estos quedan cubiertos por el caucho antirrebote y la pintura de poliuretano. En este caso, se colocará hormigón en masa (HM). Para ello hay que comprobar cómo interacciona este material con el ambiente. La exposición de acuerdo con el código técnico de la edificación está marcada por el ambiente, que es aquel que marca las condiciones físicas y químicas a las que está sometido y que pueden producir que se deteriore. Este ambiente viene definido tanto por la clase general de exposición que marca la corrosión que pueden sufrir los materiales como por la clase específica de exposición que hace referencia a otros tipos de degradación. Para observar la clase general de exposición se observa la tabla 8.2.2 de la EHE-08, dentro del [ANEXO T](#), la cual nos dice que es tipo I. Esto quiere decir que como va a ir cubierta no sufre agresiones y se puede usar hormigón en masa. En cuanto a la clase específica de exposición habría que comprobar que el suelo y el agua del acuartelamiento de Alicante no son un medio agresivo para el hormigón. Esto sería visible en la tabla 8.2.3.b de la EHE-08, que se puede observar en el [ANEXO T](#). Y para su determinación, se comprueba con la cartografía del Instituto Geográfico y Minero de España. Como se puede apreciar en las fotos, el hormigón se encuentra sobre un suelo de grava y arena sin contacto con el nivel freático (nivel en el que se puede encontrar agua o humedad que afecte a la degradación de la solera o que produzca reacción al entrar en contacto con los materiales) por lo que no hay inconveniente en utilizar el HM de tipo I.

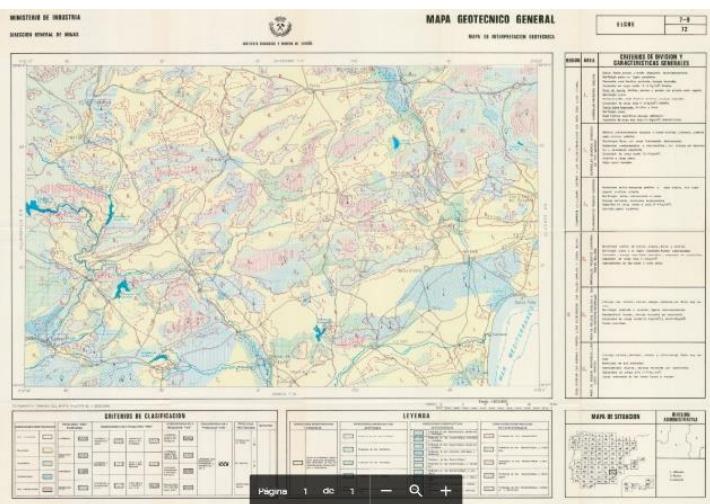


Figura 46. Análisis geológico del terreno sobre el que está situado el Acto. del MOE [18]

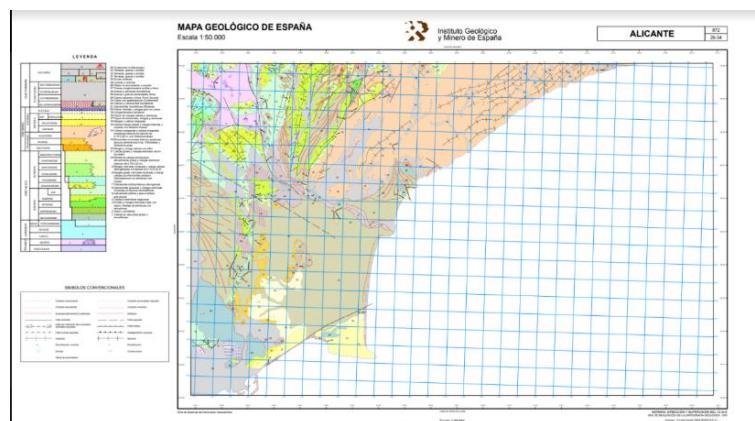


Figura 47. Análisis hidrográfico del terreno sobre el que está situado el Acto. del MOE [18]

Por ello a partir de ahora se definirá el hormigón utilizado como HM-25/F/20/I (con una consistencia fluida, pues el hormigón va a ser bombeado). Los cálculos muestran que una galería de tiro de 16m x 70 m = 1120 m² de hormigón que con un grosor de 10mm daría un total de 112 m³.



Por posibles complicaciones y por el volumen de las cubas que se utilizan se pedirá 115 m³ de HM-25/F/20/I. Teniendo en cuenta que cada metro cúbico son 85 € se alcanzaría un precio de 9775 €. Dado que la unidad no cuenta con personal preparado para ejecutar la obra se contrata a la propia empresa que ofrece el hormigón, Cemex, para traer el personal y los medios necesarios, así como la máquina de bombeo para meter el hormigón sin ser preciso el derribo de las paredes. De esta manera, el precio final de la solera sería (adjunto foto del presupuesto Cemex): 17080 €.

Este cimentado sería suficiente para soportar los trabajos diarios. No obstante, si se prefiriese y el presupuesto lo permitiese, se le podría dar más consistencia añadiendo fibras. Para ello con este hormigón y siguiendo las recomendaciones de la empresa la dosificación sería de 3kg/m³. Esto supondría un coste de 24 €/m³ sobre el hormigón, que sobre el pavimento sería de 2,4 €/m². Las fibras utilizadas serían las anti-crak HP de la empresa Owens Corning, OCV Reinforcements, con las características que se pueden apreciar en la Figura 48.

Anti-Crak® HP*

Hilos cortados Cem-FIL® para mejorar las propiedades mecánicas de hormigones y morteros

*Las fibras Anti-Crak® forman parte de la gama de productos Cem-FIL®

CÓMO UTILIZARLO - DOSIFICACIÓN

Las fibras pueden introducirse directamente en una planta de mezclado o en una amasadora de morteros, o directamente en un camión hormigonera.

La dosis recomendada para morteros varía entre 0,2 y 1% en peso

La dosis recomendada para hormigón



Beneficios	Baja dosificación	Alta dosificación	
	Sustitución de malla electrosoldada	Sustitución de malla electrosoldada/barras de refuerzo n.º 3, n.º 4	Sustitución de acero/barra de refuerzo
Dosis recomendada	0,9 - 1,5 kg/m ³ 1,5 - 2,5 lb/cu.yd	1,5 - 5 kg/m ³ 2,5 - 8 lb/cu.yd	5 - 15 kg/m ³ 8 - 25 lb/cu.yd
Fibras Anti-Crak®	HP 74/12* HP 110/18	HP 45/24 HP 67/36	HP 67/36

EMBALAJE y ALMACENAMIENTO

Los hilos cortados Anti-Crak® HP están empaquetados en bolsas de papel individuales (dispersables en agua) o en sacos de plástico.

Los hilos cortados Anti-Crak® HP deben almacenarse alejados del calor y de la humedad, y en su embalaje original.

Las mejores condiciones son:

• Temperatura: 15°C - 35°C.

• Humedad: 35% - 65%.

ESTÁNDARES DE CALIDAD - CERTIFICACIÓN

- Las fibras Cem-FIL® se fabrican según un Sistema de Gestión de calidad aprobado para ISO 9001. Además, las prestaciones reales de Cem-FIL® están sujetas a evaluación y aprobación independientes en Alemania (Zulassung n.º Z-3.72.1731).
- Las fibras Cem-FIL® cumplen con los estándares de seguridad según la Directiva Europea 99/45/EC, 67/548/EEC y su última enmienda.

Figura 48. Análisis de las fibras que se vierten al hormigón en masa [20]

Uno de los problemas a afrontar en la cimentación es la existencia de los muros laterales que impiden entrar directamente con la cuba a verter el hormigón. Por ello, se ha hablado con empresas de fratasados situados en la zona de Alicante, para reducir los costes de transporte, en busca de una bomba que mediante acoples de tobas permita verter el hormigón. La propia empresa ofrece la opción de la mano de obra y material necesario.

De acuerdo con el BOE, las modificaciones que se pretenden llevar a cabo cumplen con la ley establecida para galerías de tiro. No obstante, se plantea la opción de recubrir el suelo con baldosas de caucho antirrebote y una pintura de poliuretano triple. Esta pintura está hecha a base de resina tipo uretano y tiene la capacidad de aportar un revestimiento duradero, uniforme y brillante, Al ser triple, aúna las características de una sala capa multiplicando su capacidad por tres. Se puede comprar a precio de fábrica en cualquier ferretería y se aplica con rodillos.



5. CONCLUSIONES

Tras haber finalizado este proyecto, se puede afirmar que se ha cumplido con los objetivos propuestos para la mejora, habilitación y acondicionamiento de la galería de tiro del MOE dando soluciones que respetan la normativa vigente establecida para la construcción de galerías de tiro, solventan las deficiencias descubiertas con un coste mínimo y equiparan el nivel y modernización de las infraestructuras del MOE con las de otros cuerpos de cometidos similares como podría ser el GAR, UEI, etc. Además, se da una propuesta modularizada que libera a la unidad de la necesidad de pedir grandes presupuestos para realizar esta reforma, dado que se puede realizar por partes en función de la situación económica de ese momento de la unidad.

Así pues, se parte de una galería de tiro con serias deficiencias entre las que destacan la inoperatividad por el escape de proyecciones al exterior, deterioro de los materiales por no tener el recubrimiento apropiado, un suelo con falta de mantenimiento que había degenerado en el crecimiento de maleza y la poca eficiencia para la instrucción y adiestramiento que requieren los equipos operativos de operaciones especiales. Tras las modificaciones llevadas a cabo a lo largo del proyecto, se conseguiría una galería de tiro recubierta que permite el tiro independientemente de las condiciones meteorológicas, que favorece los ejercicios con medios de visión nocturna pues se puede regular el nivel de iluminación, que impide el crecimiento de maleza, que ofrece un servicio a medio-largo plazo sin mantenimiento debido a un recubrimiento de las instalaciones con los materiales apropiados y que favorece la instrucción de los equipos operativos con sistemas de blancos más realistas y sofisticados.

A lo largo de este proyecto se han tenido que superar distintos desafíos que hacían de este trabajo un reto. En primer lugar, la existencia de los muros laterales ha obligado a verter el hormigón mediante una bomba. En segundo lugar, la galería de tiro tiene unas dimensiones demasiado grandes que aumentan los costes debido a los recubrimientos con acero balístico y caucho antirrebote de paredes y techo por lo que se han ofrecido materiales menos resistentes para recubrir las zonas donde no se espera un impacto directo de los proyectiles, pero más baratos. Este, quizás, ha sido el punto que más ha elevado el coste de la reforma si bien se ha considerado estrictamente necesario como se puede observar en el [ANEXO U](#). En tercer lugar, el recubrimiento de la galería de tiro ha obligado a instalar un sistema eléctrico y un sistema de ventilación que hagan posible el tiro dentro de las instalaciones. Finalmente, para la instalación del tejado ha sido necesario un estudio del terreno con unos materiales con los que no contaba la unidad, por lo que la instalación de una estructura metálica, que habría sido la opción más sencilla, quedaba descartada. Al final se ha optado por la instalación de un tejado de hormigón, para el cual ha sido preciso elegir un hormigón prefabricado que tuviera menos peso, para evitar la colocación de pilares en el medio de la galería de tiro y mantener así la superficie útil de disparo.

A pesar de todos estos obstáculos, se ha aportado una solución óptima que satisface las necesidades presentadas al principio del trabajo en base a los requerimientos realizados por los propios operadores de los equipos operativos y de los especialistas que diseñan los ejercicios de tiro en la instrucción y adiestramiento.



6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. J. Q. De la Iglesia, «Instituto Español de Estudios Estatégicos,» [En línea]. Available: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2020/DIEEO153_2020FRAQUI_guerra_hibrida.pdf. [Último acceso: 18 10 2021].
- [2] M. Charte, «RTVE,» [En línea]. Available: <https://www.rtve.es/noticias/20210909/coste-guerra-contra-terror-mas-900000-muertos-8-billones-dolares-perdida-libertades/2148921.shtml>. [Último acceso: 18 10 2021].
- [3] E. M. d. I. Defensa, «MINISDEF,» [En línea]. Available: https://www.defensa.gob.es/ceseden/Galerias/ccdc/documentos/PDC-3.5._OPERACIONES_ESPECIALES_para-web.pdf. [Último acceso: 18 10 2021].
- [4] M. D. INTERIOR, «BOE,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/>. [Último acceso: 3 10 2021].
- [5] XAC, «XAC,» [En línea]. Available: <http://xestionambiental.com/2020/11/11/reconstruccion-de-una-antigua-galeria-de-tiro-en-ferrol/>. [Último acceso: 9 10 2021].
- [6] G. Civil, «MINISDEF,» Gobierno de España, 16 04 2021. [En línea]. Available: <https://www.guardiacivil.es/es/prensa/noticias/7807.html>. [Último acceso: 15 09 2021].
- [7] M. D. INTERIOR, «BOE. Real Decreto 137/1993, de 29 de enero por el que se aprueba el Reglamento de Armas,» 05 03 1993. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/boe/dias/1993/03/05/pdfs/A07016-07051.pdf>. [Último acceso: 07 09 2021].
- [8] EUROLAB, «DIN 4102 ESTÁNDARES ALEMANES PRUEBAS DE RESISTENCIA AL FUEGO,» [En línea]. Available: <https://www.eurolab.com.tr/es/sektorel-test-ve-analizler/yapi-malzemeleri-testleri/din-4102-alman-standardlari-yangina-dayanim-testleri>. [Último acceso: 03 11 2021].
- [9] FULCRUM TARGET SYSTEM, «FULCRUM TARGET SYSTEM,» [En línea]. Available: <http://www.fulcrumtargets.com/>. [Último acceso: 14 10 2021].
- [10] ACH, «EL BLOG DE ACH,» [En línea]. Available: <https://panelesach.com/blog/que-es-una-cubierta-deck/>. [Último acceso: 25 10 2021].
- [11] PREFABRICATS PUJOL, «VIGUETAS PARA NAVE INDUSTRIAL,» [En línea]. Available: <https://www.prefabricatspujol.com/es/productos/nave-industrial/viguetas/>. [Último acceso: 25 10 2021].
- [12] PREFABRICATS PUJOL, «VIIGAS DE CANTO VARIABLE PARA NAVES INDUSTRIALES,» [En línea]. Available: <https://www.prefabricatspujol.com/es/productos/nave-industrial/vigas-de-canto-variable/>. [Último acceso: 26 10 2021].
- [13] PREFABRICATS PUJOL, «PILARES PARA NAVES INDUSTRIALES,» [En línea]. Available: <https://www.prefabricatspujol.com/es/productos/nave-industrial/pilares/>. [Último acceso: 28 10 2021].
- [14] FERROS LA POBLA, «FERROS LA POBLA,» [En línea]. Available: <https://ferroslapoba.com/que-son-las-zapatas-y-que-tipos-hay-en-la-construcion/>. [Último acceso: 22 10 2021].
- [15] FOMENTO, MINISTERIO DE, «EHE-08 INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL,» [En línea]. Available: <http://www.ponderosa.es/docs/Norma-EHE-08.pdf>. [Último acceso: 29 10 2021].
- [16] BOE, «REAL DECRETO 1027/2007, DE 20 DE JULIO, POR EL QUE SE APRUEBA EL REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS,» 29 09 2007. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-15820-consolidado.pdf>. [Último acceso: 03 11 2021].
- [17] GTS ELECTRÓNICA, «GTS ELECTRONICA,» [En línea]. Available: <https://www.gtselectronica.com/shootingranges.html>. [Último acceso: 29 09 2021].
- [18] J. A. L. P. P. J. A. C. A. M. V. C. S. F. Luis López García. [En línea]. Available: <https://ingemecanica.com/tutoriales/objetos/prontuario.pdf>. [Último acceso: 28 10 2021].



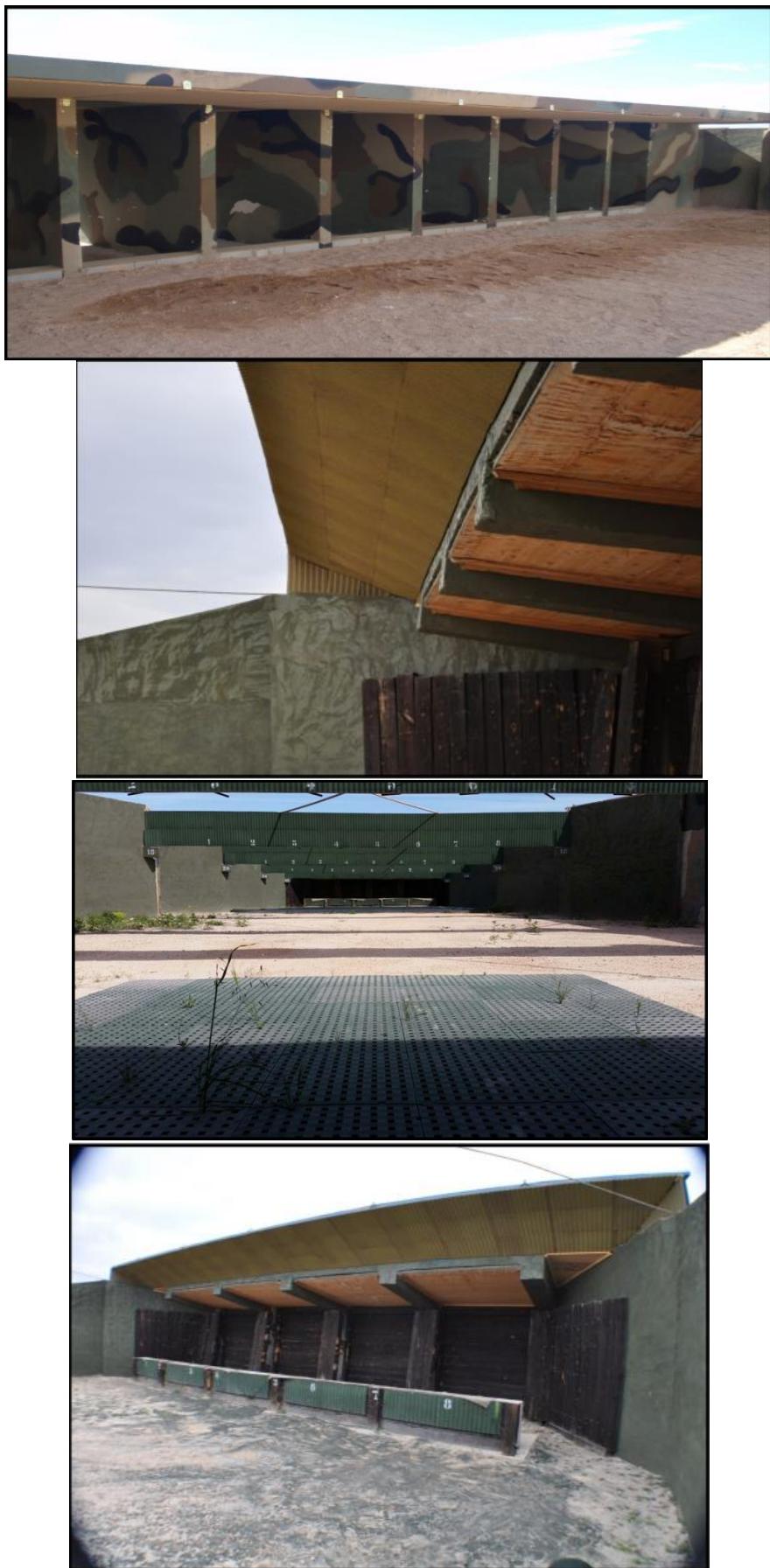
- [19] SSAB, «SSAB,» [En línea]. Available: https://www.ssab.es/products/brands/hardox?gclid=CjwKCAjw7fuJBhBdEiwA2ILMYZyL3KHF-acAag8ng2fljh5UMcNO1v5-U6lSehv-8MiNLaXf-vhbvxoCLIEQAvD_BwE&pi=discover2D8CD500D7AC4A1EBAEF994D65E237F1. [Último acceso: 25 09 2021].
- [20] OWENS CORNING, «OCV Reinforcement,» [En línea]. Available: <http://www.d-y-d.com/doc/DyDHTAFMHP.pdf>. [Último acceso: 23 09 21].



7. ANEXOS

ANEXO A. Fotografías de la galería de tiro del MOE	41
ANEXO B. Planos de la galería de tiro.	44
ANEXO C. Real Decreto 137/1993 de 29 de enero por el que se aprueba el reglamento de Armas [7].....	46
ANEXO D. Encuesta realizada a operadores del MOE	49
ANEXO E. Método AHP	50
ANEXO F. Tabla de elección de aceros balísticos (MARS)	53
ANEXO G. Características del acero balístico MARS 500.....	54
ANEXO H. Test balístico del MARS 240(ANTIGUO MARS 500).....	56
ANEXO I. Características del acero balístico HARDOX [19].....	60
ANEXO J. Características del caucho antirrebote	62
ANEXO K. Puesta en estación del sistema de blancos "FULCRUM TARGET SYSTEM"	63
ANEXO L. Tablas de elección de materiales de la empresa "Prefabricats Pujol"	73
ANEXO M. DBSE-AE	74
ANEXO N. Cálculo estructural de las zapatas	75
ANEXO O. Cálculo estructural de los pilares.....	76
ANEXO P. Características del sistema de ventilación	78
ANEXO Q. Dimensiones de los ventiladores axiales	80
ANEXO R. Dimensiones de las ventanas de sobrepresión.....	81
ANEXO S. Análisis de la composición de la dolomita de la empresa SGS (Elaboración propia). 82	
ANEXO T. Clases generales y específicas de exposición relativos a la corrosión.....	83
ANEXO U. Presupuestos del proyecto	85

ANEXO A. Fotografías de la galería de tiro del MOE





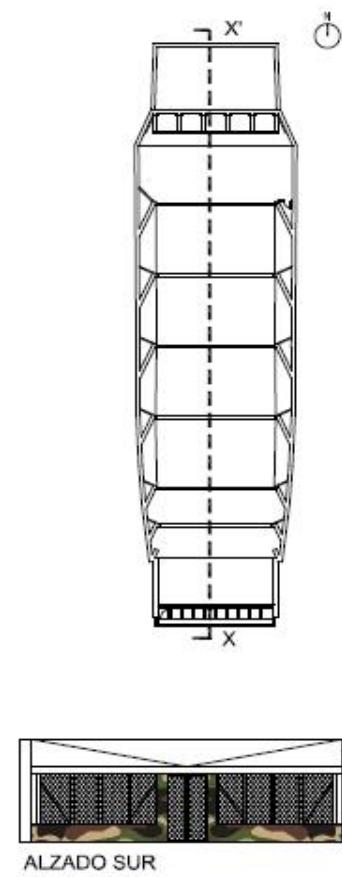
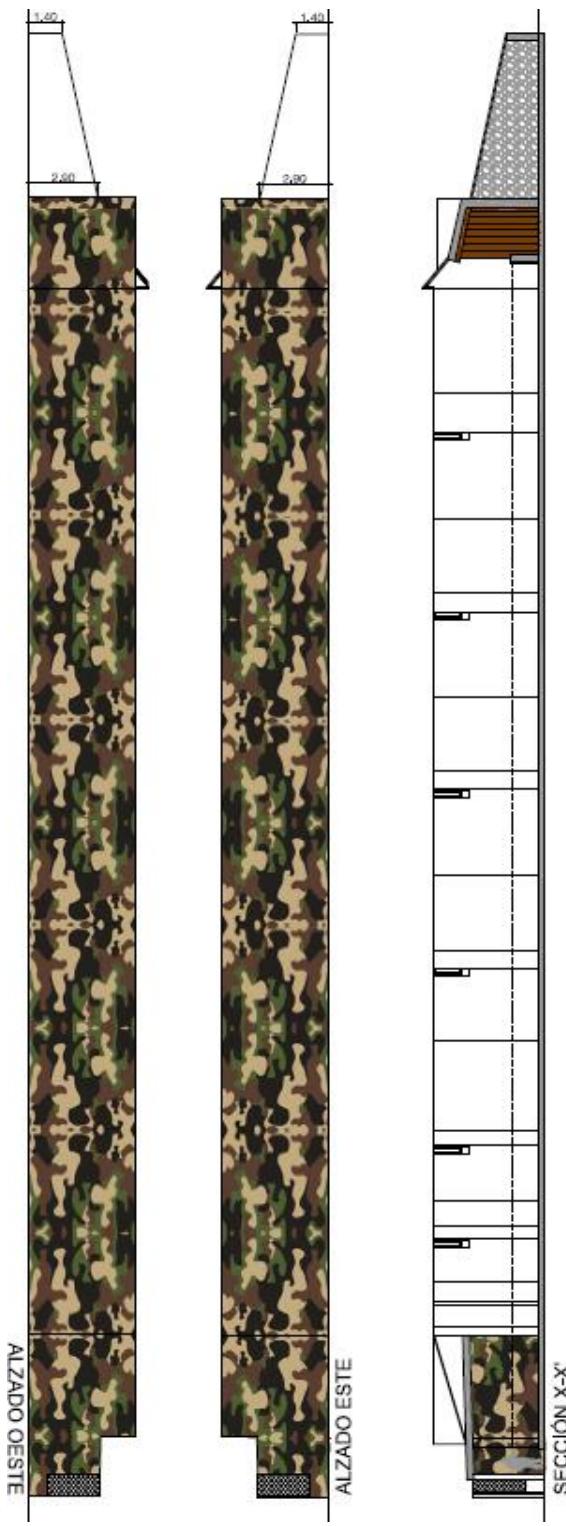


DEPOSITO DE BLANCOS



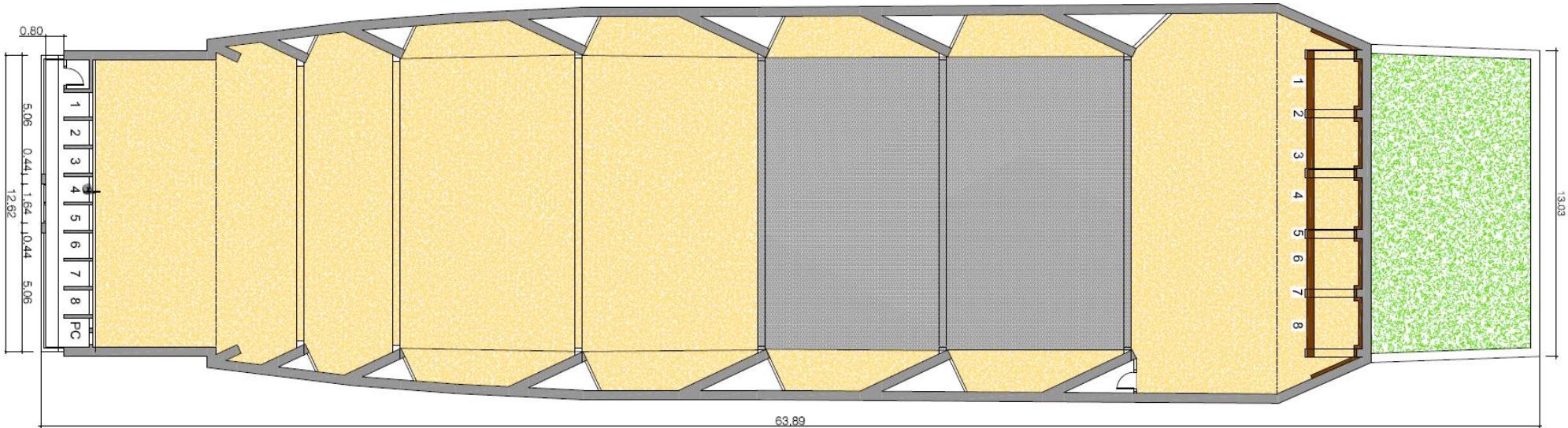
PUESTO DE CONTROL





ANEXO B. Planos de la galería de tiro.

REVISIONES		FECHA:	POR:	
<input checked="" type="checkbox"/>	DESCRIPCION:			
MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO DE TIERRA ACADEMIA GENERAL MILITAR				
 PROYECTADO: EL CAC. INGENIEROS MARcos SIMON PARDOS.		 ACUARTELAMIENTO ALFREZ ROJAS NAVARRETE		
		PROYECTO PARA LA MEJORA, HABILITACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA GALERÍA DE TIRO MOE		
 PLANOS DE ALZADO Y PLANTA				
ESCALA:	SIGNATURA:	NO DE PLANOS:	PLANO N°	HOJA N°/Nº HOJAS
1:250 OBSERVACIONES:	09/2021	2	1	



Nº		DESCRIPCION:		FECHA:	POR:
P E V I S I O N E S					
MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO DE TIERRA					
ACADEMIA GENERAL MILITAR					
PROYECTADO: EL CAC. INGENIEROS MARCOS SIMON PARDOS.		ACUARTELAMIENTO ALFEREZ ROJAS NAVARRETE PROYECTO PARA LA MEJORA, HABILITACION Y ACONDICIONAMIENTO DE LA GALERIA DE TIRO MOE			
		PLANO DE PLANTA			
ESCALA: 1:250 OBSERVACIONES:		SIGNATURA: Nº DE PLANOS:		PLANO Nº: HOJA Nº/Nº HOJAS	
09/2021		2		2	

ANEXO C. Real Decreto 137/1993 de 29 de enero por el que se aprueba el reglamento de Armas [7].

7048

Viernes 5 marzo 1993

BOE núm. 55

Artículo 171.

El importe de la venta de las armas y, en su caso, de la chatarra o producto de la destrucción a que se refieren los artículos anteriores, siempre que no haya persona o entidad con derecho al mismo, recibirá el destino legalmente prevenido.

Disposición final única.

1. Las solicitudes de autorizaciones, licencias y reconocimientos de coleccionistas, regulados en el presente Reglamento, se considerarán desestimadas y se podrán interponer contra su desestimación los recursos procedentes, si no recaen sobre ellas resoluciones expresas dentro del plazo de tres meses y de la ampliación del mismo, en su caso, a contar desde su presentación, sin perjuicio de la obligación de las autoridades competentes de resolver expresamente en todo caso.

2. Lo dispuesto en el apartado anterior será aplicable a las autorizaciones, licencias y reconocimientos de coleccionistas para la fabricación y reparación de armas, sus imitaciones y réplicas, y sus piezas fundamentales, así como para su circulación, almacenamiento y comercio, su adquisición y enajenación, su tenencia y utilización.

ANEXO

Características y medidas de seguridad en galerías y campos de tiro

A) Galerías de tiro

Especificaciones

1. Puestos de tirador

a) Espacio para el tirador.

El tirador debe disponer de un espacio comprendido entre 1 y 1,5 metros de ancho, con una profundidad de 1,3 a 1,5 metros, según modalidades de tiro y calibre de las armas empleadas.

b) Pantallas de separación de tiradores.

Deben colocarse pantallas para separar los diversos puestos de tiro en evitación de accidentes debidos a la explosión de los casquillos; sus dimensiones serán: Altura mínima, 2 metros; anchura, 1,5 metros; altura del suelo, menos de 0,70 metros.

c) Protección con marquesinas.

Tiene por misión la limitación del ángulo de tiro, siendo sus medidas ideales: Altura del extremo más bajo, 2 metros; longitud, de 2,5 a 3 metros, limitando el ángulo de tiro a 40 grados para evitar la excesiva altura del primer parabala. Deben estar protegidas contra la penetración de la munición empleada. Pueden ser de:

1.º Hormigón recubierto con madera para evitar rebotes.

2.º Madera de 4 centímetros de espesor, como mínimo, más una chapa de hierro de 2 milímetros, si sólo se emplea 22. Si se emplea otra munición, ver tabla de penetraciones adjunta.

d) Protección de cristaleras.

Deben estar fuera de la línea de tiro. De prever posibilidad de impacto serán antibala del espesor adecuado a la munición a emplear, ver tabla adjunta de cristales de seguridad.

e) Piso adecuado.

El piso debe ser plano, horizontal en todas las direcciones y rugoso para evitar deslizamientos, ya que un resbalón del tirador puede provocar un disparo fortuito.

f) Mesa para colocar el arma y la munición.

Cada tirador dispondrá de una mesa situada en la parte delantera del puesto de tirador para colocar el arma y la munición. Sus dimensiones serán de unos 50 por 50 centímetros y una altura de 70 a 100 centímetros. Su objeto es que el arma allí depositada siempre esté con el cañón hacia el campo de tiro.

g) Puertas de acceso directo.

No es recomendable que existan puertas que abran directamente a la sala de tirador que puedan cerrarse violentamente, pues el ruido que producen puede dar lugar a un disparo involuntario.

h) Iluminación adecuada.

Es recomendable luz cenital natural o artificial con difusores para no producir deslumbramientos o brillos molestos para el tirador.

i) Insonorización.

Es muy conveniente, sobre todo en aquellas galerías completamente cerradas, pues la reverberación que producen los disparos, pese a usar normalmente cascos, puede producir disparos fortuitos. A título de ejemplo, una buena insonorización puede conseguirse con 100 milímetros de planchas de fibra de vidrio recubiertas con panel perforado.

j) Caja fuerte o cámara acorazada.

Han de tenerla todas aquellas galerías en que queden depositadas armas y municiones, antes o después de las tiradas.

2. Parabala

Son aquellas pantallas que se colocan a lo largo del campo de tiro y deben interceptar con toda seguridad cualquier trayectoria que trate de salirse de los límites del campo.

a) Espesor de acuerdo con la munición empleada.

Lo ideal es que sean de hormigón armado de 20 centímetros, cubierto siempre con madera por la parte del impacto para evitar los rebotes. Pueden hacerse también de:

1.º Bovedilla rellena de arcilla o arena, recubiertas de madera cuando no se emplea munición superior al 38 con bala no blindada.

2.º No es recomendable parabala solamente de madera, aunque su espesor sea el adecuado a la munición, ya que se deterioran fácilmente perdiendo su eficacia.

3.º En caso de duda pueden completarse con una chapa de hierro.

b) Altura adecuada con margen de seguridad.

La altura deberá ser tal, que la trayectoria más desfavorable (normalmente es la de posición tendido, si se practica esa modalidad) deberá incidir en un parabala con un margen de seguridad al menos de 50 centímetros del borde superior. Cuando los parabala no cubren las trayectorias desde la posición de tendido, por no practicarse esta modalidad, es muy conveniente colocar un muro de ladrillo separando los puestos de tirador del campo de tiro y de una altura tal que corte cualquier trayectoria que desde el suelo pueda salirse del campo.

c) Número y altura de acuerdo con parámetros laterales.

1.^º Los parabolas deben estar distribuidos a lo largo del campo de tal forma, que una trayectoria tangente a cualquiera de ellos por su parte inferior, deberá incidir en el siguiente con un margen de seguridad de 50 centímetros.

Su número depende mucho de las condiciones particulares de cada campo, así como de la altura de la marquesina y la situación del primer parabolas, ya que estos dos elementos limitan los posibles ángulos de tiro.

Su anchura será la de la galería y soportada por el menor número de pilares posible.

2.^º A título orientativo, si el primer parabolas está entre 8 y 10 metros, será suficiente:

Galería de 25 metros: De 1 a 2 parabolas.
Galería de 50 metros: De 2 a 3 parabolas.
Galería de 100 metros: De 3 a 4 parabolas.
Galería de 200 metros: De 5 a 6 parabolas.

d) Altura y contextura de parámetros laterales.

4.^º Los parámetros laterales deben tener una altura tal que eviten la salida lateral de las balas del campo y que alguna bala al rebotar sobre ellos se salga por el parámetro opuesto.

2.^º Su construcción y la situación de accesos deben ser tales que impidan con seguridad la entrada de personal al campo durante las tiradas.

3.^º Si son hechos de desmonte, estarán cubiertos de tierra blanda plantada con césped y plantas que sujeten la tierra.

4.^º Si son de obra de fábrica, deberán preverse los posibles rebotes, cubriendo con madera, al menos, su última parte. Se supone que una bala de plomo puede rebotar cuando incide con un ángulo menor de 20 grados.

5.^º Su espesor estará de acuerdo con la munición a emplear.

6.^º Deben preverse los rebotes que puedan salirse fuera de los límites del campo. Para ello:

Los parabolas en altura estarán protegidos con madera por la parte de los impactos.

Los parámetros laterales estarán protegidos con madera, al menos, en las partes en que se prevé que los rebotes puedan salirse del campo.

Para evitar los rebotes sobre el suelo, deberá tener, uniformemente repartidos, promontorios de tierra de 0,50 metros de alto por 0,50 metros de ancho, con una longitud análoga a la anchura del campo, plantados de césped para evitar su desmoronamiento.

e) Protección de columnas.

Los parabolas, marquesinas de blancos, etc., deberán tener el mínimo número de columnas que su construcción permita.

En caso de que existiesen:

1.^º Serán cuadradas, nunca redondas ni con bordes redondeados, y colocadas de tal forma que los impactos incidan sobre superficies planas perpendiculares a la línea de tiro.

2.^º Estarán siempre protegidas con madera para evitar rebotes.

3.^º No se permitirá ningún tipo de tirante metálico de sujeción de los elementos del campo en los que pueda incidir y desviar algún disparo.

f) Mantenimiento de las protecciones contra los rebotes.

Las protecciones de madera, suelen deteriorarse rápidamente, bien por efecto de los disparos, bien debido a las inclemencias del tiempo, perdiendo su eficacia como protección.

1.^º Se deben proteger con tejadillos siempre que sea posible.

2.^º Se deben colocar de forma que su reposición sea fácil.

3. Espaldones

Son aquellos elementos destinados a detener los proyectiles disparados en el campo o galería de tiro y pueden ser:

1.^º Naturales, aprovechando la configuración del terreno.

2.^º De tierra en talud a 45 grados.

3.^º De muro con tierra en talud de 45 grados.

4.^º De muro con recubrimiento de troncos.

a) Anchura.

Necesariamente deben cubrir todo el ancho de la galería.

b) Altura mínima. La altura mínima exigida es:

1.^º Si es natural o fabricado con tierra amontonada formando un doble talud, su altura deberá sobreasar 1,50 a 2 metros la trayectoria más desfavorable.

2.^º Si es de muro con tierra en talud, éste deberá sobreasar 0,50 metros la trayectoria más desfavorable y el muro de contención que sobresalga de esta altura estará cubierto de madera.

c) Relación con la penetración de las armas.

1.^º Si es de tierra, la trayectoria más desfavorable deberá tener un recorrido de detención de al menos 1,5 metros.

2.^º Si es de muro con tierra en talud, el muro será de un espesor tal que por sí solo pueda detener un impacto del máximo calibre que se emplee.

3.^º Si es de muro recubierto de troncos, habrá que calcularlo con un gran margen de seguridad ya que la madera se deteriora muy rápidamente, sobre todo en la línea de dianas; siendo un buen complemento, en caso de duda, proteger el muro en esa zona con una chapa de hierro de 5 a 10 milímetros.

A título orientativo, una bala de 7,62 milímetros a 83 m/s, requiere un espaldón de hormigón de 24 centímetros, contando el margen de seguridad.

d) Espaldones hechos con materiales que producen rebotes.

1.^º Los taludes de tierra deberán estar recubiertos de tierra vegetal desprovista de piedras.

2.^º Los muros de contención que sobresalgan del talud, deberán cubrirse con madera. Es un buen complemento terminar el muro en una cornisa que evita la salida de algún rebote o guijarro de la tierra proyectado por el impacto.

e) Desmoronamiento producido por las inclemencias del tiempo.

Si es de tierra en doble talud, tendrá en su parte superior una zona plana de al menos 0,5 metros. En cualquier caso, todos los hechos con tierra, estarán recubiertos con césped o plantas de raíces largas que sujeten la tierra.

f) Protección del paso de personas.

Debe protegerse con toda seguridad el paso de personas a través del espaldón.

1.^º Si es de doble talud, tendrá un cerramiento por su parte trasera, bien de fábrica, bien de tela metálica. Se suele plantar la parte trasera del espaldón con plantas espinosas que a la par que sujetan la tierra, tienen un efecto disuasorio adicional.

2.^º Si tiene muro de contención, su altura por la parte trasera deberá ser como mínimo de 2,5 metros sobre el terreno.

4. Línea de blancos

a) Protección de los sirvientes.

1.^º Su construcción deberá ser subterránea, de hormigón, de un espesor mínimo de 10 centímetros. Es muy conveniente que tenga un voladizo de 70 a 80 centímetros que lo cubra parcialmente.

2.^º La parte del foso en la dirección del espaldón puede ser de tierra con inclinación natural, o de hormigón, y ha de cumplir las siguientes condiciones:

1.^a Nunca hará de espaldón que deberá estar como mínimo a 5 metros.

2.^a Su altura no será superior a la pared más próxima a los puestos de tirador.

3.^a Las dimensiones serán: Altura superior a 2 metros y ancho de 1,5 a 2 metros.

b) Protección contra rebotes.

Deberá colocarse un talud de tierra de aproximadamente 1 metro de alto que proteja el techo del foso de blancos de los impactos y eviten el rebote, a la par que cubra las trayectorias que incidan sobre las partes metálicas de los soportes de blancos.

La pared más próxima a los blancos será más baja o como máximo de la misma altura que la más próxima a los puestos de tirador, precisamente para que ningún impacto pueda incidir sobre ella y dañar a los sirvientes.

c) Acceso seguro.

Los fosos de tirador deben ocupar todo el ancho de la galería y su acceso deberá ser subterráneo y lateral por fuera del límite de los parámetros laterales.

Si estas dos soluciones no fueran posibles, deberá tener ineludiblemente un sistema eléctrico fiable de señales luminosas o acústicas, que no permita el tiro cuando hay personas en el campo.

5. Instalación eléctrica

Aunque una instalación eléctrica mal protegida no afecta directamente a la seguridad de las personas, si indirectamente, ya que un cortocircuito motivado por un disparo puede dar lugar a algún disparo fortuito de los tiradores. Por tanto, toda la instalación eléctrica deberá ser subterránea o colocada en lugares protegidos de los impactos. Los focos de iluminación de blancos y de iluminación general estarán protegidos por los parabolas o por parabolas especialmente colocados para su protección.

Criterio de evaluación

Una vez analizados todos los puntos anteriormente expresados y evaluados conjuntamente, la galería reunirá las debidas condiciones de seguridad cuando:

a) Existe la certeza de que ninguna bala pueda salirse de los límites de la galería.

b) Las protecciones son las adecuadas al máximo calibre a usar.

c) Ninguna persona puede ser alcanzada durante las tiradas por un disparo entre los puestos de tirador y el espaldón.

B) Campos de tiro

1. Zona de seguridad

a) La zona de seguridad es la comprendida dentro de un sector circular de 45 grados a ambos lados del tirador y 200 metros de radio, distribuido en las siguientes zonas:

1.^º Hasta 60 metros, zona de efectividad del disparo.

2.^º Hasta 100 metros, zona de caída de platos o pictones.

3.^º Hasta 200 metros, zona de caída de plomos sin ninguna efectividad pero sí molestos. Esta zona puede disminuirse según las características del terreno, por ejemplo, si está en pendiente ascendente, o tiene espaldón natural.

b) La zona de seguridad debe estar desprovista de todo tipo de edificaciones y carreteras por donde puedan transitar personas, animales o vehículos y que no pueda ser cortado al tránsito durante las tiradas.

c) En caso de practicarse las modalidades de tiro «Skeet» o recorrido de caza, la zona de seguridad se calculará a partir de los diversos puestos de tirador y los posibles ángulos de tiro.

d) En caso de no ser los terrenos de la zona de seguridad propiedad de la Sociedad de Tiro al Plato deberá obtenerse el consentimiento escrito de los propietarios de las fincas incluidas en dicha zona, autorizando la caída de pictones, platos y plomos durante las tiradas.

e) La zona de seguridad no debe estar cruzada por líneas aéreas, eléctricas o telefónicas, sobre las que puedan incidir los pictones, platos o plomos.

2. Protección de las máquinas lanzadoras

Las máquinas lanzadoras así como sus sirvientes deben estar protegidos dentro de una construcción subterránea de techo de hormigón, ya que sus sirvientes estarán siempre dentro de la línea de tiro.

La cota del nivel superior del forjado del techo debe corresponder a la ± 0,00 respecto de la de los puestos de tiro.

3. Protección de los espectadores

La zona reservada a los espectadores deberá estar a la espalda de los tiradores y los accesos al campo serán por la parte trasera o como máximo perpendicular a la línea de tiro. En caso de duda, se colocarán unas pantallas laterales al tirador que limiten el ángulo de tiro.

4. Cierre o señalización

Lo ideal es que el campo con su zona de seguridad esté vallado en todo su perímetro. Este supuesto no ocurre con mucha frecuencia ya que en la mayoría de los casos están instalados en terrenos comunales que no se pueden cerrar, en cuyo caso se exigirá:

a) Que durante las tiradas se cierre la zona de seguridad mediante vallas enrollables de alambre.

b) Que a lo largo del perímetro de seguridad y cada 50 metros, como mínimo, se coloquen carteles indicativos bien visibles de la existencia del campo y banderolas rojas cuando hay tiro.

c) Que durante las tiradas, se cierran todos los caminos o pistas forestales que atraviesen la zona de seguridad, no permitiendo el paso de persona ni por supuesto su permanencia dentro de la zona de seguridad.

d) Por ser en este último supuesto las señalizaciones de carácter no perdurable, se hará constar expresamente en las autorizaciones que las tiradas y los entrenamientos estarán condicionados a la comprobación por la Guardia Civil de la existencia de aquéllas, así como que se han cerrado al tráfico todos los caminos, carreteras y accesos que atraviesen la zona de seguridad.

ANEXO D. Encuesta realizada a operadores del MOE

Optimización de la galería de tiro

Mediante este formulario se pretende que los miembros del equipo operativo seleccionen cuál sería para ellos la prioridad de las obras nombradas a continuación. Del mismo modo, se abre una pregunta al final para que los operadores aporten alguna otra implementación que no se haya tenido en cuenta.

 msimonpardo@gmail.com (no compartidos) 

[Cambiar de cuenta](#)

*Obligatorio

Cubrir la galería de tiro permitiendo realizar tiro independientemente de las condiciones meteorológicas y evitando proyecciones fuera de las instalaciones.*

Marque la respuesta teniendo en cuenta que muy importante hace referencia a ser una necesidad vital para la mejora de la calidad de la instrucción y nada importante hace referencia a una comodidad que no tiene relevancia respecto a beneficios tácticos.

- Muy importante
- Importante
- Poco importante
- Nada importante

Permitir el uso de distintas armas a parte de la pistola HK USP. Esto incluiría el HK G36, MP5, P90, five seven y UMP *

Marque la respuesta teniendo en cuenta que muy importante hace referencia a ser una necesidad vital para la mejora de la calidad de la instrucción y nada importante hace referencia a una comodidad que no tiene relevancia respecto a beneficios tácticos.

- Muy importante
- Importante
- Poco importante
- Nada importante

Instalar un sistema de blancos que permita el tiro a distintas distancias. El tirador no podría moverse del puesto de tiro pero el blanco se situaría a distintas distancias mediante un interruptor situado en la cabina del instructor.*

Marque la respuesta teniendo en cuenta que muy importante hace referencia a ser una necesidad vital para la mejora de la calidad de la instrucción y nada importante hace referencia a una comodidad que no tiene relevancia respecto a beneficios tácticos.

- Muy importante
- Importante
- Poco importante
- Nada importante

Al estar techada , la iluminación de la galería de tiro sería regulable de manera que se podrían realizar ejercicios en distintos ambientes de luz como en oscuridad total, oscuridad parcial, total iluminación o iluminación parcial *

Marque la respuesta teniendo en cuenta que muy importante hace referencia a ser una necesidad vital para la mejora de la calidad de la instrucción y nada importante hace referencia a una comodidad que no tiene relevancia respecto a beneficios tácticos.

- Muy importante
- Importante
- Poco importante
- Nada importante

La instalación del parabolas de cortina permitiría facilitar la limpieza de las balas dado que no sería necesario vaciar el espaldón sino que al golpear en las cortinas caerían directamente en los recipientes colocados debajo. La solera además evitaría la aparición de la maleza en la galería de tiro *

Marque la respuesta teniendo en cuenta que muy importante hace referencia a ser una necesidad vital para la mejora de la calidad de la instrucción y nada importante hace referencia a una comodidad que no tiene relevancia respecto a beneficios tácticos.

- Muy importante
- Importante
- Poco importante
- Nada importante

El sistema de blancos cuenta con la posibilidad de poner en dos posiciones (una posición de no disparo y otra de disparo). De esta manera se puede trabajar la velocidad de reacción del operador en el disparo *

Marque la respuesta teniendo en cuenta que muy importante hace referencia a ser una necesidad vital para la mejora de la calidad de la instrucción y nada importante hace referencia a una comodidad que no tiene relevancia respecto a beneficios tácticos.

- Muy importante
- Importante
- Poco importante
- Nada importante

Añada cualquier otra idea que no se haya valorado en este cuestionario y que aumentaría el nivel táctico en los ejercicios de instrucción y adiestramiento de los operadores del equipo *

Tu respuesta

ANEXO E. Método AHP

	OPTIMIZACIÓN GALERÍA DE TIRO			
	ESPECIALISTA 1	ESPECIALISTA 2	OPERADOR 1	OPERADOR 2
TECHADO	6	7	7	6
USO ARMA LARGA	10	9	9	10
REGULACIÓN LUCES	7	8	7	9
TIRO A DISTINTAS DISTANCIAS	9	10	8	9
REDUCCIÓN MANTENIMIENTO	4	5	6	3
BLANCOS PARA TRABAJAR REACCIÓN	8	9	10	8

Especialista: Se dice de aquel que por sus aptitudes dirige y genera los ejercicios de tiro de los equipos operativos.

Operador: Se dice de aquel que realiza los ejercicios de tiro dirigidos por el especialista del equipo operativo

CUANTIFICACIÓN OPINIONES	
1	No tiene efecto en la instrucción
2	Apenas tiene efecto en la instrucción
3	Irrelevante para la instrucción, si en comodidad
4	Efecto valorado positivamente y más comodo
5	Efecto positivo pero no necesario
6	Leve mejora de la instrucción
7	Ayuda a la instrucción
8	Mejora en la instrucción
9	Gran mejora en la instrucción
10	Necesaria tácticamente

LUMINOSIDAD				
CRITERIOS	BAJO COSTE	NIVEL TÁCTICO	COMODIDAD	FACILIDAD TÉCNICA
BAJO COSTE	1,00	0,20	5,00	3,00
NIVEL TÁCTICO	7,00	1,00	9,00	5,00
COMODIDAD	0,20	0,11	1,00	0,33
FACILIDAD TÉCNICA	0,33	0,11	3,00	1,00
SUMA	8,53	1,42	18,00	9,33

MATRIZ NORMALIZADA					
CRITERIOS	BAJO COSTE	NIVEL TÁCTICO	COMODIDAD	FACILIDAD TÉCNICA	VECTOR PROMEDIO
BAJO COSTE	0,12	0,14	0,28	0,32	0,21
NIVEL TÁCTICO	0,82	0,70	0,50	0,54	0,64
COMODIDAD	0,02	0,08	0,06	0,04	0,05
FACILIDAD TÉCNICA	0,04	0,08	0,17	0,11	0,10

TECHADO				
CRITERIOS	BAJO COSTE	NIVEL TÁCTICO	COMODIDAD	FACILIDAD TÉCNICA
BAJO COSTE	1,00	0,33	5,00	2,00
NIVEL TÁCTICO	3,00	1,00	7,00	5,00
COMODIDAD	5,00	0,50	1,00	0,14
FACILIDAD TÉCNICA	0,50	0,20	7,00	1,00
SUMA	9,50	2,03	20,00	8,14

MATRIZ NORMALIZADA					
CRITERIOS	BAJO COSTE	NIVEL TÁCTICO	COMODIDAD	FACILIDAD TÉCNICA	VECTOR PROMEDIO
BAJO COSTE	0,11	0,16	0,25	0,25	0,19
NIVEL TÁCTICO	0,32	0,49	0,35	0,61	0,44
COMODIDAD	0,53	0,25	0,05	0,02	0,21
FACILIDAD TÉCNICA	0,05	0,10	0,35	0,12	0,16

ARMA CORTA/LARGA				
CRITERIOS	BAJO COSTE	NIVEL TÁCTICO	COMODIDAD	FACILIDAD TÉCNICA
BAJO COSTE	1,00	0,11	0,50	3,00
NIVEL TÁCTICO	9,00	1,00	7,00	5,00
COMODIDAD	2,00	0,14	1,00	2,00
FACILIDAD TÉCNICA	0,33	0,20	0,50	1,00
SUMA	12,33	1,45	9,00	11,00

MATRIZ NORMALIZADA					
CRITERIOS	BAJO COSTE	NIVEL TÁCTICO	COMODIDAD	FACILIDAD TÉCNICA	VECTOR PROMEDIO
BAJO COSTE	0,08	0,08	0,06	0,27	0,12
NIVEL TÁCTICO	0,73	0,69	0,78	0,45	0,66
COMODIDAD	0,16	0,10	0,11	0,18	0,14
FACILIDAD TÉCNICA	0,03	0,14	0,06	0,09	0,08

DISTINTAS DISTANCIAS DE TIRO				
CRITERIOS	BAJO COSTE	NIVEL TÁCTICO	COMODIDAD	FACILIDAD TÉCNICA
BAJO COSTE	1,00	0,20	0,14	0,50
NIVEL TÁCTICO	7,00	1,00	2,00	3,00
COMODIDAD	7,00	0,50	1,00	4,00
FACILIDAD TÉCNICA	2,00	0,33	0,25	1,00
SUMA	17,00	2,03	3,39	8,50

MATRIZ NORMALIZADA					
CRITERIOS	BAJO COSTE	NIVEL TÁCTICO	COMODIDAD	FACILIDAD TÉCNICA	VECTOR PROMEDIO
BAJO COSTE	0,06	0,10	0,04	0,06	0,06
NIVEL TÁCTICO	0,41	0,49	0,59	0,35	0,46
COMODIDAD	0,41	0,25	0,29	0,47	0,36
FACILIDAD TÉCNICA	0,12	0,16	0,07	0,12	0,12

REDUCCIÓN MANTENIMIENTO				
CRITERIOS	BAJO COSTE	NIVEL TÁCTICO	COMODIDAD	FACILIDAD TÉCNICA
BAJO COSTE	1,00	3,00	0,25	5,00
NIVEL TÁCTICO	0,33	1,00	0,25	0,20
COMODIDAD	4,00	4,00	1,00	3,00
FACILIDAD TÉCNICA	0,20	5,00	0,33	1,00
SUMA	5,53	13,00	1,83	9,20

MATRIZ NORMALIZADA					
CRITERIOS	BAJO COSTE	NIVEL TÁCTICO	COMODIDAD	FACILIDAD TÉCNICA	VECTOR PROMEDIO
BAJO COSTE	0,18	0,23	0,14	0,54	0,27
NIVEL TÁCTICO	0,06	0,08	0,14	0,02	0,07
COMODIDAD	0,72	0,31	0,55	0,33	0,48
FACILIDAD TÉCNICA	0,04	0,38	0,18	0,11	0,18

BLANCOS PARA TRABAJO DE REACCIÓN				
CRITERIOS	BAJO COSTE	NIVEL TÁCTICO	COMODIDAD	FACILIDAD TÉCNICA
BAJO COSTE	1,00	0,17	0,20	0,33
NIVEL TÁCTICO	6,00	1,00	7,00	2,00
COMODIDAD	5,00	0,14	1,00	0,25
FACILIDAD TÉCNICA	3,00	0,50	4,00	1,00
SUMA	15,00	1,81	12,20	3,58

MATRIZ NORMALIZADA					
CRITERIOS	BAJO COSTE	NIVEL TÁCTICO	COMODIDAD	FACILIDAD TÉCNICA	VECTOR PROMEDIO
BAJO COSTE	0,07		0,09	0,02	0,09
NIVEL TÁCTICO	0,40		0,55	0,57	0,56
COMODIDAD	0,33		0,08	0,08	0,07
FACILIDAD TÉCNICA	0,20		0,28	0,33	0,28

CRITERIOS				
CRITERIOS	BAJO COSTE	NIVEL TÁCTICO	COMODIDAD	FACILIDAD TÉCNICA
BAJO COSTE	1,00	0,50	5,00	3,00
NIVEL TÁCTICO	2,00	1,00	7,00	4,00
COMODIDAD	0,20	0,14	1,00	0,33
DIFÍCULTAD TÉCNICA	0,33	0,25	3,00	1,00
SUMA	3,53	1,89	16,00	8,33

MATRIZ NORMALIZADA					
CRITERIOS	BAJO COSTE	NIVEL TÁCTICO	COMODIDAD	FACILIDAD TÉCNICA	VECTOR PROMEDIO
BAJO COSTE	0,28		0,26	0,31	0,36
NIVEL TÁCTICO	0,57		0,53	0,44	0,48
COMODIDAD	0,06		0,08	0,06	0,04
DIFÍCULTAD TÉCNICA	0,09		0,13	0,19	0,12

COMPROBACIÓN DE LA CONSISTENCIA DEL MÉTODO AHP EN LAS ALTERNATIVAS					
ALTERNATIVAS	$L_{max} \cdot (\sum A_i \cdot V_i)$	$I_C = (L_{max} - n) / (n(n-1))$	$I_A = (1.98 * (n - 1)) / n$	$RIC = I_C / I_A$	VÁLIDO
TECHADO	8,185688573	0,437137715	1,32	0,331164935	ACEPTABLE
ARMA CORTA/LARGA	4,561424831	-0,287715034	1,32	-0,217965935	ACEPTABLE
LUMINOSIDAD	4,518299438	-0,296340112	1,32	-0,224500085	ACEPTABLE
DISTINTAS DISTANCIAS DE TIRO	4,247296025	-0,350540795	1,32	-0,265561208	ACEPTABLE
REDUCCIÓN MANTENIMIENTO	4,977033949	-0,20459339	1,32	-0,1549994993	ACEPTABLE
BLANCOS PARA TRABAJO DE REACCIÓN	4,639376519	-0,272124696	1,32	-0,206155073	ACEPTABLE

	BAJO COSTE	NIVEL TÁCTICO	COMODIDAD	FACILIDAD TÉCNICA	RESULTADOS	
TECHADO	0,19	0,44	0,21	0,16	0,31	4º
ARMA CORTA/LARGA	0,12	0,66	0,14	0,08	0,39	2º
LUMINOSIDAD	0,21	0,64	0,05	0,10	0,40	1º
DISTINTAS DISTANCIAS DE TIRO	0,06	0,46	0,36	0,12	0,29	5º
REDUCCIÓN MANTENIMIENTO	0,27	0,07	0,48	0,18	0,17	6º
BLANCOS PARA TRABAJO DE REACCIÓN	0,07	0,52	0,14	0,27	0,33	3º
PONDERACIÓN (VECTOR PROMEDIO CRITERIOS)	0,30	0,50	0,06	0,13		

TABLA DE SAATY

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen por igual al objetivo
3	Importancia moderada de un elemento sobre otro	La experiencia y el juicio están a favor de un elemento sobre otro
5	Importancia fuerte de un elemento sobre otro	Un elemento es fuertemente favorecido
7	Importancia muy fuerte de un elemento sobre otro	Un elemento es muy dominante
9	Extrema importancia de un elemento sobre otro	Un elemento es favorecido por al menos un orden de magnitud de diferencia
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes	Se usan como compromiso entre dos juicios
Incremento 0,1	Valores intermedios en incremento	Utilización para graduación más fina entre dos juicios.

PRUEBA DE CONSISTENCIA DE LOS CRITERIOS

Lmax	4,080	$\sum(\sum r_i * \text{VECTOR PRIORIDADES PONDERADO})$
IC (índice de consistencia)	0,027	$(L_{\max} - n \text{ criterios}) / (n \text{ criterios} - 1)$
ICA	0,900	Extraído de tabla
RIC	0,030	IC/ICA
Válido si	RIC < 0,10	Por tanto es aceptable

ANEXO F. Tabla de elección de aceros balísticos (MARS)

Industeel

 ArcelorMittal

Stanag Level*	Threat	MARS® STEELS FOR MILITARY APPLICATIONS												AD** (kg/sqm)				
		MARS® 380				MARS® 500				MARS® 600								
		RECOMMENDED MINIMUM THICKNESS FOR PROTECTION (mm)																
Bullet Weight (g)	V _{prof} (±20 m/s)	i	Th	AD** (kg/sqm)	Th	AD** (kg/sqm)	Th	AD** (kg/sqm)	Th	AD** (kg/sqm)	Th	AD** (kg/sqm)	Th					
1	7,62 x 51 Nato ball (M80, C21, DM41)	9,55	833	0°	8,2	6,3	4,9	5,2	4,1	6,3	4,9	Mars® 650 th 5,2 mm + 0 mm air + Glass fibers th 6 mm			54			
	5,56 x 45 Nato SS109 (M855)	4	900		10,5	9,2	9,3	7,3	7,2		-	Mars® 600 4,5 mm + 30 mm air gap + Mars® 500 6,5 mm			86			
	5,56 x 45 M193	3,56	937		9,2	9,3	7,3	7,2	5,7		-	Mars® 650 th 5,4 mm + 0 mm air + Aramid fibers th 9 mm			57			
2	7,62 x 39 API BZ	7,7	695	0°	13,5	10,6	12,5	9,8	8,5	6,7	7,5	5,9	Mars® 600 4,5 mm + 30 mm air gap + Mars® 500 6,5 mm			-		
					7	5,5	6	4,7	6	4,7	-	-	Mars® 650 th 5,4 mm + 0 mm air + Aramid fibers th 9 mm			-		
	7,62 x 54R API B32	10,4	854	0°	18	14,1	17	13,3	14	11,0	13	10,2	Mars® 600 5 mm + 30 mm air gap + Mars® 600 6,5 mm			90		
3	7,62 x 51 AP WC (AP8, M993)	8,4	930	0°	23	18,1	20,5	16,1	-	-	-	-	Mars® 600 5 mm + 10 mm air gap + Mars® 380 8 mm			102		
					60°	8,5	6,7	8	6,3	-	-	-	Mars® 600 9 mm + 15 mm air gap + Mars® 380 13,5 mm			177		
					23	18,1	20,5	16,1	-	-	-	-	Mars® 650P 6 mm R6T10 + 30 mm air gap + Mars® 650P 8 mm R8T12 + 15 mm air gap + Mars® 500 12,5 mm			167		
4	14,5 x 114 API B32	64	911	0°	37	290	-	-	-	-	-	-	Mars® 600 7 mm + 10 mm air gap + Mars® 650P 6 mm R6T10 + 10 mm air gap + Mars® 600 8,5 mm			153		
					30°	23	18,1	-	-	-	-	-	Mars® 650P 6 mm R6T10 + 30 mm air gap + Mars® 650P 8 mm R8T12 + 35 mm air gap + Mars® 600 8,5 mm			136		
				-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mars® 600 14 mm + 0 mm air gap + Mars® 380 13,5 mm			216		
5	25 x 137 APDS-T (PMB 073)	121,5	1258	60	34	267	-	-	-	-	-	-	Mars® 600 8,5 mm + 20 mm air gap + Mars® 600 8,5 mm + 20 mm air gap + Mars® 500 8 mm			196		
	25 x 137 APFSDS-T (PMB 090)	130	1336	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mars® 600 8,5 mm + 30 mm air gap + Mars® 380 15 mm			184		
				-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mars® 500 6 mm + 30 mm air gap + Mars® 380 13,5 mm			153		
													Mars® 650P 12 mm R12T18 + 100 mm air gap + Mars® 650P 6 mm R6T10 + 100 mm air gap + Mars® 380 15 mm			206		
													Mars® 600 14 mm + 100 mm air gap + Mars® 380 13,5 mm			-		

*Stanag 4569/ AEP 55 vol1 Ed C.

**AD: Areal Density

All information in this document is for information purpose only. Final configuration must be tested on vehicle.

Mars® 650P -Perforated Mars® 650

Looking for a specific multi-layer configuration or for protection against a threat that is not included in this table? Please contact us for recommendation

Contact Marketing : +33 3 85 80 50 37
Contact Sales : +33 3 85 80 51 55

<https://industeel.arcelormittal.com>

Marketing Special Steels - 05/2020 Corrigendum 1

ANEXO G. Características del acero balístico MARS 500

Industeel



Mars® 500

Mars®
Protection steels

Mars® 500: High-Hardness Armor

Mars® 500 is a high-hardness (typical 500 HBW) protection steel offering the optimal combination of ballistic resistance and workability for the following applications:

- Very light to medium-weight vehicles structures
- Add-on armour of any thickness for usage up to heavy tanks.
- Boxes, containers, shelters, reservoirs, door frames, etc.

PROPERTIES

STANDARDS

Mars® 500 can be ordered according to one of the following standards:

- > NF A36-800 THD2
- > MIL-DTL-46100

CHEMICAL COMPOSITION - LADLE ANALYSIS - MAX WEIGHT%

C	S	P	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	B	CE 1)
0.31	0.002	0.010	0.5	1.0	1.8	1.6	0.6	0.003	0.80

1) Carbon equivalence per ASTM A6/A6M, i.e.: CE = C + [Mn/6] + [(Cr + Mo + V)/5] + [(Ni + Cu)/15]

MECHANICAL PROPERTIES (IN BOTH DIRECTIONS)

	Hardness	Yield Strength	UTS	Elongation	Charpy KV 2) @-40°C standard 10 x 10 specimen 3)	
	HBW	MPa	MPa	5d(%)	J	ft.lbs
Guarantees	477-534	≥1150	≥ 1500	≥8	≥24	≥ 18
Typical values	500	1250	1700	12	28	21

2) Average of 3 tests. Single value min 70% of specified average.

3) For nominal thicknesses under 11mm, sub-size specimens are used. The specified minimum value is then proportional to the specimen cross section.

Brinell hardness test according to relevant standard (EN ISO 6506-1 / ASTM E10/E110), on each plate and in two places, one at each end of a diagonal, on a milled surface 0,5 to 1mm below plate surface.

Charpy Impact test according to relevant standard (EN ISO 148-1 / ASTM E23) on each heat and thickness from 6mm.

Tensile test according to EN ISO 6892-1, method B on each heat and thickness when specified in the standard or order.

Ultrasonic test is performed according to standard requirements or upon special agreement up to EN 10160 Class S3/E4

IN SERVICE CONDITIONS

BALLISTIC PROPERTIES

Mars® 500 exceeds the ballistic performance requirements of MIL-DTL-46100 and NF A36-800.

See our table of recommended minimum thicknesses for common protection levels.

Ballistic test to be performed upon request.

PLATE PROCESSING

For all information concerning machining, cutting, forming or welding, see our userguide for Mars® protection steels.

DELIVERY CONDITIONS

HEAT TREATMENT

Mars® 500 is quenched and tempered at low temperature ($\leq 200^{\circ}\text{C}$).

SURFACE PROPERTIES

According to MIL-DTL-46100 or EN 10163 class B - subclass 3

Shot blasting and weldable primer application can be performed upon request.

SIZES AND TOLERANCES

Mars® 500 can be supplied as quarto plates or cut-to-length sheets (from hot strip mill) in standard sizes or tailor made dimensions.

Thicknesses	Quarto plates			Cut-to-length sheets
	Th	For width $\leq 2000\text{mm}$	For width $\leq 2400\text{mm}$	
Thickness Tolerances	≥ 4 to ≤ 12	0/+0.8	0/+0.8	≥ 2.5 to ≤ 8.5 : -0/+0.4
	>12 to 20	0/+1.0	0/+1.2	>8.5 to ≤ 10.0 : -0/+0.5
	>20 to 35	0/+1.2	0/+1.4	
	>35 to 50.8	0/+1.6	0/+1.8	
Width*	1000 - 2500 mm (39" - 98")			1000 - 2000 mm (39" - 78")
Length	1600 - 8100 mm (63" - 319")			1800 - 8100 mm (71" - 319")
Shape, length, and width tolerances as per MIL-DTL-46100 or EN 10029				

* Depending on plate thickness

FLATNESS

Maximum flatness deviation is 3mm/m (when measured according to EN 10029).

YOUR CONTACT

Damien Delorme
Tel. +33 3 85 80 50 37
damien.delorme@arcelormittal.com

<https://industeel.arcelormittal.com>

Industeel France
Le Creusot Plant
56 rue Clemenceau
F-71202 Le Creusot Cedex

ANEXO H. Test balístico del MARS 240(ANTIGUO MARS 500)

CUSTOMER : ACEROS URG SA
P.O. n° : FC - 05543



Banc National d'Epreuve
Saint-Etienne

ORIGINAL

TEST REPORT N° 47-EN/14/BNE

on March 19th, 2014

DELIVERED TO :

INDUSTEEL FRANCE, site du Creusot

56 rue Clémenceau

71201 LE CREUSOT Cedex - FRANCE

PURPOSE : Bullet resistance testing of armored steel samples.

TESTED SAMPLE(S) : 84765

TESTING DATE : March 19th, 2014

Publication : INDUSTEEL FRANCE – 2 copies

This test report certifies only to characteristics of the sample subjected to the tests and does not prejudge characteristics of similar products. It does not thus constitute a certification of product in the sense of the article L115-27 of the code of the consumption and the law of June 3rd, 1994.

paper support signed by the Banc National d'Epreuve is valid in case of dispute. This report in the form of paper support is preserved in the BNE during a minimal duration of 20 years.

The present report contains 2 page (s).

Any reproduction of this test report is authorized only under the shape of complete photographic facsimile except particular agreement written by the Banc National d'Epreuve.

In case of broadcast issue of the present report by electronic way and/or on electronic physical support, only the report in the form of



BANC NATIONAL D'ÉPREUVE
UNE RÉFÉRENCE DE QUALITÉ, NOTRE ENGAGEMENT

Z.I. Molina Nord - 5, rue de Métons - BP 147 - cedex 1 - 42004 Saint-Etienne - Tel : 04 77 25 12 06 - Fax : 04 77 37 70 46 - info@banc-epreuve.fr

CHAMBRE DE COMMERCE
INDUSTRIE ET SERVICES
SAINT-ETIENNE MONTBRISON

ORIGINAL

TESTED SAMPLE(S)

Samples	84765-1	Samples	84765-2
Size (mm)	510x504	Size (mm)	509x508
Cast n°	F3895	Cast n°	F3895
Nominal thickness	6.5 (+/-0.2)mm	Nominal thickness	6.5 (+/-0.2)mm
Real thickness	6.7	Real thickness	6.7

TESTING CONDITIONS

Shooting range temperature: 18.9°C
Shooting range humidity: 45%

Used equipment

Carriage: PROTOTYPA STZA 14 N°55
Velocity measurement: 10 GHz radar DOPPLER
Barrel calibre 7.62 x 51 n°2810
Barrel calibre 5.56 x 45 n°2089

Ammunitions

Calibre 7.62 x 51 FJ/PB/SC batch n°TW18431
Calibre 5.56 x 45 FJ/PB/SCP1 batch n°07F8061

Implementation

According to EN 1522, excepted that the tested material is not a window, door, shutter and blind.
According to UNE 108132, excepted that:

- Test sample dimensions are not 500 x 500 ±5 mm
- Strike face is not identified by the producer
- One sample only is tested for each threat.

TESTING RESULTS

See the result sheets in attachment n°6419 and n°6421.

CONCLUSION

The samples supplied by INDUSTEEL CREUSOT submitted to ballistic test resist against four shots of EN 1522:1998 FB6/UNE 108132 BR5 and BR6 class projectiles at 0° with no perforation of the witness foil (absence of splinters).





BANC NATIONAL D'EPREUVE DES ARMES ET MUNITIONS
Chambre de Commerce et d'Industrie de Saint-Etienne/Montbrison
Impact resistance testing

ORIGINAL

Result sheet N° : 6419	Sample N° : 84765-1
	BNE Ref. : RBM-14-1068
Customer : INDUSTEEL CREUSOT	Date : 19/03/2014
Size : 510 X 504 mm	Weight : 13,34 kg
	Real thickness : 6,70 mm
Composition :	

Scales : PRECISA 410AM-FR, EXA ANTHEA 60kg

Climatic enclosure : Air conditioned room

Target frame : BLINDAGE ETBS

Recorder : M-THR-03

Additional information about metrology : M-MEX-10, M-RAP-02, M-TEL-03, M-RUB-09

Velocity measurement : RADAR DOPPLER 10GHz

Carriage : PROTOTYPA STZA 14A N° 55

Calibre :	7,62 X 51
Distance :	10,00 m
Barrel :	2810

Shooting range 1

N° :

Shooting range 18,4 °C

temperature :

Shooting range 45 %

humidity :

Series	Shot	Calibre	Projectile type	Batch	Incidence	V7,5 (m/s)	Protection	Remarks
1	1	7,62 X 51	FJ(1)V PB/SC	TW18431	0°	839,6	YES	
1	2	7,62 X 51	FJ(1)V PB/SC	TW18431	0°	837,6	YES	
1	3	7,62 X 51	FJ(1)V PB/SC	TW18431	0°	827,6	YES	
1	4	7,62 X 51	FJ(1)V PB/SC	TW18431	0°	833,7	YES	

Operator(s) : M. PIETROY / M. MALOYER

Attending person(s) :

Remarks :

Specifications : EN 1522 FB6 + UNE 108132 BR6





BANC NATIONAL D'EPREUVE DES ARMES ET MUNITIONS
Chambre de Commerce et d'Industrie de Saint-Etienne/Montbrison

ORIGINAL

Impact resistance testing

Result sheet N° : 6421	Sample N° : 84765-2
	BNE Ref. : RBM-14-1069
Customer : INDUSTEEL CREUSOT	Date : 19/03/2014
Size : 509 X 508 mm	Weight : 13,41 kg
	Real thickness : 6,70 mm
Composition :	

Scales : PRECISA 410AM-FR, EXA ANTHEA 60kg

Climatic enclosure : Air conditioned room

Target frame : BLINDAGE ETBS

Recorder : M-THR-03

Additional information about metrology : M-MEX-10, M-RAP-02, M-TEL-03, M-RUB-09

Velocity measurement : RADAR DOPPLER 10GHz

Carriage : PROTOTYPA STZA 14A N° 55

Calibre :	5,56 X 45
Distance :	10,00 m
Barrel :	2089

Shooting range 1
N° :

Shooting range 18,4 °C
temperature :

Shooting range 45 %
humidity :

Series	Shot	Calibre	Projectile type	Batch	Incidence	V7,5 (m/s)	Protection	Remarks
1	1	5,56 X 45	FJPB/SCP1	07F8061	0°	954,5	YES	
1	2	5,56 X 45	FJPB/SCP1	07F8061	0°	955,3	YES	
1	3	5,56 X 45	FJPB/SCP1	07F8061	0°	954,8	YES	
1	4	5,56 X 45	FJPB/SCP1	07F8061	0°	953,3	YES	

Operator(s) : M. PIETROY / M. MALOYER

Attending person(s) :

Remarks :

Specifications : EN 1522 FB6 + UNE 106132 BR5



ANEXO I. Características del acero balístico HARDOX [19]

APPENDIX E

Honda 500 es un avión que tiene un consumo de combustible de 500 litros por hora, concebido para misiones que exigen velocidad y desempeño.

ACERO ANTIDESGASTE

Hardox 500

Tolerancias	<p>Tolerancias de espesor de acuerdo con la garantía de precisión de espesor AcciRollTechTM de SSAB Outorsum.</p> <p>- AcciRollTechTM cumple los requerimientos de EN 10 029 Clase A, pero ofrece tolerancias más reducidas.</p> <p>Información más detallada puede observarse en nuestro código ES-041-Información general de productos Weldox, Hardox, Armox y Toolox.</p> <p>Según EN 10 029.</p> <ul style="list-style-type: none">- Tolerancias de forma, largo y ancho.- Tolerancias de planitud según Clase N (tolerancias normales).
Propiedades de superficie	<p>Según EN 10 163-2</p> <ul style="list-style-type: none">- Requerimientos según Clase A.- Condiciones de reparación según Subclase L <p>(Permitir reparación por soldadura)</p>
Requerimiento general técnico de suministro	Según ES-041-Información general de productos Weldox, Hardox, Armox y Toolox.
Tratamiento térmico Fabricación	<p>Hardox 500 ha obtenido sus propiedades mecánicas gracias al templado y si hace necesario por revenido, y Hardox 500 no debe ser calentado a más de 250°C (480°F) si se quiere mantener las propiedades de acero.</p> <p>Hardox 500 no admite tratamientos térmicos posteriores.</p> <p>Para más información sobre soldadura y fabricación, vea nuestros catálogos en www.ssab.com o consulte nuestro Departamento Técnico.</p> <p>Se informan los debidos precauciones a lo hora de soldar, coser, gamellar o otros trabajos sobre el producto. El granulado, especialmente en nuevos pliegues, puede producir polvo con gran concentración de partículas. Nuestro Departamento de servicio técnico al cliente proveerá de más información a petición.</p>

ANEXO J. Características del caucho antirrebote

Plancha de Caucho
Especificación Técnica

Caucho Natural: NR

Ref.
R490

Color
Natural

Propiedades Básicas	Unid.	Norma	Valores
Peso Específico	g/cm ³		1,05
Dureza de indentación	Shore A	ASTM D2240	45
Dureza internacional	IRHD	ASTM D1415	
Carga de Rotura	MPa	ASTM D412	16,0
Alargamiento a la Rotura	%	ASTM D412	800
Desgarro	N/mm	ASTM D624 Die C	25
Resistencia a la abrasión	mm ³	DIN ISO 4849 (10 N)	
Resistencia a la abrasión	mm ³	DIN ISO 4649 (5 N)	83
Temperatura de Trabajo	°C		-40 / 85

Envejecimiento Térmico por Aire Caliente	Cond. Temp.	Valores
Norma ASTM D573	70 °C 70 h	Inc. Dureza ShA 5
		Inc. Carga % -15
		Inc. Alarg. % -25

Deformación Rensamente	Cond. Temp.	Valores
Norma ASTM D395 Método B	70 °C 22 h	% Def. Máx. 30

Resistencia Química	
Ozono	Moderada
Acidos y Bases Diluidos	Excelente
Acidos y Bases Concentrados	Buena
Hidrocarburos	No Recomendada
Disolventes Orgánicos	No Recomendada

ANEXO K. Puesta en estación del sistema de blancos "FULCRUM TARGET SYSTEM"

HOW TO SET UP THE TARGET UNIT

STEP I. OPEN THE LOCK OF THE TARGET UNIT

There are FOUR locks on the target unit. TWO locks are near the carrying handle and ONE lock at each side of the target unit.



Follow the steps to open the lock:

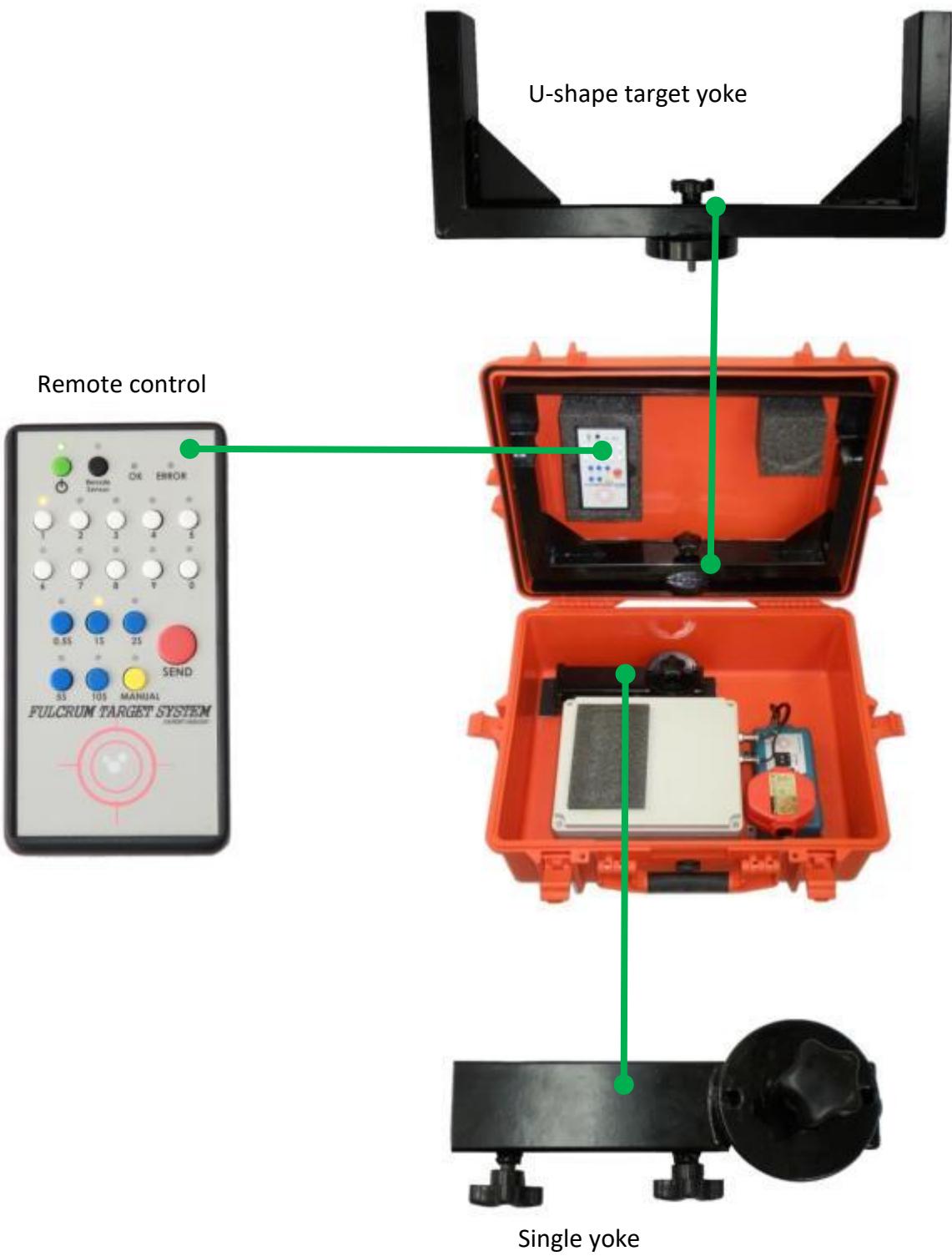


1. Move the lever up

2. Pull the lock to the left

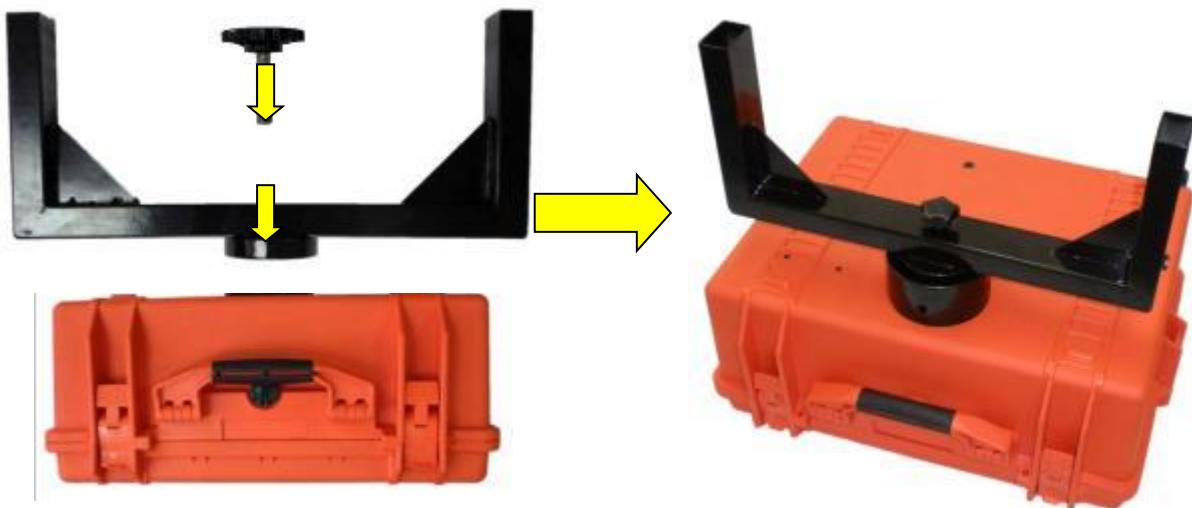
3. Pull the lock to the right

Inside the target unit, you can find a U-shape target yoke, a single yoke and a remote control.



STEP II. SET UP THE TARGET UNIT AS A TURN TARGET

The following diagrams show how to set up the target unit as turn target

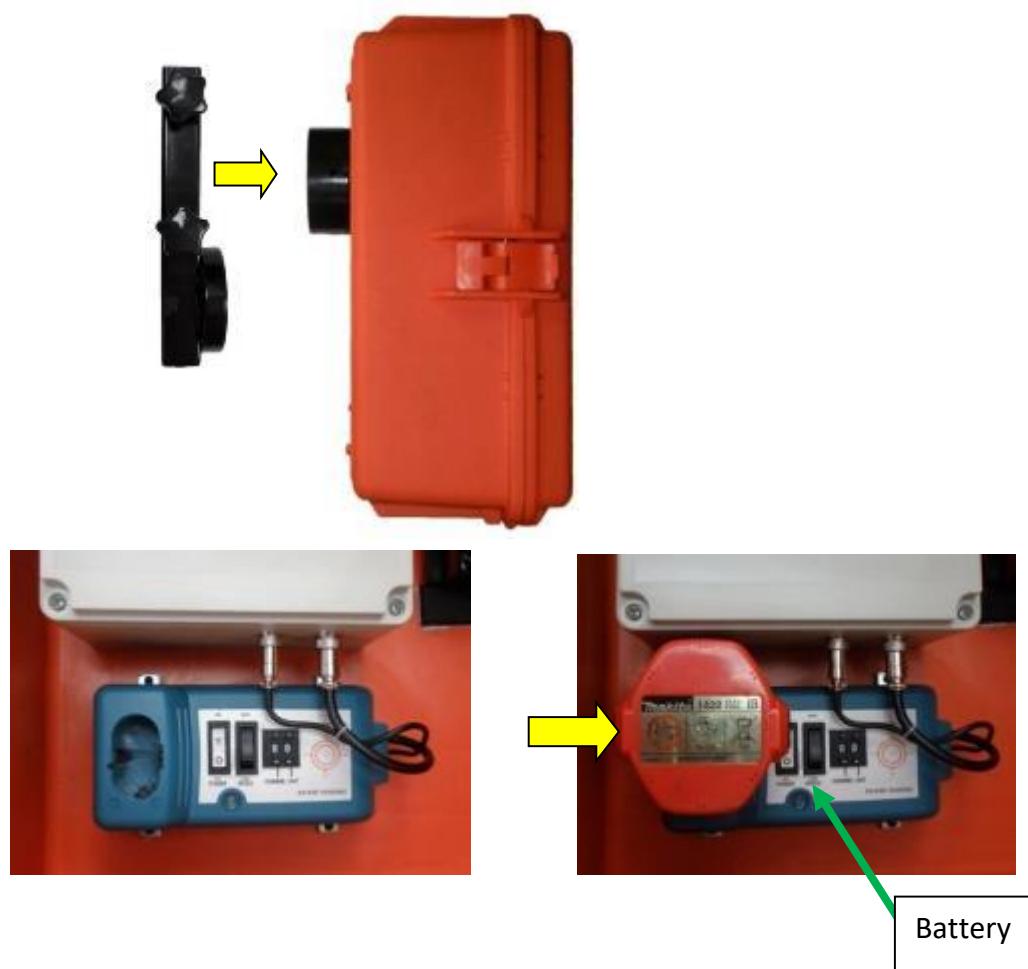


OR

SET UP THE TARGET UNIT AS POP-UP OR SWING OUT TARGET

The following diagrams show how to set up the target unit as pop-up or swing-out target

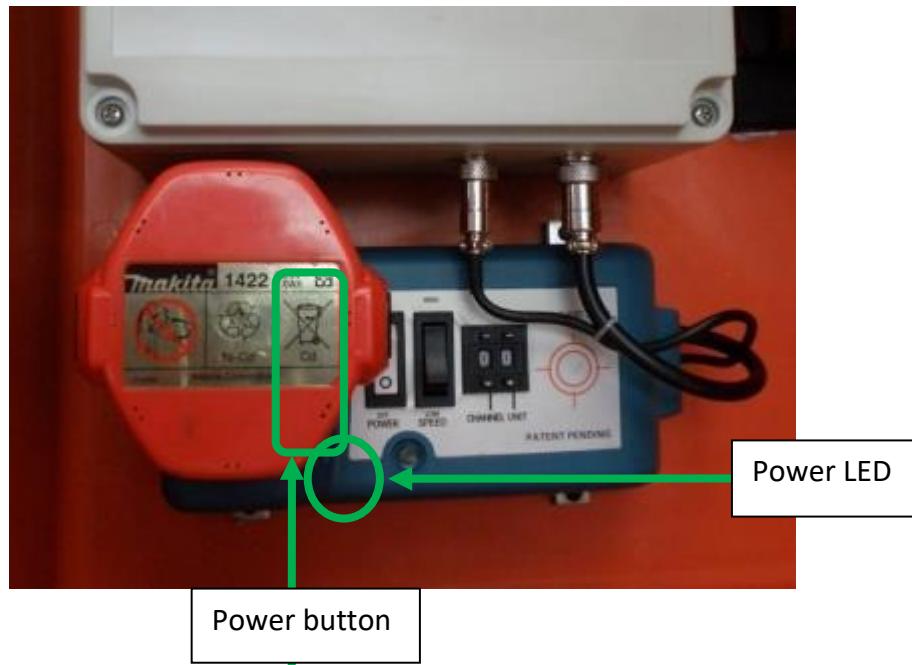
STEP III. INSERT BATTERY



Warnings: Use only Makita 1422 OR Makita 1220 batteries

STEP IV. POWER ON THE TARGET UNIT

Power on the target unit by pressing the power button indicated in the following picture. The power LED will turn ON after pressing the button.



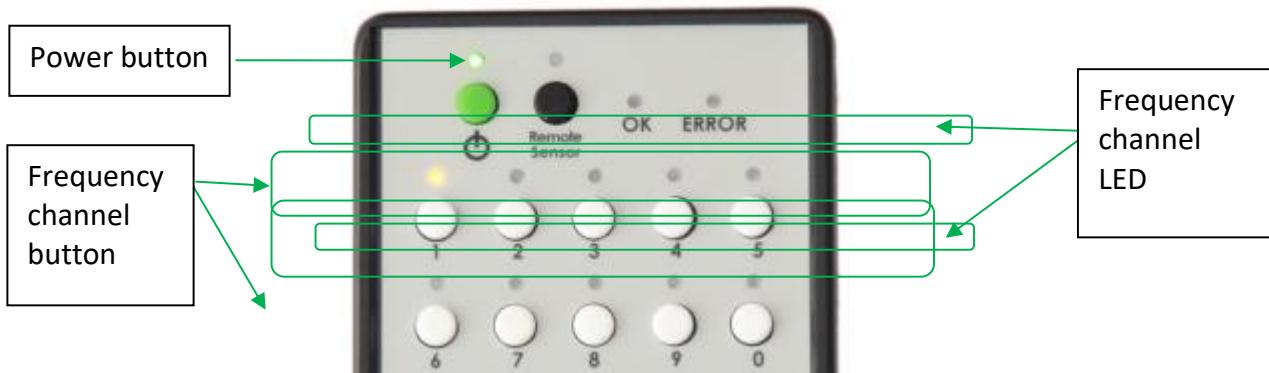
LOW BATTERY WARNING: When the battery is low, POWER LED will flash continuously. Use only supplied charger for charging batteries.

SET PARAMETERS

I. FREQUENCY CHANNEL

The remote control and the target unit(s) MUST be set with the **SAME FREQUENCY CHANNEL** for proper operation. Up to 10 frequency channels represented by "0" to "9" can be selected.

SETTING THE FREQUENCY CHANNEL OF THE REMOTE CONTROL



1. **PRESS AND HOLD** the power button
2. ONE of the frequency channel LEDs will be ON. It is the frequency channel number currently used by the remote control
3. To change the frequency channel, hold the power button and press the desired frequency channel buttons.
4. Release the power button and new frequency channel is set.

SETTING THE FREQUENCY CHANNEL OF THE TARGET UNIT

Press the “+” or “-” button of the channel switch inside the target unit to set its frequency channel number (**should be SAME as that of the remote control**). Switch the target system off and then on again to calibrate.



II. TARGET UNIT ID

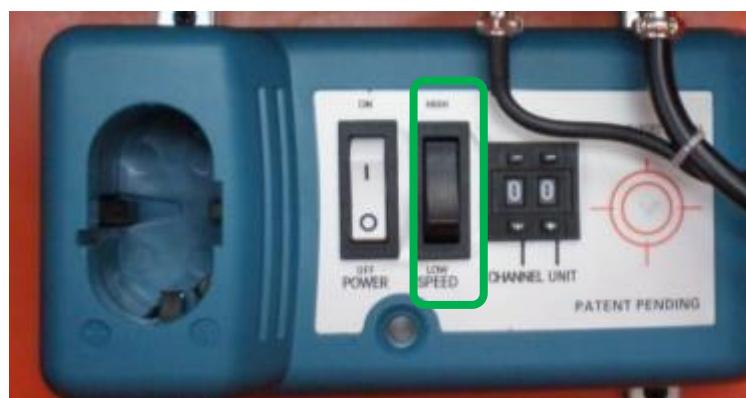
Each remote control can control up to 10 target units. Press the “+” or “-” button of the UNIT switch inside the target unit to set the target unit ID



Switch the target system off and then on again to calibrate.

III. MOTOR SPEED

The speed of the target unit can be set as **HIGH** or **LOW** by setting the SPEED switch inside the target unit. **Operating at higher speed consumes more energy.**



HOW TO USE THE REMOTE CONTROL

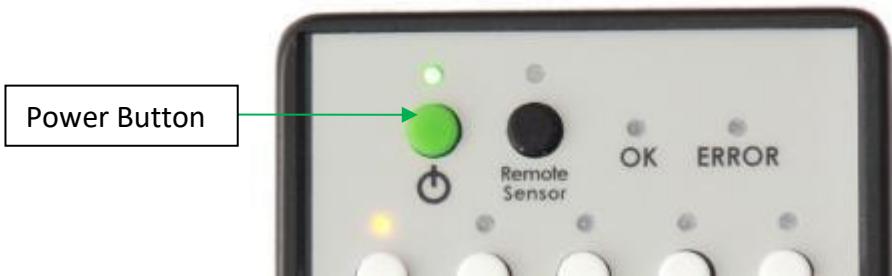
STEP I. INSERT BATTERY

The remote control is powered by TWO AA size batteries. Insert batteries as follow:



STEP II. TURNING ON THE REMOTE CONTROL

Press the power button to turn on the remote control.



When the remote control is ON, it will scan its frequency channel to find any available target units. If any target units are found, the corresponding unit LED on the remote control will be ON for 5 seconds. The remote control will power off automatically when being idle for 15 minutes

LOW BATTERY WARNING

When battery is low, power LED will flash continuously



STEP III. SETTING THE OPERATING MODE

The remote control has two operating modes

1. Normal mode
2. Remote sensor mode

The remote control is in NORMAL mode by default when power on.

User can **TOGGLE** between these two modes by pressing the remote sensor button.



In NORMAL mode, the yellow LED is OFF. In REMOTE SENSOR mode, the yellow LED is on.

To operate in remote sensor mode, an optional passive IR sensor module is required. Please refer to the REMOTE SENSOR description below.

HOW TO USE THE TARGET SYSTEM

Please set up the target unit (reference to the “HOW TO SETUP THE TURN TARGET” section) and remote control (reference to the “HOW TO USE THE REMOTE CONTROL” section) properly before using the target unit.

TURN/FLIP THE TARGET UNITS MANUALLY

1. Press the unit button on the remote control to select the corresponding target unit to control. The LED on top of the unit button will be ON
(To deselect a target unit, press unit button once again. The LED on top of the unit button will be OFF)
2. Press the manual button on the remote control. The LED on top of the manual button will be ON.
3. Press the send button on the remote control.
4. If ALL selected target units receive the command, the OK LED will be ON for 3 seconds. Otherwise, the ERROR LED will be ON for 3 seconds.
If the unit LED of the problematic target unit is flashing, it means the battery in the target unit is low. If the unit LED of problematic target unit is ON, it means poor signal reception (due to signal blockage) in the target unit.
5. The selected target unit rotates the arm 90 degrees clockwise or anticlockwise alternatively.
6. All LEDs will be OFF and the remote control is ready to receive a new command.

TURN/FLIP THE TARGET UNITS AT PRESET TIME INTERVAL

1. Press the unit button on the remote control to select the corresponding target unit to control. The LED on top of the unit button will be ON
(To deselect a target unit, press unit button once again. The LED on top of the unit button will be OFF)
2. Press time button or combination of time buttons to select a preset time interval.
(Time will be added up. For example, pressing 1s and 2s will give 3s preset time interval)
The LED on top of the corresponding time button will be ON and the LED on top of manual button will be OFF (if ON)
3. Press the send button
4. If ALL selected target units receive the command, the OK LED will be ON for 3 seconds. Otherwise, the ERROR LED will be ON for 3 seconds.
If the Unit LED of problematic target unit is flashing, it means the battery in the target unit is low. If the Unit LED of problematic target unit is ON, it means poor signal reception (due to signal blockage) in the target unit.
5. The selected target units will rotate its target arm 90 degree anticlockwise immediately
6. At the preset time interval, the selected target unit will rotate 90 degree clockwise.
7. All LED will be OFF and the remote control is ready to receive a new command.

OPTION 1: REMOTE SENSOR (SEPARATE PURCHASE)

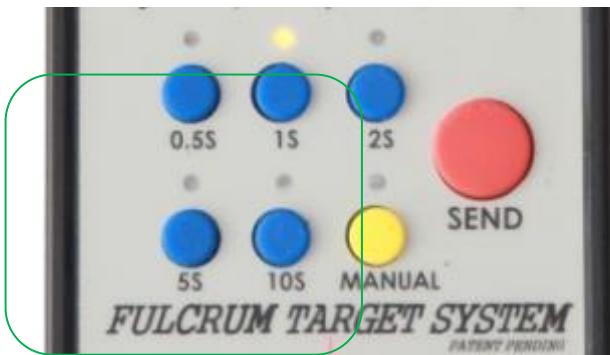
A remote sensor is used to detect human movement. Once a human movement is detected, the target will flip or rotate its arm.

HOW TO USE THE REMOTE SENSOR

1. To operate the remote control in the remote sensor mode, plug the passive IR module into the remote control as follows:



2. Press the remote sensor button on the remote control to enter the remote sensor mode.
3. Set the return time of the target unit
After a movement is detected, the target unit will turn or flip once. It will turn or flip back according to time selected in the following panel



Time is additive. i.e. if 1s and 10s is selected, the target will return in 11s.

If MANUAL is selected, the target will return or flip once on every human movement detected.

4. Wait for 20 second, the remote control will enter remote sensor mode. Once movement is detected, the target will flip or rotate its arm.

OPTION 2 :

HIT SENSOR (SEPARATE PURCHASE)

A remote control, with a hit sensor attached can be placed in the metal pocket on the yoke or alongside the target assuring that the connecting cable is not fouled by rotation of the yoke. The hit detect unit is attached to the target or target support with ties or tape. Make sure that the target is mounted tightly in the yoke and that the hit detect is also tightly attached so that any hit transmits clear vibration to the hit detect sensor.



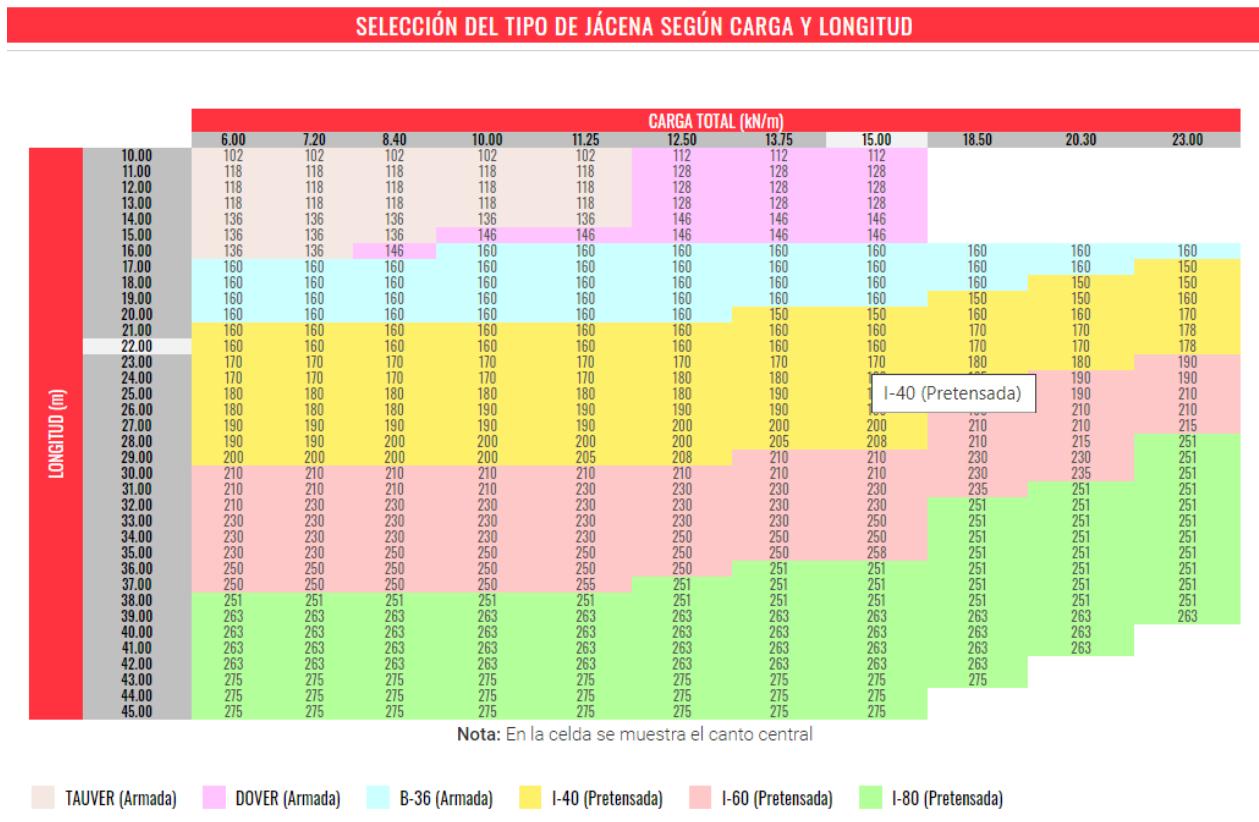
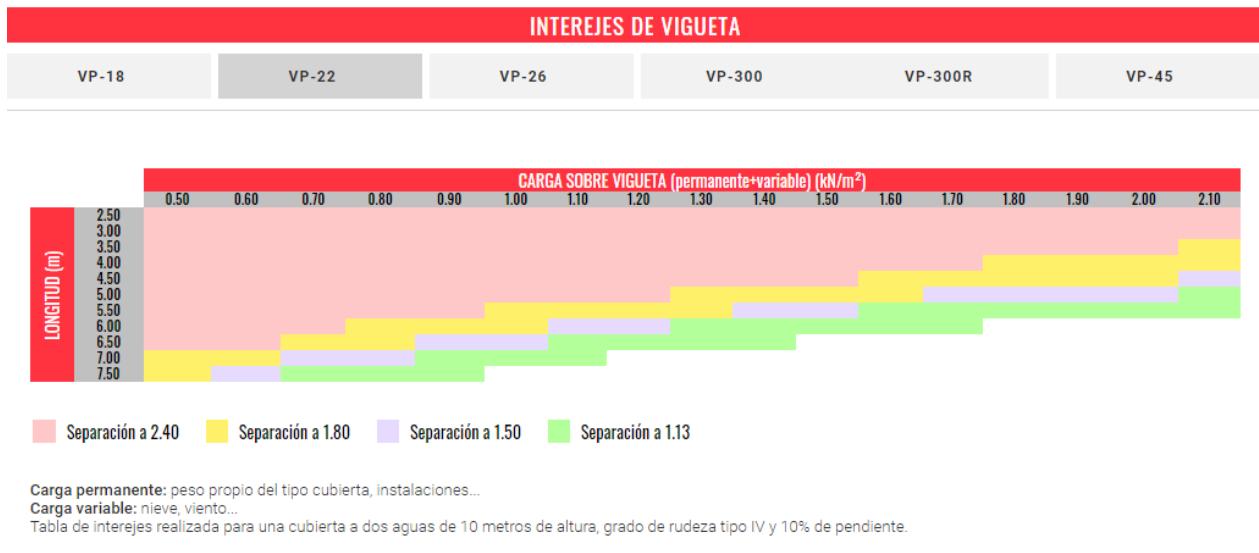
HOW TO USE THE HIT SENSOR

1. The hit sensor is set up in exactly the same way as the remote control. Please refer to [HOW TO USE THE TARGET SYSTEM](#) above. The hit detect is activated by turning on the remote sensor button on the remote control being used with the hit detect sensor.
2. The hit detect remote control can be set to turn the target system on which it is mounted, or all targets in the scenario, or any other group of targets depending on scenario requirements. Therefore, target activation can be 'daisy-chained' from one target or group of targets to the next, without limit.
3. The hit sensor detects acceleration of the target caused when the bullet hits the target. Settings will vary according to target material, environment and installation orientation.



To adjust hit sensitivity press the plus or minus buttons on the sensitivity control. The LED will flash once until maximum or minimum sensitivity is reached when the LED will flash multiple times. In learning to use the system it may be necessary to adjust the sensitivity according to target material, location of hit detector attachment, calibre used and so on.

ANEXO L. Tablas de elección de materiales de la empresa "Prefabricats Pujol"



ANEXO M. DBSE-AE

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso	Subcategorías de uso	Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada
			[kN]
A Zonas residenciales	A1 Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitalares y hoteles	2	2
	A2 Trasteros	3	2
B Zonas administrativas		2	2
	C1 Zonas con mesas y sillas	3	4
C Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C2 Zonas con asientos fijos	4	4
	C3 Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
D Zonas comerciales	C4 Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
	C5 Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
E Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)	D1 Locales comerciales	5	4
	D2 Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E		2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privatamente ⁽²⁾	1	2
G Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁴⁾ Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	2
	G1 ⁽⁴⁾ Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁶⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
	G2 Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capital	Altitud m	s _k kN/m ²	Capital	Altitud m	s _k kN/m ²	Capital	Altitud m	s _k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	470	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	570	0,7	SanSebastián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	1.000	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	10	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	0,5	Sevilla	1.090	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	470	0,6	Soria	0	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	660	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	0	0,6	Tenerife	950	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	40	0,2	Teruel	550	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	130	0,2	Toledo	0	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / Ourense	230	0,4	Valencia/Velència	690	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	740	0,5	Valladolid	520	0,4
Coruña / A Coruña	0	0,3	Palencia	0	0,4	Vitoria / Gasteiz	650	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	210	0,4
Gerona / Girona	70	0,4	Palmas, Las	450	0,2	Zaragoza	0	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/Iruña	0,7		Ceuta y Melilla		0,2

ANEXO N. Cálculo estructural de las zapatas

El axil característico se ha obtenido de la siguiente manera:

$$107,28 \text{ (proveniente de la cabeza del pilar)} + 25 \times (0,25 \times 0,40) = 113,53 \text{ kN}$$

El axil afecta a la tensión admisible de la zapata de acuerdo con la siguiente fórmula:

N/a^2 donde a^2 es el área calculada de un cuadrado. Como no puede superar la tensión del terreno que es de 0,2 MPa, tenemos que $N/a^2 \leq 0,2$, obteniendo que $a^2 = 113,53/0,2$.

Por ello el lado en el predimensionamiento va a ser de $a = \sqrt{113,53/0,2} = 754 \text{ mm}$ solo teniendo en cuenta el axil

El cortante no se tiene en cuenta dado que la zapata es centrada. Además, como el pilar se monta sobre la zapata directamente no genera esfuerzos cortantes como los que se generaría al verter el hormigón sobre el armado ya puesto. Por ello se omite el esfuerzo cortante.

En cuanto al momento flector, se calcula que $M = 0,94/1,5 = 0,63 \text{ kNm}$. Este momento flector se produce debido al empuje del viento sobre el pilar.

El momento flector afecta a la tensión de acuerdo con M/W donde M es el momento y $W = y/I$, y es la distancia a la fibra neutra y I es el momento de inercia respecto al eje fuerte y que viene en las tablas y que se define como $a^3/6$. Por tanto $0,63 \times 10^6 / (a^3/6)$.

Teniendo en cuenta la suma de las dos tensiones tanto del axil como del momento flector se obtiene que su suma es igual a $N/a^2 + M/(a^3/6) = 113,53/1200^2 + (0,63 \times 10^6) / (1200^3/6) = 0,081 \text{ MPa} < \text{la tensión del terreno } 0,2$ Por lo tanto cumple.

Por ello las dimensiones de la zapata son de $1200 \times 1200 \times 500 \text{ mm}^3$.

Teniendo en cuenta que las expresiones del anexo 7 son válidas porque en este caso las secciones de hormigón tienen una resistencia $f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$. Por ello $f_{cd} = 25/1,5$. El momento que afecta a la zapata viene determinado por: $M_d = 1,5 \times [0,2 \times 1200 \times (475/2)^2] = 40,6 \text{ kNm}$. De acuerdo con el EHE-08 Anexo 7, hay que comparar este momento con el momento frontera que viene calculado de la siguiente forma:

$$M_f = 0,8 * U_o * x_f * [1 - 0,4 * (x_f/d)] = 1386 \text{ kNm}$$

Como $M_d < M_f$, entonces se obtiene:

La capacidad mecánica $U_{s2} = 0$ (parte traccionada) y $U_{s1} = f_{cd} * A_{s1} = 94989 \text{ N}$.

Con este dato se acude a las tablas de Montoya [15] y se obtiene que se puede armar con 2 redondos de diámetro 12 mm. Para cumplir con la cuantía mínima se ponen los 2 hierros de diámetro 12 mm con una longitud de 250 mm.

ANEXO O. Cálculo estructural de los pilares

La geometría de la que se parte para el cálculo de los axiles, cortantes y momentos es:

- Luz del pórtico: 16 m
- Separación entre pórticos: 5,15m
- Altura de los pilares: 2,5m

Teniendo en cuenta las acciones características mencionadas en el apartado 5.6.2 Pilares se calculan los siguientes apartados:

Axil característico en la cabeza de los pilares:

$$N = 5,15 \times 8 \times (0,25 + 0,48 + 1) + 8 \times 4,5 = 107,28 \text{ kN}$$

Sin embargo, este axil hay que mayorarlo teniendo en cuenta qué acciones tienen más probabilidades de ocurrir y cuáles no pueden ir juntos simultáneamente. El resultado obtenido será el resultado utilizado como axil en el dimensionado del pilar:

$$N = 1,35 \times [5,15 \times 8 \times (0,25 + 0,48 + 1) + 8 \times 4,5] + 1,5 \times [5,15 \times 8 \times 1] = 151,01 \text{ kN}$$

Para el cálculo del pandeo se considera empotrado en la base y articulado en la cabeza (traslacional). Además, como se añaden cruces de San Andrés, en el plano perpendicular se considera la cabeza fija respecto al movimiento horizontal.

Para superar la esbeltez y teniendo en cuenta que b es el ancho, h es el canto, el eje y es el pandeo en el plano del pórtico y el eje z será el pandeo en el plano perpendicular al pórtico:

$$I_y = 1/12 * b * h^3 \quad \text{radio de giro: } I_y = h/\sqrt{12}$$

$$I_z = 1/12 * h * b^3 \quad \text{radio de giro: } I_z = b/\sqrt{12}$$

$$A = b * h$$

Se puede prever que dado que los pilares tienen una longitud muy reducida no van a pandear. De acuerdo con las cuentas:

$$\text{Para eje y: } 2 \times 2,5 = 5 \text{ m}$$

$$\text{Para eje z: } 0,7 \times 2,5 = 1,75 \text{ m}$$

Para que la esbeltez máxima superase los 100, entendiendo este valor como tope tenemos que h y b no pueden superar los siguientes valores:

$$h = 5 \times \sqrt{(12)/100} = 0,173 \text{ m}$$

$$b = 1,75 \times \sqrt{(12)/100} = 0,06 \text{ m}$$

Como el mínimo que presenta Prefabricats Pujol es de 25 cm, se escoge una sección rectangular de $b * h = 25 \times 40 \text{ cm}^2$.

Respecto a los momentos flectores que se generan por la acción del viento y teniendo en cuenta que las direcciones de los vientos no son concomitantes porque no puede llegar el viento por las dos direcciones a la vez y directamente mayorados:

$$M_y = (1,5 \times 2,5^2 \times 0,25 \times 0,8) / 2 = 0,94 \text{ kNm}$$

$$M_z = (1,5 \times 2,5^2 \times 0,4 \times 0,8) / 2 = 0,375 \text{ kNm}$$

Los cortantes de viento mayorados también vienen determinados por:

$$V_Y = 1,5 \times 2,5 \times 0,8 \times 0,25 = 0,75 \text{ kN}$$

$$V_Z = 5/8 \times 1,5 \times 0,8 \times 0,4 \times 2,5 = 0,75 \text{ kN}$$

Para armar, teniendo en cuenta que el límite elástico para los estribos es de 400 MPa y que la armadura longitudinal dispuesta es de 603,19 mm², se observa que cumple la comprobación de compresión y la comprobación de tracción.

Dado que se obtiene una cuantía de 3,33 cm²/m se yendo a la tabla de Montoya [15], la opción elegida es la de redondos de 8mm cada 30 cm.

Respecto al armado longitudinal, teniendo un axil de 151 kN y un momento aproximado de 1kNm y una cuantía mínima de 400 mm² se obtiene lo siguiente:

Como deben ponerse como mínimo barras de 12 mm, a pesar de que se podrían poner más pequeñas se elige finalmente 6 barras de 12 mm para el armado longitudinal.

ANEXO P. Características del sistema de ventilación

Punto de trabajo

Caudal	10.297 m ³ /h
Presión estática	23,5 Pa
Presión dinámica	48,8 Pa
Presión total	72 Pa
Eficiencia	45
Pot Elect absorbida	0,537 kW
Velocidad descarga	9 m/s
Velocidad ventilador	903 rpm
Potencia específica	0,19 W/l/s

Construcción

Diámetro impulsión	630 mm
Tamaño ventilador	630
Palas	7
Peso	25,00 kg

Características del motor

Número de Polos	6
Tensión	3-230/400V-50Hz
Intensidad máxima absorbida	2,2 A / 1,3 A
Índice de protección	IP65
Clase motor	F

Punto requerido

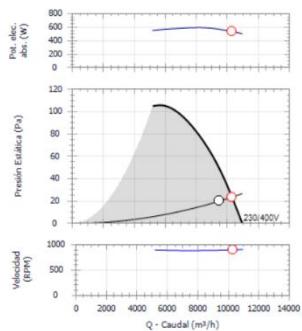
Caudal	9.500 m ³ /h
Presión Estática	20,0 Pa
Temperatura	20 °C
Altitud	0 m
Densidad	1,2 Kg / m ³
Frecuencia	50 Hz

-



Extractores Murales

HCBT/6-630/H-A (230/400V50HZ) V5



Ventiladores helicoidales murales con hélice de aluminio, motor trifásico (HCBT), IP65, Clase F, protector térmico incorporado* y caja de bornes.

*Excepto modelos Ø 800 a 1000.

Motores

De 4 o 6 polos, según versiones.

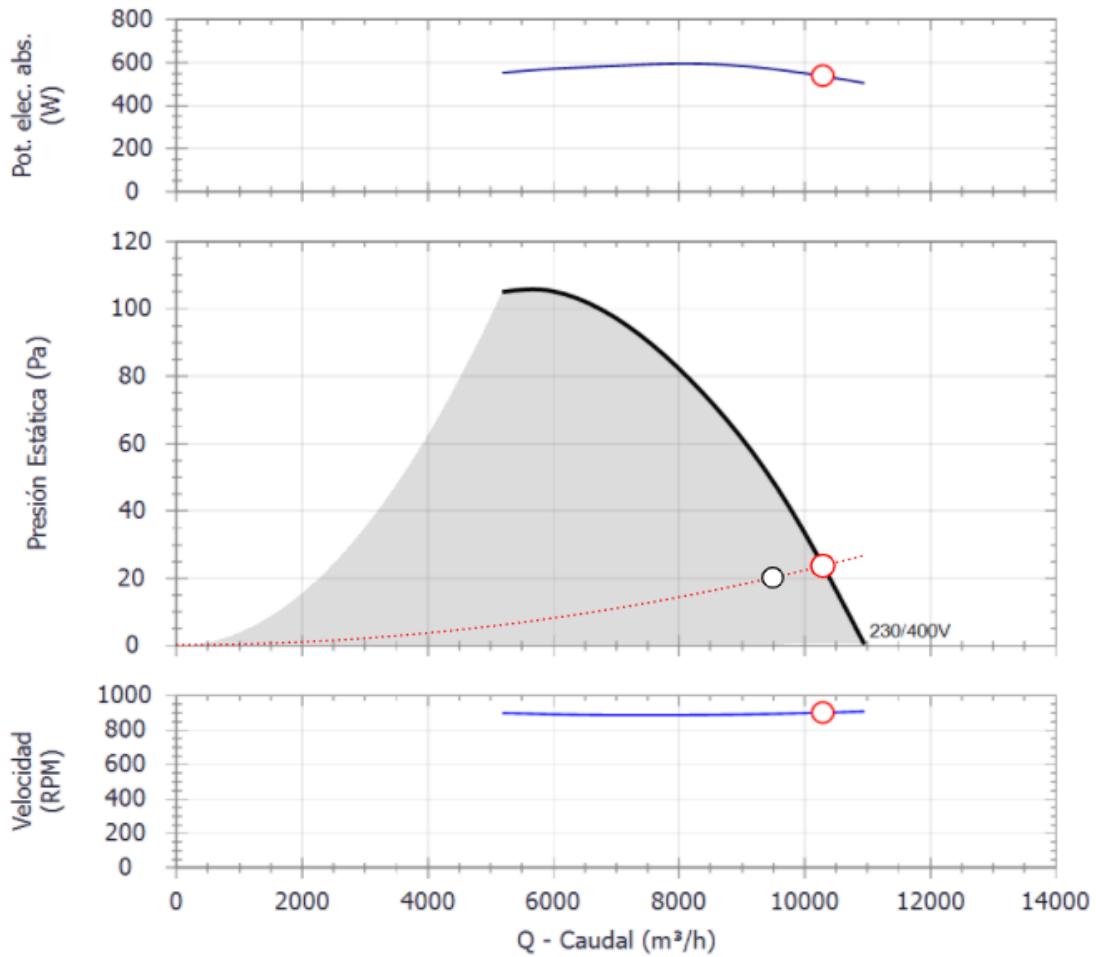
Regulables por tensión con autotransformador, excepto modelos /4-630, 710, T/800, T/900 y T/1.000.

Modelos trifásicos regulables por convertidor de frecuencia.

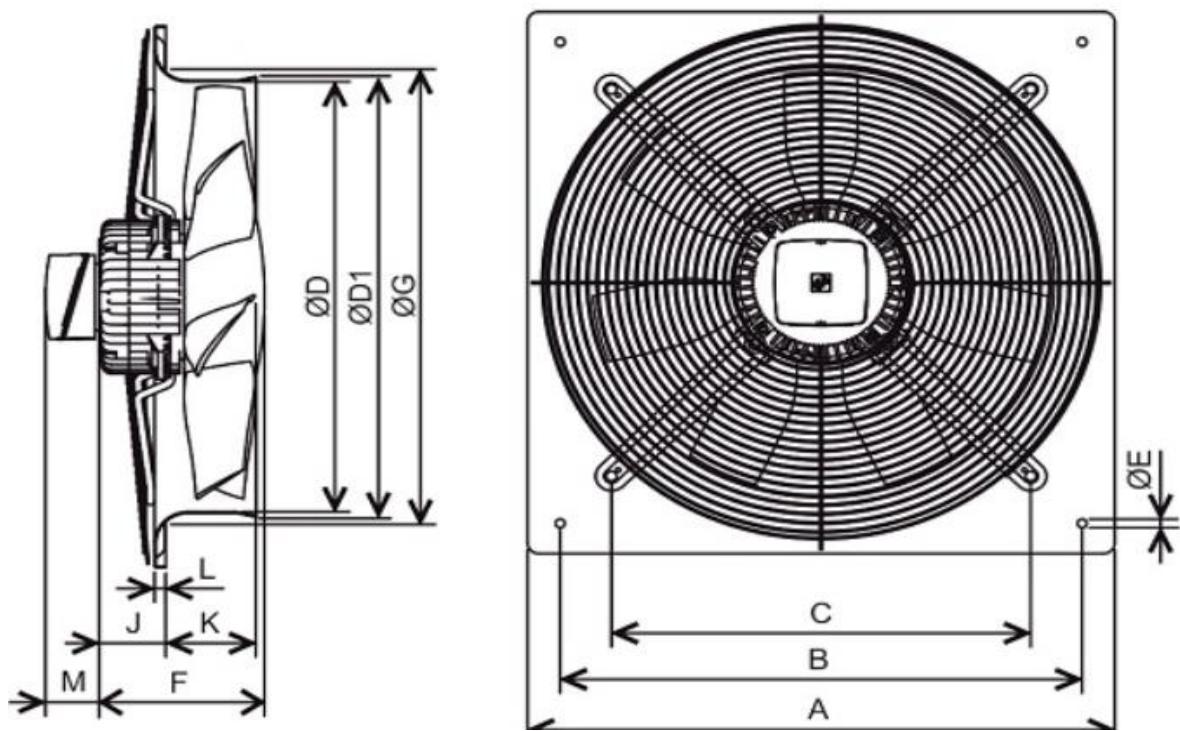
Tensión de alimentación

Trifásicos 230/400V-50Hz o 400V-50Hz.

Marca S&P modelo HCBT/6-630/H-A (230/400V50HZ) V5 para un caudal 10.297 m³/h y presión estática 23.5 Pa.

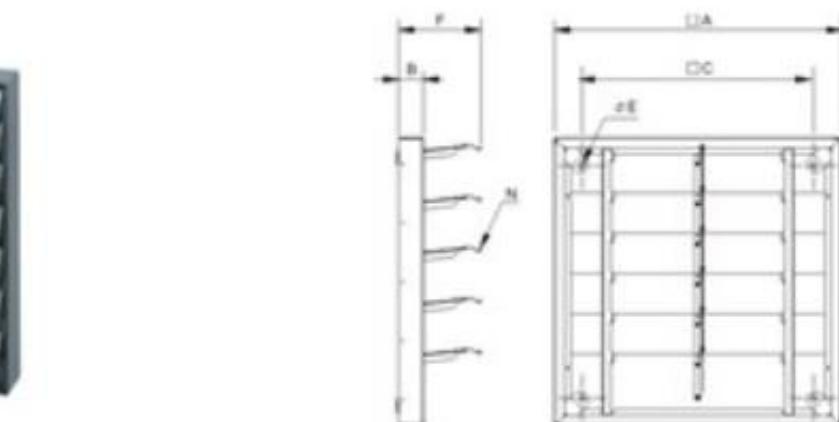


ANEXO Q. Dimensiones de los ventiladores axiales



A	B	C	D	D1	E	F	G	J	K	L	M
800	710	580	630	640	12	150	674	41	103	12	60

ANEXO R. Dimensiones de las ventanas de sobrepresión



A	700
B	60
C	590
E	10
F	200
N	5

*ANEXO S. Análisis de la composición de la dolomita de la empresa SGS
(Elaboración propia).*

SGS

Page no. 1 de 1

REPORT N°.: - D

MATERIAL : DOLOMITE
IDENTIFICATION : ALICANTE
PURPOSE : ANALYSIS

The following results were obtained by the Laboratory:

CHEMICAL COMPOSITION

S	<0,03%	L.O.I.	40,8%
SiO ₂	<0,10%	P	<0,10%
Al ₂ O ₃	0,03%	MgO	21,0%
Fe ₂ O ₃	0,12%	MgCO ₃ (Calculado)	43,9%
CaO	31,2%	CaCO ₃ (Calculado)	55,7%
Moisture	0,20%		

The assayed samples remain in our reserve for eventual checking.

Bilbao, 23rd June 2017



WARNING: The sample(s) to which the findings recorded herein (the "Findings") relate was/were drawn and / or provided by the Client or by a third party acting at the Client's direction. The Findings constitute no warranty of the sample's representativeness of any given and wholly relate to the sample(s). The Company accepts no liability with regard to the origin or source from which the sample(s) below said to be extracted.

This document is issued by the Company under its General Conditions of Service available at <http://www.sgs.com/sgs/conditions-of-service.aspx>. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained herein reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the terms of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Except by special arrangement, samples, if drawn, will not be retained by the Company for more than three months.

ANEXO T. Clases generales y específicas de exposición relativos a la corrosión

Tabla 8.2.2
Clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras

CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
No agresiva		I	Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> – Interiores de edificios, no sometidos a condensaciones. – Elementos de hormigón en masa. 	<ul style="list-style-type: none"> – Elementos estructurales de edificios, incluido los forjados, que estén protegidos de la intemperie.
Normal	Humedad alta	IIa	Corrosión de origen diferente de los cloruros	<ul style="list-style-type: none"> – Interiores sometidos a humedades relativas medias altas (> 65%) o a condensaciones. – Exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. – Elementos enterrados o sumergidos. 	<ul style="list-style-type: none"> – Elementos estructurales en sótanos no ventilados. – Cimentaciones. – Estripos, pilas y tableros de puentes en zonas, sin impermeabilizar con precipitación media anual superior a 600 mm. – Tableros de puentes impermeabilizados, en zonas con sales de deshielo y precipitación media anual superior a 600 mm. – Elementos de hormigón, que se encuentren a la intemperie o en las cubiertas de edificios en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. – Forjados en cámara sanitaria, o en interiores en cocinas y baños, o en cubierta no protegida.
	Humedad media	IIb	Corrosión de origen diferente de los cloruros	<ul style="list-style-type: none"> – Exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> – Elementos estructurales en construcciones exteriores protegidas de la lluvia. – Tableros y pilas de puentes, en zonas de precipitación media anual inferior a 600 mm.
Marina	Aérea	IIIa	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> – Elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar. – Elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km). 	<ul style="list-style-type: none"> – Elementos estructurales de edificaciones en las proximidades de la costa. – Puentes en las proximidades de la costa. – Zonas aéreas de diques, pantalanes y otras obras de defensa litoral. – Instalaciones portuarias.
	Sumergida	IIIb	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> – Elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar. 	<ul style="list-style-type: none"> – Zonas sumergidas de diques, pantalanes y otras obras de defensa litoral. – Cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar.
	En zona de carrera de mareas y en zonas de salpicaduras	IIIc	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> – Elementos de estructuras marinas situadas en la zona de salpicaduras o en zona de carrera de mareas. 	<ul style="list-style-type: none"> – Zonas situadas en el recorrido de marea de diques, pantalanes y otras obras de defensa litoral. – Zonas de pilas de puentes sobre el mar, situadas en el recorrido de marea.
Con cloruros de origen diferente del medio marino		IV	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> – Instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el ambiente marino. – Superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> – Piscinas e interiores de los edificios que las albergan. – Pilas de pasos superiores o pasarelas en zonas de nieve. – Estaciones de tratamiento de agua.

Tabla 8.2.3.a
Clases específicas de exposición relativas a otros procesos de deterioro distintos de la corrosión

CLASE ESPECÍFICA DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
Química Agresiva	Débil	Qa	Ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (ver tabla 8.2.3.b). 	<ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones industriales, con sustancias débilmente agresivas según tabla 8.2.3.b. - Construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad débil según tabla 8.2.3.b.
	Media	Qb	Ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos en contacto con agua de mar. - Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (ver tabla 8.2.3.b). 	<ul style="list-style-type: none"> - Dolos, bloques y otros elementos para diques. - Estructuras marinas, en general. - Instalaciones industriales con sustancias de agresividad media según tabla 8.2.3.b. - Construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad media según tabla 8.2.3.b. - Instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales con sustancias de agresividad media según tabla 8.2.3.b.
	Fuerte	Qc	Ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (ver tabla 8.2.3.b). 	<ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones industriales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con tabla 8.2.3.b. - Instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con tabla 8.2.3.b. - Construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad fuerte según tabla 8.2.3.b.
	Sin sales fundentes	H	Ataque hielo-deshielo	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos situados en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa media ambiental en invierno superior al 75%, y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5 °C. 	<ul style="list-style-type: none"> - Construcciones en zonas de alta montaña. - Estaciones invernales.
	Con sales fundentes	F	Ataque por sales fundentes	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos destinados al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0 °C. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tableros de puentes o pasarelas en zonas de alta montaña, en las que se utilizan sales fundentes.
Erosión		E	Abrasion cavitación	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos sometidos a desgaste superficial. - Elementos de estructuras hidráulicas en los que la cota piezométrica pueda descender por debajo de la presión de vapor del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pilas de puente en cauces muy torrenciales. - Elementos de diques, pantalanes y otras obras de defensa litoral que se encuentren sometidos a fuertes oleajes. - Pavimentos de hormigón. - Tuberías de alta presión.

ANEXO U. Presupuestos del proyecto

PRESUPUESTO MEJORA, ACONDICIONAMIENTO Y HABILITACIÓN GALERÍA DE TIRO DEL MOE								
RECUBRIMIENTO DE ACERO BALÍSTICO								
PARTES DE LA GALERÍA DE TIRO	CANTIDAD	€/T	M2	DENSIDAD(T/m3)	ESPESOR (m)	T	TRANSPORTE (€/T)	TOTAL
MUROS OBLICUOS	14	2974	107,05	7,8	0,0065	5,46	29	16396,38
FRENTE	1	2974	32,5	7,8	0,0065	1,64	29	4924,92
TECHO	1	2974	1120	7,8	0,0065	56,8	29	170570,4
							COSTE TOTAL	191891,7
RECUBRIMIENTO DE TELA ANTIDESGASTE								
PARTES DE LA GALERÍA DE TIRO	CANTIDAD	€/T	M2	DENSIDAD(T/m3)	ESPESOR (m)	T	TRANSPORTE (€/T)	TOTAL
PAREDES LATERALES	14	1904	174,2	7,8	0,0065	1,13	29	2184,3
							COSTE TOTAL	2184,3
RECUBRIMIENTO DE CAUCHO ANTIRREBOTE								
PARTES DE LA GALERÍA DE TIRO	CANTIDAD	€/M2	M2	TOTAL	TRANSPORTE (PALET 30M2)/(75€ PALET)	COSTE TOTAL (€)		
MUROS OBLICUOS	14	28	107,05	3010				
FRENTE	1	28	32,5	910				
TECHO	1	27	1120	30240				
PAREDES LATERALES	14	28	174,2	4877,6				
TOTAL			1433,75	39037,6	3584,4	42622		
CIMENTACIÓN								
DESCRIPCIÓN				CANTIDAD (m3)	PRECIO (€)	COSTE TOTAL		
Pavimento de hormigón HM-25/F/20/I Bombeable de espesor medio 10cm. Incluido suministro de hormigón y servicio de bombeo. Reglado, nivelado, compactado y fratasado. Incluso ejecución de cortes de retracción en cuadrículas de 2x2.				1120	15,25	17080		
ESPALDÓN (PARABALAS DE CORTINA)								
ELEMENTO	LÍNEAS DE CORTINA	CANTIDAD/LINEA	€/CORTINA	COSTE DEL PARABALAS (€)	INSTALACIÓN	COSTE INSTALACIÓN (€)	COSTE TOTAL (€)	
CORTINAS	2	862	22	37928	30-40% DEL TOTAL	15171,2	53099,2	
ESPALDÓN (CORTINAS DE LÁTEX)								
ELEMENTO	€/ROLLO	M2/ROLLO	M2 NECESITADOS	Nº ROLLOS	COSTE TOTAL			
ROLLO DE LÁTEX	480	10	32,5	3,5	1680			
SISTEMA DE VENTILACIÓN								
ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO (€)	COSTE TOTAL					
VENTILADOR AXIAL	2	1079,55	2159,1					
VENTANA DE SOBREPRESIÓN	2	250,19	500,38					
		COSTE TOTAL	2659,48					
SISTEMA ELÉCTRICO								
ELEMENTO	M	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	COSTE TOTAL				
LÍNEA ALIMENTACIÓN	80	/	13,5	1080				
LÍNEA DERIVACIÓN	120	/	8	960				
PANTALLA ILUMINACIÓN	/	30	100	3000				
CUADRO ELÉCTRICO CON REGULADOR	/	1	960	960				
			COSTE TOTAL	6000				
SISTEMA DE BLANCOS								
ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO (€)	COSTE TOTAL					
FULCRUM TARGET SYSTEM	8	4544,63	36357,04					