



Trabajo Fin de Grado

“Obras en apoyo a la instrucción y adiestramiento”:
Diseño y desarrollo de un polígono de combate en
zonas urbanizadas

Autor

Álvaro Boixareu Bartolomé

Directores

Cte. Moisés Salvador Acha Domínguez
D. Iván Cristóbal Monreal

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
2015

Índice

AGRADECIMIENTOS	5
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Objeto y alcance del proyecto	6
1.2 Ámbito de aplicación del Polígono	6
1.3 Análisis de la situación actual.....	7
1.3.1 Nivel nacional.....	7
1.3.2 Nivel internacional.....	8
1.3.3 Análisis DAFO.....	8
1.4 Definición de las directrices principales del proyecto	10
2. MEMORIA CONSTRUCTIVA	10
2.1 Descripción general del polígono	10
2.2 Descripción del proyecto de construcción	12
2.2.1 Explanaciones, caminos y rotundas.....	12
2.2.2 Viviendas zona A. Bloques de hormigón.....	13
2.2.3 Viviendas zona B. Paneles metálicos	13
2.2.4 Viviendas zona C. Vallas metálicas	14
2.2.5 Pasillo de fuego y zona C-IED	15
2.2.6 Helipuerto.....	15
2.3 Procedimientos constructivos	16
2.4 Ubicación, superficie disponible y fotos satélite	19
2.5 Cálculo de drenaje.....	21
3. PLANIFICACIÓN	21
3.1. Estructura de Desglose de Trabajo	21
3.2. Planificación de los trabajos	22
3.3. Gestión de personal y vehículos	22
4. ANÁLISIS DE COSTES	23
5. ANÁLISIS DE RIESGOS	23
6. PLAN DE CALIDAD	25
7. GESTIÓN DE ADQUISICIONES	26
8. PLAN DE SEGURIDAD EN LOS TRABAJOS.....	27
8.1 Riesgos más frecuentes	27
8.2 Directrices técnicas de seguridad.....	27
8.3 Protección individual.....	28

8.4 Plan de Apoyo Sanitario	28
9. ANÁLISIS DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL.....	28
10. CONCLUSIONES.....	30
10.1 Principales conclusiones del trabajo realizado	30
10.2 Líneas futuras de trabajo.....	31
BIBLIOGRAFÍA.....	32
LISTA DE FIGURAS	33
ANEXOS.....	40
Anexo A: Project Charter	41
Anexo B: Planos	43
Anexo C: Cálculo de drenaje	52
Anexo D: Planificación	66
Anexo E: Presupuesto	72
Anexo F: Análisis de riesgos.....	78
Anexo G: APQP	80
Anexo H: Ruta de evacuación	82
Anexo I: Impacto medioambiental.....	85



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos los componentes del Batallón de Zapadores XV de Santa Cruz de Tenerife, a sus cuadros de mando y personal de tropa, por haber puesto a mi disposición todos los medios necesarios para la correcta realización de este proyecto. Del mismo modo, agradecer todo el apoyo recibido por el personal del Centro Universitario de la Defensa así como a mis directores de proyecto, tanto civil como militar, por contribuir en el desarrollo de este trabajo.

Especial agradecimiento también al apoyo prestado por todos los familiares, amigos y compañeros de la LXXI promoción que con su paciencia, ánimos y comprensión han contribuido de manera simbólica a la realización de esta memoria.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo consiste en el diseño e implementación de un complejo de instrucción militar, enfocado en el combate urbano y que responda a las particularidades y necesidades propias de dicha disciplina.

Con ello se busca alcanzar la doble finalidad que persigue este trabajo, el cual no solo consta del diseño como tal, sino también que las unidades de ingenieros se instruyan a través de la construcción del polígono para que posteriormente otras unidades puedan ser adiestradas en él.

1.1 Objeto y alcance del proyecto

El objetivo del presente trabajo es el del diseño y concepción de un polígono de combate en población para poder ubicarlo en el campo de maniobras de la Isleta (Las Palmas de Gran Canarias), abarcando todas las fases que se contemplan en un proyecto de obra. Este complejo militar debe suponer un avance en materia de instrucción, la cual abarca la propia construcción del polígono así como la de combatir en zonas urbanas.

En lo relativo al alcance, este proyecto tiene como propósito la elaboración de los siguientes apartados:

- Diseño digital del polígono.
- Calculo de drenaje.
- Planificación de los trabajos.
- Obtención del presupuesto.
- Análisis de los factores de riesgo.
- Plan de calidad.
- Planificación de la gestión de adquisiciones.
- Desarrollo de un plan de prevención de riesgos laborales.
- Análisis medioambiental.

1.2 Ámbito de aplicación del Polígono

El ámbito de aplicación del polígono de combate son, principalmente, las FAS¹, como apoyo a su instrucción y adiestramiento en materia de resolución de conflictos en zonas urbanizadas. En el propio marco de las FAS, este proyecto estará enfocado a pequeñas unidades militares, sobre todo de infantería ligera, para su instrucción técnica y específica en este aspecto, y en menor medida, a unidades de mayor entidad que, gracias al entorno creado por el poblado, podrán recibir una instrucción táctica optima y eficaz en este tipo de ambientes.

¹ Fuerzas Armadas.

Del mismo modo, debe ser un referente a nivel europeo, de manera que también los ejércitos aliados tengan la posibilidad de utilizar dichas instalaciones.

Por último, pero no por ello menos importante, destacar que el complejo puede llegar a tener un ámbito de aplicación en el mundo civil, pudiendo llegar a colaborar con empresas dedicadas a diversas actividades de simulación militar, ya sean “airsoft”, “paintball” u otras menos conocidas.

1.3 Análisis de la situación actual

A continuación se presenta un breve análisis del panorama actual en materia de polígonos de combate en población tanto a nivel nacional como en el ámbito internacional. De este modo se pretende reflejar la situación de nuestro proyecto enmarcado a todos los niveles dentro de los distintos países [1].

1.3.1 Nivel nacional

- Polígono de Combate en Zonas Urbanizadas de “San Gregorio”

Consta de 20 hectáreas en la zona Norte del campo de maniobras de San Gregorio. Contiene unas 200 edificaciones de una y dos plantas de hormigón prefabricado, así como cercados que delimitan calles y corrales. También incluye vías de comunicación subterráneas entre edificios y cercanía entre terrazas, aumentando así el realismo en la guerra irregular. La unidad máxima que puede usar las instalaciones es tipo compañía, destacando la imposibilidad del uso de fuego real. (**Figura 1**).

- Instalaciones en el CMT “Los Alijares”

En el campo de maniobras de la Academia de Infantería situada en Toledo se encuentra este complejo que cuenta con una casa de goma (en la cual se puede hacer fuego real), una casa instrumentalizada, un poblado realizado con contenedores de transporte de mercancías, un complejo de alcantarillado para el combate en zonas subterráneas. Sin embargo estas instalaciones distan demasiado unas de otras por lo que no consiguen beneficiarse mutuamente. (**Figura 2**).

- “Poblado Afgano” en Viator, Almería

Dentro del campo de maniobras de la BRILEG² Rey Alfonso XIII se encuentra el Poblado Afgano, al igual que una casa de goma (donde se permite el fuego real evitando así el rebote de los impactos). En este poblado se permite el paso de vehículos mecanizados (como por ejemplo BMR³). Una de las

² Brigada Legionaria.

³ Blindado Medio sobre Ruedas.

ventajas a su vez de los alrededores es que tiene unas condiciones geográficas y climatológicas similares a las afganas. (**Figura 3**).

1.3.2 Nivel internacional

- Mojave Desert Combat Town, Estados Unidos

Se trata de la simulación de un poblado iraquí, con casas y establecimientos construidos a partir de contenedores de transporte. Cuentan con simulación IED en una de las carreteras. Dentro del poblado hay una casa llamada la “casa sangrienta” para que las tropas se acostumbren a ver heridas y situaciones traumatizantes. Se pueden encontrar “casas” con distintas alturas y ventanas. (**Figura 4**).

- K.Austin Koth, Rota, España

Se trata de un moderno complejo finalizado en 2014 por encargo de la Marina americana. A pesar de tener dimensiones reducidas lo destacamos por su alto nivel de realismo. El poblado está totalmente ambientado según las tradiciones islámicas, con material obtenido durante las misiones. Según los informes del propio personal de la base, durante los ejercicios se usan alimentos reales para decorar el mercado (cerdos y frutas) e incluso se contratan a actores. Solo se puede realizar fuego real en lugares específicos. (**Figura 5**).

- Training Centre, Virginia, Estados Unidos.

Con más de 1200 kilómetros cuadrados, se intenta representar una ciudad convencional, incluyendo un colegio, una mezquita y un estadio de fútbol. Además cuenta con una estación de metro subterráneo con vagones. Este centro está enfocado para la guerra en ciudades más “occidentales”. El entrenamiento se centra en los métodos de actuación de las tropas, sin llegar a realizar fuego. (**Figura 6**).

1.3.3 Análisis DAFO

Una vez hecho el estudio de la situación nacional e internacional, podemos establecer aquellos puntos que resultan debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades [2]. Este análisis será de ayuda para definir la estrategia a seguir durante la elaboración del proyecto.



<p><u>Fortalezas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Incrementar la capacidad operativa de nuestras unidades. ➤ Aportar realismo a los ejercicios prácticos. ➤ Facilidad para crear contratos debidos a la estabilidad y credibilidad del Ejército ➤ Existencia de empresas y proveedores especializados. 	<p><u>Debilidades</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Falta de normalización en la construcción de este tipo de instalaciones. ➤ Dificultad para encontrar una ubicación idónea. ➤ Falta de instrucción en materia de construcción de nuestras secciones de zapadores.
<p><u>Oportunidades</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Explotar los posibles diseños originales de los ingenieros. ➤ Sentar las bases necesarias para la normalización en materia de construcción de polígonos de combate. ➤ Referencia internacional para otros ejércitos. 	<p><u>Amenazas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Falta de prioridad frente a otros proyectos de defensa. ➤ Problemas logísticos que retrasen los plazos de construcción. ➤ Inversión económica inicial elevada.

Tabla 1. Análisis DAFO

Tras este breve análisis de **factores internos** (fortalezas y debilidades) **y externos** (oportunidades y amenazas), se obtiene la conclusión de que a pesar de que no se dispone actualmente de manuales específicos para la elaboración de este tipo de instalaciones, hemos de sacar partido de las ideas originales de diseño adaptándolas en todo momento a las normas ya existentes en el ámbito de la construcción.

Por ello y tras haber evaluado las características de otras instalaciones similares, este polígono de combate en zonas urbanizadas estará dotado de las siguientes características:

- Posibilidad de realizar fuego real al menos con munición 5x56mm NATO⁴ y 9x19mm.
- Ostentar dimensiones suficientes para albergar una operación de entidad Sección/Subgrupo Táctico.
- Debe ser duradero y tener piezas fácilmente sustituibles.
- Debe contener un Pasillo de fuego real y una Pista de indicios IED⁵ que complementen al Polígono.

⁴ North Atlantic Treaty Organization.

⁵ Improvised Explosive Device.

- Debe disponer de siluetas balísticas y simulación completa para obtener un mayor realismo.
- Su situación debe facilitar su uso, en la medida de lo posible, tanto por unidades de las FAS como por ejércitos aliados.

1.4 Definición de las directrices principales del proyecto

Dado el análisis anterior, se han redactado una serie de directrices fundamentales que seguirá este proyecto y que constituyen las líneas principales de su estrategia:

- Teniendo en cuenta que es un proyecto realizado por una entidad pública como son las FAS, uno de los principios que deben seguirse para la realización del proyecto es la **minimización del coste**. Sin embargo, dada la importancia de la seguridad en los proyectos de adiestramiento del combatiente, esta reducción no puede suponer en ningún momento un aumento del riesgo de la integridad física del personal. Es más, debe procurarse una máxima protección del usuario final, el soldado.
- Dado que existen ya en Territorio Nacional diversos polígonos con una finalidad similar a la del presente proyecto, es imprescindible tener presente aquello que lo hace necesario, aquello que lo diferencia, esto es, el **realismo**. La instrucción de combate en población a menudo se hace tediosa ya que es una de las disciplinas que, por cuestiones de seguridad, se llevan a cabo con menos realismo, afectando considerablemente a la capacidad final táctica de las unidades. Así, centrándose la atención en los aspectos que impiden la realización de fuego real en los polígonos de instrucción, podrá marcarse la diferencia.
- Por último, con la idea de ser una **referencia para otros ejércitos aliados**, queremos marcar una línea a seguir, una línea de innovación. Es necesario buscar nuevas soluciones para un mundo que nos presenta cada vez más problemas.

Para mejor comprensión de este punto, se ha confeccionado un Project Charter [2] encontrándose localizado en el **Anexo A: Project Charter**.

2. MEMORIA CONSTRUCTIVA

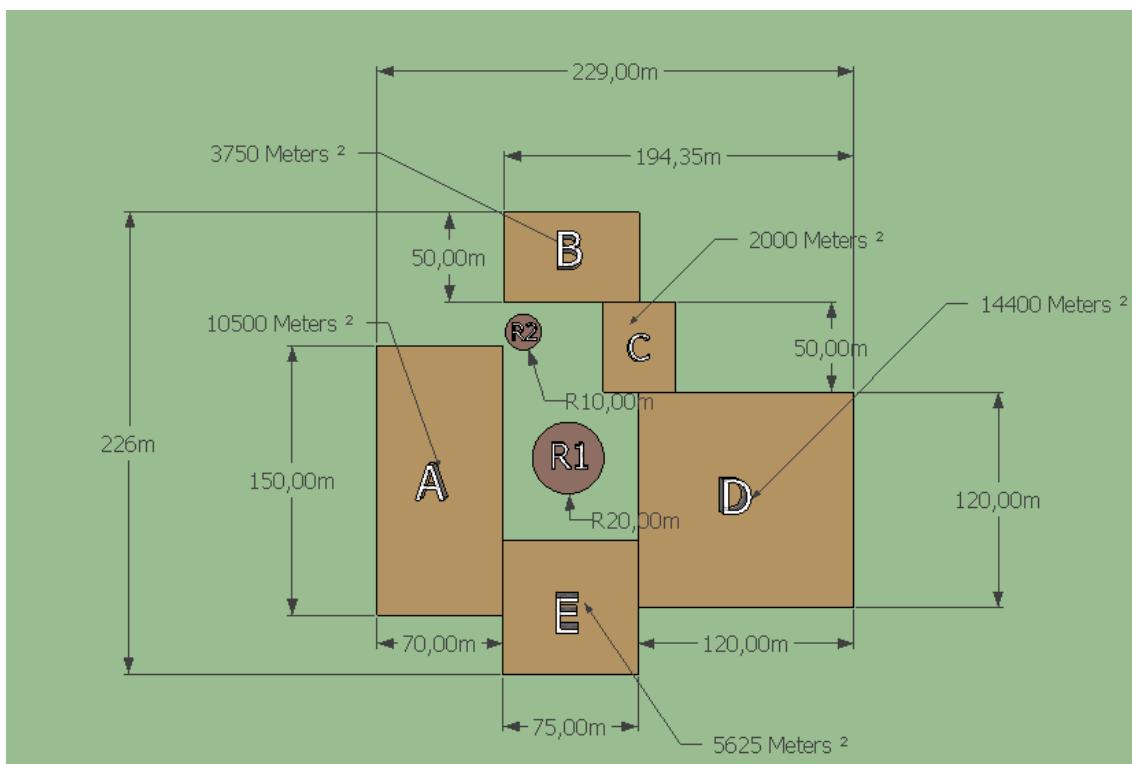
2.1 Descripción general del polígono

En primer lugar, el desarrollo de este proyecto radica en un diseño original creado a partir del software Sketchup Pro 2013 así como la utilización de otros tipos de software de diseño como AUTOCAD

2015, basándose principalmente en el concepto de poblado árabe y adoptando una distribución espacial formada por distintos barrios y zonas de instrucción.

Dentro de él se pueden diferenciar:

- 3 zonas de viviendas, dos de ellas residenciales y una marginal.
- A su vez coexisten con estas estructuras y están situadas también dentro del perímetro del polígono otras 2 zonas de instrucción formadas por una pista de indicios contra IED, un pasillo de fuego y una zona de aterrizaje de helicópteros.



Distribución de explanadas (Fuente propia)

- **Zonas de instrucción A, B y C:**

Por un lado los espacios de viviendas correspondientes a las zonas A, B y C están pensadas para la recreación de un ambiente urbano contando para ello con un total de 35 estructuras compuestas por diversos elementos y materiales de construcción, todo ello siempre con el objeto de recrear una escena lo más cercano a la realidad posible.

- **Zonas de instrucción E y D:**

Del mismo modo y para garantizar que el polígono cumple las expectativas en cuanto a la mejora de la instrucción específica, se han diseñado las zonas anexas E y D en las cuales se encuentran 3 instalaciones complementarias. Es por ello que en la zona E y con el propósito de implementar capacidades de asalto aéreo a la instrucción, se ha diseñado una pista de aterrizaje de helicópteros de

transporte, consiguiendo con ello seguir siempre la premisa de un realismo cercano al combate. Anexa a esta zona, encontramos la zona D. Esta zona incluye 2 instalaciones pensadas y diseñadas para poner en práctica los conocimientos en las dos partes más importantes en el combate en población: la lucha contra explosivos improvisados (C-IED⁶) y el tiro con armas de fuego en espacios cerrados. Para servir a este propósito se cuenta con una pista de instrucción contra explosivos improvisados y con un pasillo de fuego para efectuar los citados ejercicios de tiro.

2.2 Descripción del proyecto de construcción

La zona donde se realizarán los trabajos se trata de una explanada con varios bancales naturales, limitada en todo su perímetro por una serie de caminos que conducen a las instalaciones de la base situada en el CMT La Isleta

2.2.1 Explanaciones, caminos y rotondas

Los trabajos para la realización de las explanaciones, caminos y rotondas consistirán en [3]:

- Realización de 5 explanadas paralelas con una pendiente longitudinal máxima del 2%. Este tajo conllevará trabajos de desmontes, terraplenes, nivelado, compactado, y cuneteado:
 - Explanada A, de forma rectangular y de dimensiones 70 x 150 metros.
 - Explanada B, de forma rectangular y de dimensiones 50 x 75 metros.
 - Explanada C, de forma rectangular y de dimensiones 40 x 50 metros.
 - Explanada D, de forma cuadrada y de dimensiones 120 x 120 metros
 - Explanada E, de forma cuadrada y de dimensiones 75 x 75 metros.
- Construcción de 1600 metros lineales de camino, de 5 metros de ancho, distribuidos entre los interiores de las explanadas, en las uniones entre ellos así como las vías perimetrales del polígono. Toda la superficie de los caminos contarán con una fina capa de 15 centímetros de material drenante, necesaria para la correcta evacuación de aguas. A su vez, toda la superficie contará con un bombeo mínimo del 1% para evitar la formación de masas de agua en ellos.
- 2 rotundas, construidas con bloques de hormigón (40x20x20cm), sobre cama de 20 cm. de hormigón.

⁶ Counter Improvise Explosive Device.

2.2.2 Viviendas zona A. Bloques de hormigón

Las casas referentes a los barrios residenciales, situadas en la explanada A serán de construcción mediante bloques de hormigón (40x20x20cm) con armadura interna formada por varillas de acero. Esto dotará a las estructuras de una rigidez suficiente acorde al uso que se le va a dar.

Barrio Residencial A	Forma	Nº habitaciones	Ventanas	Puertas	Cantidad
R-1	Cuadrada	1	3	1	12
R-2	Rectangular	1	3	1	2
R-3	Cruz	1	2	3	2
R-4	Forma T	1	8	3	2
R-5	Forma S	1	4	3	1
				Total	19

Tabla 3.Barrio residencial A



Zona de instrucción A (Fuente Propia)

2.2.3 Viviendas zona B. Paneles metálicos

Del mismo modo las casas situadas en la explanada B serán de tipo residencial, pero en este caso, su construcción será de tipo metálicas y construidas mediante vigas y paneles galvanizados corrugados, los cuales irán atornillados a las zapatas. Dichos paneles irán pintados de color caqui para aumentar el realismo de la estructura.

Barrio Residencial B	Forma	Nº habitaciones	Ventanas	Puertas	Cantidad
R-6	Forma T	3	4	5	3
R-7	Cuadrada	4	4	5	3
				Total	6

Tabla 4.Barrio residencial B



Zona de instrucción B (Fuente propia)

2.2.4 Viviendas zona C. Vallas metálicas

Por otro lado las casas referentes al barrio marginal, situadas en la explana C estarán construidas a base de valla electro soldada trasladable la cual estará sujetada a las zapatas con fijaciones atornilladas de pletina y tubo galvanizado, soldado verticalmente, donde descansaran interiormente los tubos verticales de las vallas metálicas, impidiendo de este modo los movimientos verticales a través de tornillos pasantes. Estas estructuras podrán ser modulables en función de las necesidades. Del mismo modo irán forradas de malla de ocultación color caqui.

Barrio Marginal C	Forma	Nº habitaciones	Ventanas	Puertas	Cantidad
M-1	Forma L	3	3	3	4
M-2	Forma L	2	3	3	4
M-3	Forma T	3	6	3	2
			Total		10

Tabla 5.Barrio residencial



Zona instrucción C (Fuente Propia)

2.2.5 Pasillo de fuego y zona C-IED

La zona de instrucción contra explosivos improvisados es una instalación pensada principalmente para instruir a las tripulaciones de vehículos ligeros y medios en la búsqueda y localización de artefactos explosivos (BLAEX⁷), no obstante sirve de igual modo para la instrucción individual de los combatientes a pie, pudiendo emplear el material ligero de desminado. Estará construida enteramente por merlones de tierra compactada constituyendo un trazado definido apropiado para el paso de nuestros medios.

Anexa a esta instalación se encuentra la zona denominada como pasillo de fuego. Esta parte de la instalación está dedicada a la realización de ejercicios de tiro real eminentemente instintivos contando con la posibilidad de hacer fuego de fusilería (5x56mm) y armas cortas (9x19mm). Para mayor seguridad, esta instalación estará rodeada en su perímetro por un merlón de tierra que sea capaz de detener posibles impactos. Para su realización se contará con el apoyo de una empresa externa que se encargará de la preparación de esta instalación.



Pasillo de fuego (izqda.) y pista de instrucción C-IED (drcha.) (Fuente propia)

2.2.6 Helipuerto

Para completar el polígono de combate se cuenta con una pista de aterrizaje para helicópteros de transporte, la cual será de uso diurno/nocturno por lo que estará dotada de balizas IR⁸ para la toma nocturna. Consistirá en su totalidad de una losa cuadrada de hormigón de dimensiones 34x34m, con la capacidad portante necesaria para resistir un CH-47 Chinook. El bombeo de esta explanada no deberá ser superior al 3% [4].

⁷ Búsqueda y Localización de Artefactos Explosivos.

⁸ Correspondiente a la radiación infrarroja.



Detalle pista de aterrizaje de helicópteros (Fuente propia)

2.3 Procedimientos constructivos

1. Procedimiento constructivo con bloques de hormigón

i. Justificación de su uso en el diseño

Este material ha sido elegido principalmente a sus características constructivas, esta elección es debida principalmente por la resistencia que otorga a la estructura el propio hormigón, pero también por la rapidez, exactitud y uniformidad de las medidas de los bloques.

Sin duda la modularidad de los bloques de hormigón permite computar los materiales en la etapa de proyecto con mucha precisión, pudiendo aproximar de una manera acertada las cantidades necesarias reales en la obra, consiguiendo hacer más sencilla la programación y gestión de los trabajos.

ii. Detalles de construcción

En este apartado se expone de manera ordenada el método de construcción empleado para realizar las edificaciones en las que se utilizan bloques de hormigón. Para ello se sigue el orden lógico que se muestra a continuación [5]:

- 1) Partiendo de un terreno previamente desbrozado y preparado para los trabajos que se van a realizar, se procede al replanteo de cada edificación marcando in situ los límites de los cimientos. (**Figura 7**)
- 2) Una vez hecho esto, se procede a cavar todas las zanjas hasta una profundidad aproximada de 50 centímetros, de los cuales se aprovecharán 40 centímetros para nuestros cimientos. (**Figura 8**)



- 3) Despues se deberá verter una pequeña capa de hormigón de limpieza de unos 4 centímetros, que servirá de base para los cimientos.
- 4) Cuando la base de hormigón de limpieza esté seca y se hallan comprobado los niveles colocaremos las armaduras de ferralla (mallazo), las cuales estarán distanciadas unos centímetros de la base por unas cuñas de plástico u hormigón, con el objeto de añadir la resistencia adecuada a los cimientos. (**Figura 9**)
- 5) Procedemos al vertido del hormigón mostrando especial precaución en un acabado de la superficie liso e igualado.(**Figura 10**)
- 6) Dejar al menos 20 días para el fraguado del hormigón, y una vez seco procederemos a la construcción de los muros en bruto, es decir, se dejara el muro visto y sin enlucir.(**Figura 11**)
- 7) Tener en cuenta que al poner la primera hilada de bloques se deberá extender una capa de mortero sobre la base de hormigón, poniendo especial atención a la colocación de los bloques con la parte perforada mirando hacia abajo.(**Figura 12**)
- 8) Aproximadamente cada 3 metros dispondremos bloques en ángulo donde pondremos la ferralla de refuerzo. Del mismo modo deberemos poner miras en los extremos para comprobar la alineación de las hiladas. Las puertas, ventanas y tragaluces serán confeccionadas mediante dinteles a distintas alturas.(**Figura 13**)
- 9) Por último se dispondrán las armaduras necesarias verticales, se llenarán los huecos con hormigón y se eliminará el excedente de mortero intentando dejar las juntas huecas u oblicuas para un mejor acabado.(**Figuras 14 y 15**)

iii. Ventajas de su uso en las obras

Como ya se ha recalcado con anterioridad, los bloques de hormigón ofrecen un comportamiento adecuado para la construcción de la mayor parte de nuestro polígono de combate, residiendo sus ventajas principales en:

- Resistencia a las inclemencias meteorológicas, así como al fuego, humedades e incluso termitas.
- Aprovechamiento de la triple función del bloque (estructura, textura y cerramiento), lo cual se traduce en mayor rapidez constructiva.
- Facilidad de armado en la mampostería.

2. Procedimiento constructivo con elementos metálicos

i. Justificación de su uso en el diseño

Con el fin de ampliar la instrucción de la sección se ha optado por emplear no solo elementos de hormigón sino también elementos metálicos. De este modo también se reducen los costes de adquisición así como los plazos de tiempo para terminar la obra. Los elementos metálicos empleados son: Paneles de chapa corrugada y vallas electro-soldadas.

ii. Detalles de construcción

El esquema de construcción que se muestra a continuación expone de manera secuenciada los pasos necesarios para el correcto empleo de los elementos metálicos [5]:

- 1) Al igual que en el esquema anterior, en primer lugar se ha de replantar el terreno, excavar las zanjas pertinentes, verter el hormigón de limpieza, poner la armadura de ferralla necesaria y verter el hormigón restante, dejándolo secar alrededor de 20 días aproximadamente.
- 2) Tras esto, se procederá al montaje de la estructura metálica correspondiente, por un lado las viviendas compuestas por **paneles de chapa** galvanizada metálica irán acompañadas de una estructura consistente en postes metálicos en forma de S. Esta estructura va anclada al hormigón mediante taco químico y los paneles están sujetos a los postes con tornillos roscados. Por otro lado dispondremos de **vallas electro-soldadas** cuya estructura consiste en este caso en tubos metálicos galvanizados que reposan sobre pletinas fijadas al hormigón de la misma forma que los paneles. Las vallas no son completamente solidarias entre ellas, ya que su posición podrá ser modificada en función de las necesidades de la instrucción.(Figuras 16 y 17)
- 3) Una vez conformada la estructura y montados los paneles y vallas correspondientes, se realizarán mediante corte directo la situación de las puertas y ventanas .(Figuras 18 y 19)
- 4) Por último, se procederá al forrado de las vallas con malla de ocultación opaca y al pintado de los paneles de chapa. .

iii. Ventajas de su uso en las obras

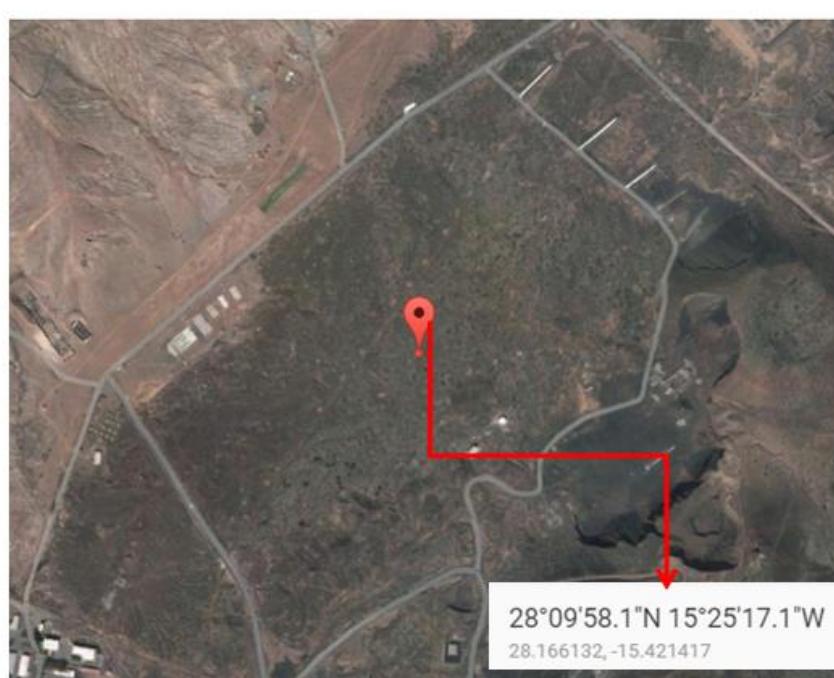
El empleo de este tipo de elementos trae consigo una serie de ventajas constructivas con respecto a los materiales de mampostería clásica:

- Material muy económico.
- Versatilidad y adaptabilidad de los distintos paneles.
- Alta durabilidad, resistencia a la corrosión y las inclemencias del tiempo, lo que se traduce en un bajo coste de mantenimiento.

2.4 Ubicación, superficie disponible y fotos satélite

En este apartado se muestran algunos de los planos para entender la situación actual del terreno y del mismo modo para ayudar a visualizar el resultado final de la solución.

La ubicación elegida es la explanada situada al sureste del CMT⁹ La Isleta, actualmente sin edificar y en la cual se procederá a la construcción del polígono. Cuenta con una superficie media aproximada de 0.36 km², espacio suficiente para albergar el proyecto (0.05 km²) así como posibles ampliaciones a lo largo del tiempo.

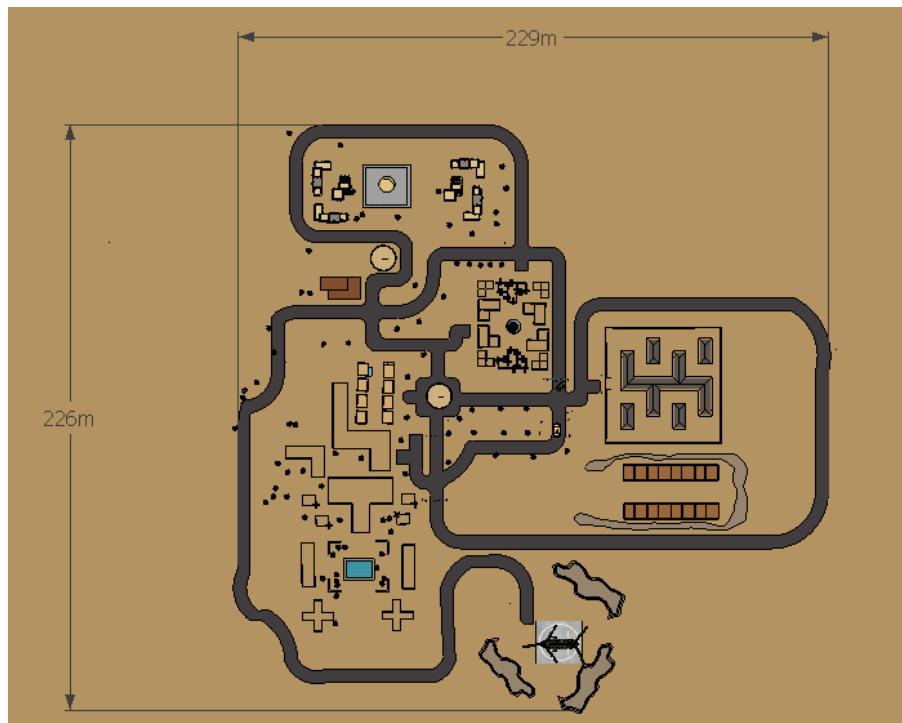


Vista aérea de situación (Google maps)

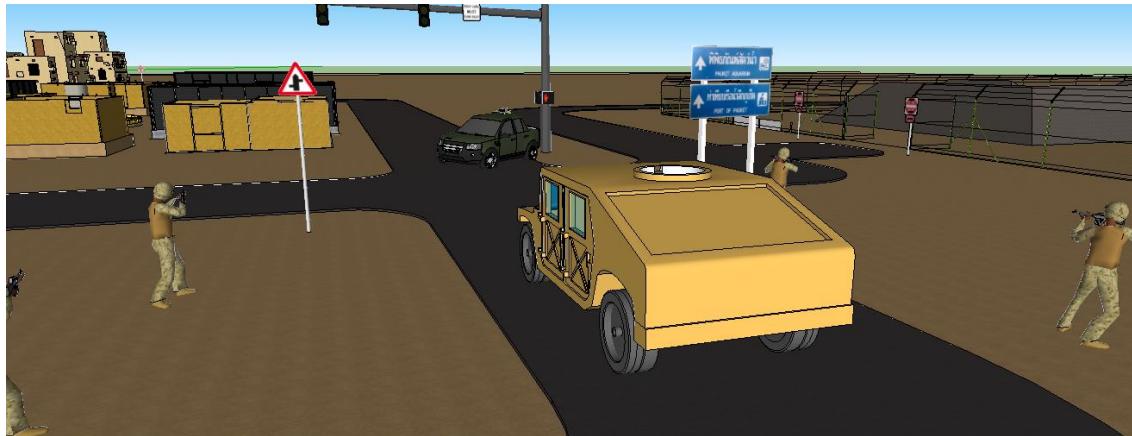
⁹ Campo de Maniobras y Tiro.



Superficie disponible y ubicación (Google maps)



Solución final adoptada (Fuente propia)



Detalle instrucción combate en zonas urbanas (Fuente propia)

En cuanto a los planos técnicos, se ha optado por representar una estructura característica por cada tipología estructural (hormigón, panel de chapa y valla electro-soldada).

Dichos planos técnicos de las distintas zonas de instrucción se puede consultar en el **Anexo B: Planos.**

2.5 Cálculo de drenaje

Debido a que la zona donde se va a desarrollar el proyecto se trata de una zona marcada por los barrancos que existentes en los alrededores de la explanada principal, se ha dispuesto en el **Anexo C. Cálculo de drenaje** los cálculos necesarios para el correcto dimensionamiento de los elementos principales para recoger y reconducir las aguas pluviales con el fin de asegurar un empleo eficaz del polígono de combate [6].

3. PLANIFICACIÓN

3.1. Estructura de Desglose de Trabajo

Con la finalidad principal de obtener el mayor rendimiento posible se detalla en este trabajo una planificación de las actividades que se han de realizar para llevar a cabo el proyecto. Del mismo modo en la Estructura de Desglose de Trabajo, se determinan las diferentes actividades y fases a llevar a cabo por parte del equipo de proyecto. A su vez se indican los plazos en los que deben de realizarse [2]. Está incluida en este trabajo como **Anexo D: Planificación**.

3.2. Planificación de los trabajos

El orden temporal del desarrollo de los trabajos será el siguiente:

1. Construcción mediante desmontes y terraplenes, de 5 explanadas conectadas entre sí por caminos, 2 rotundas, 1 plaza y 1 pista de aterrizaje para helicópteros de transporte.
2. Construcción de 19 casas simuladas a base de hormigón y sin techo.
3. Construcción de 10 casas simuladas a base de planchas metálicas onduladas sin techar.
4. Construcción de 6 casas simuladas a base de vallas metálicas trasladables y techadas con geotextil de ocultación.
5. Construcción de campo de instrucción contra IED, s.
6. Construcción de pasillo de fuego¹⁰ (Contratación externa)

3.3. Gestión de personal y vehículos

El personal que llevará a cabo los trabajos será:

- 1 Oficial como jefe de obra, 3 Suboficiales y 30 de Tropa (Fase I).
- 1 Oficial como jefe de obra, 3 Suboficiales y 30 de Tropa (Fase II).

La ejecución de los trabajos se estiman aproximadamente en:

- Fase I: 36 semanas lectivas.
- Fase II: 42 semanas lectivas.

Siendo cada semana lectiva el equivalente a 8 horas de trabajo diarias durante 5 días de trabajo semanales. Haciendo por tanto un total aproximado de 390 días de trabajo para la finalización de la obra.

El jefe de obra programará, según la situación de la obra, como mínimo, una hora al día de mantenimiento de maquinaria y equipos.

Todo el personal participante formará parte del Batallón de Zapadores XV y las jornadas de trabajo para el desarrollo del proyecto vendrán enmarcadas y adaptadas dentro del Programa de Apoyo a la Preparación del Batallón XV.

En el **Anexo D: Planificación** también viene reflejada la información referente al personal y vehículos disponibles para la ejecución del proyecto. La elaboración de este anexo se ha basado en la metodología PERT¹¹, la cual se utiliza para calcular la duración del proyecto, evaluar la importancia de las diferentes tareas y la obtención de las holguras (retrasos permitidos en cada actividad). Del mismo

¹⁰ Zona de instrucción consistente en un pasillo formado por instalaciones en la cuales se puede efectuar fuego con distinto tipo de armamento.

¹¹ Program Evaluation and Review Technique.



modo se muestra el diagrama de Gantt, en cual aparece la EDT completa así como el camino crítico (actividades sin holgura) del proyecto [2].

4. ANÁLISIS DE COSTES

En este apartado se estudian los diferentes factores materiales del proyecto para hacer una estimación del coste. Este análisis resulta fundamental para poder estudiar la viabilidad del proyecto. Para hacerlo lo más preciso posible se han estudiado proyectos similares anteriores tomando la base de precios aportada por el Batallón de Zapadores XV para el año 2015. En el Análisis incluimos el Impuesto General Indirecto Canario (IGIC) y el correspondiente importe dedicado a la seguridad e higiene, así como el coste del carburante necesario para el trabajo de las máquinas y la obra adicional de contratación externa [7].

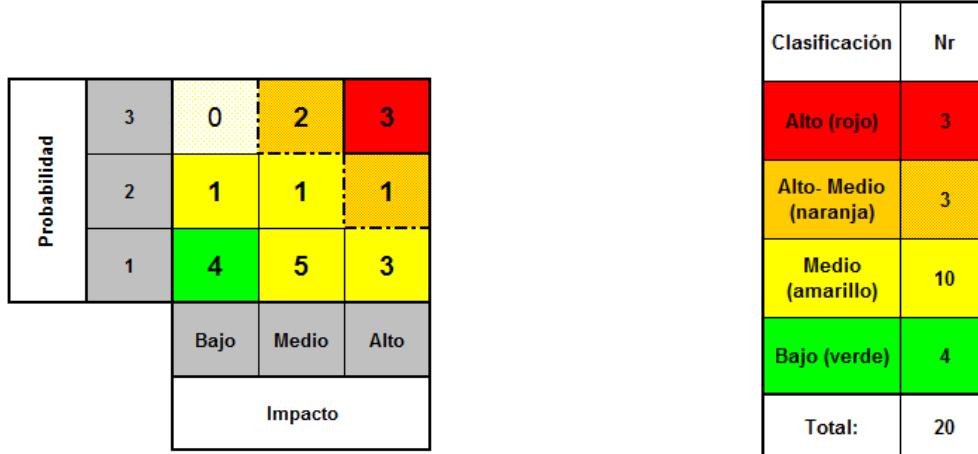
Tras efectuar el correspondiente análisis que se detalla más adelante en el **Anexo E: Análisis de costes** de las partidas más importantes del proyecto ascendería a un total aproximado de **312.922,41€**

5. ANÁLISIS DE RIESGOS

A continuación, se presenta un breve análisis de los posibles riesgos a los que se podría enfrentar el proyecto. En el estudio realizado se exponen diversos motivos que dificultarían el correcto desarrollo del proyecto y que influirían notablemente en el resultado final del mismo. Es por eso que, para los riesgos de mayor impacto y probabilidad de ocurrencia, se ha ideado una medida a adoptar en caso de que estos sucedan, con el objetivo de reducir las consecuencias provocadas sobre el proyecto [2].

Tras el análisis, se han recopilado los riesgos más importantes a los que podríamos hacer frente. Véase el **Anexo F: Análisis de riesgos** para más información. Dichos riesgos son dotados de un grado de impacto (1, 2, 3) y de probabilidad de ocurrencia (baja, media, alta), lo cual nos permite hacer una clasificación para una mejor visualización de los mismos, destacando aquellos en los que la relación probabilidad/ocurrencia sea mayor. Con todo ello buscamos identificar los supuestos que probablemente den lugar y que, además, puedan suponer un grave riesgo para nuestro proyecto.

Los resultados obtenidos tras el análisis se encuentran recogidos en las siguientes tablas:



Tablas 6 y 7. Resultados análisis de riesgos

Los supuestos considerados de alto riesgo (identificados por el color rojo), y que por tanto, deberán ser tomados en consideración durante el desarrollo del proyecto son los siguientes:

- Un terreno no apto para la construcción debido a los marcados accidentes geográficos y a la propia composición de los suelos haría replantear la situación de la obra así como los planos de todo el proyecto.
- La falta de aprobación de este proyecto por el propio Ministerio de Defensa supondría la cancelación inmediata de todos los trabajos.
- La aparición de grandes sobrecostes durante el desarrollo de las obras podría acarrear problemas para finalizar con éxito el proyecto.

Con el objeto de reducir los efectos provocados por los riesgos más significativos se dan a continuación una serie de medidas a modo de plan de contingencia:

- Dado que se necesita la aprobación por parte del Ministerio de Defensa para la realización del proyecto, es de vital importancia que el proyecto resulte atractivo y beneficioso para las FAS, además de ser económico. Como solución, el diseño del polígono ha sido pensado de forma modular por lo que se puede reducir el número de zonas de instrucción con el objeto de obtener un proyecto económicamente más viable.
- El estudio geológico del que partimos nos indica que a priori no existen indicios de que no se pueda construir en él. No obstante, se tiene previsto el posible emplazamiento alternativo del polígono.
- Para poder combatir los sobrecostes que surjan en las distintas etapas del proyecto de deberá presupuestar con precisión los costes derivados de las obras y además tener previsto un pequeño fondo de reserva con el que poder afrontar los gastos imprevistos.

6. PLAN DE CALIDAD

El diseño del plan de calidad estará basado en la metodología APQP¹² (Planificación Avanzada de la Calidad del Proyecto) [8].

Dicha metodología consta de 5 fases diferenciadas en las que se emplean herramientas distintas que garantizan un proceso de calidad en cada una de las etapas de nuestro proyecto. A modo de resumen se muestra una breve descripción de cada una de las etapas:

- I. **Fase 1:** Se aprueban las especificaciones y características técnicas del polígono de combate.
- II. **Fase 2:** Se aprueba el desarrollo del producto y es el lugar donde se puede revisar el desarrollo del mismo. Se busca encontrar los puntos clave del proyecto para que sea atractivo para el destinatario.
- III. **Fase 3:** Similar a la segunda fase, pero en este caso enfocado al proceso de construcción del polígono, más que en el atractivo del producto.
- IV. **Fase 4:** Se busca la aprobación y validación del polígono, homologándolo y realizando un análisis de la capacidad, asegurando que cumple con todos los requisitos previstos
- V. **Fase 5:** Consiste en la evaluación de todo el proceso finalizando con ello el APQP y realizando el correspondiente feedback¹³.

Durante la elaboración del proyecto se han empleado diversas herramientas con el objeto de disminuir en lo posible los fallos tanto en las fases tempranas como durante la ejecución del mismo así, garantizando el óptimo resultado en los trabajos. Es por ello que se emplean herramientas como el análisis del impacto ambiental, el análisis de costes y de riesgos, así como el diseño tanto de cronogramas como de planos técnicos, con el fin de asegurar la calidad en todos los aspectos del proyecto. La ENAC (Entidad Nacional de Acreditación) será la encargada en última instancia de homologar y acreditar la calidad del polígono así como la protección del medio ambiente.

Para más detalles consultar el **Anexo G: APQP**, en el que se encuentran las directrices que se tendrán en cuenta para la elaboración del Plan de Calidad.

¹² Advanced Product Quality Planning.

¹³ Respuesta que nos da un interlocutor como retorno a un asunto determinado.

7. GESTIÓN DE ADQUISICIONES

En este apartado se contemplan dos tipos de adquisiciones para el desarrollo de los trabajos: la compra del material y la contratación de un servicio de construcción.

Debido a que las unidades militares tienen una capacidad económica limitada de obtener los materiales necesarios por sí mismas, es necesario la elaboración de un **contrato de suministro** basado en las partidas de materiales que aparecen en el anexo correspondiente al apartado cuarto de este trabajo. Sin embargo las unidades dispondrán de un pequeño presupuesto para imprevistos con el que hacer frente a las necesidades que puedan surgir.

Por otro lado será necesario la elaboración de un **contrato de obra** para la confección del Pasillo de Fuego. Desde el punto de vista de la dirección del proyecto se considera prioritario que esta instalación sea realizada por empresas especializadas en la construcción de galerías de tiro, empleando el resto del personal para el desarrollo e instrucción del resto del complejo.

Todos estos contratos se realizarán por procedimiento negociado según los artículos 169, 170 y 171 del Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público, no siendo necesario dar publicidad al procedimiento, por ser su valor estimado del contrato en una cifra inferior a 1.000.000€ según el artículo 177 del TRLCSP [9].

A continuación se ha hecho un estudio de posibles empresas especializadas en el sector de la construcción así como en seguridad y defensa podrían pasar a formar parte del proceso de negociado.

Serv Técnico	Concepto	Importe Tot	Adjudicatario Ppto	CIF
ACUARTELAMIENTO	BLANCOS DE TIRO	76,80€	LINATEX-WEIRH MINERALS	W8262248A
ACUARTELAMIENTO	OBRAS PASILLO DE FUEGO	73.226,60 €	ARISTA CONSTRUCCIÓN INTEGRAL, S.L	B35500636
ACUARTELAMIENTO	PLANCHAS DE GOMA BALÍSTICA	758,40€	TRADESEGUR	A-80015506

Tabla 8. Ofertas empresas

Todos los proveedores de nuestro proyecto quedarán bajo el contrato estipulado por la Jefatura de Intendencia de Asuntos Económicos de la Subinspección General del Ejército V con sede en Santa Cruz de Tenerife. En él se especificará claramente la duración del mismo, así como los plazos de reposición, garantías, sanciones en caso de incumplir las garantías y el lugar de resolución de los posibles conflictos legales, todo ello bajo el amparo de la Ley de Contratos del Sector Público.

De acuerdo con la normativa vigente, todos los proveedores del proyecto, estarán del mismo modo en plena disposición para garantizar el exacto cumplimiento de los requerimientos de calidad exigidos en todas las fases de dicho proyecto. Siendo los propios proveedores los encargados y responsables de que se lleve a cabo, aunque existan a su vez supervisores propios dentro del proyecto.

8. PLAN DE SEGURIDAD EN LOS TRABAJOS

Según el Real Decreto 1755/2007, de 28 de diciembre, de prevención de riesgos laborales del personal militar de las Fuerzas Armadas, el personal de las Fuerzas Armadas tiene derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo, lo que supone el correlativo deber del Ministerio de Defensa de actuar conforme a los principios recogidos en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en la forma dispuesta en este Real Decreto [10].

Es por ello que, en la búsqueda de reducir la siniestralidad en los trabajos, se ha elaborado un listado de riesgos más frecuentes, con la finalidad de conocerlos así como una serie de directrices técnicas [11] para poder evitar en la medida de lo posible la aparición de accidentes.

8.1 Riesgos más frecuentes

1. Accidentes por manejo de herramientas.
2. Accidentes en el manejo de maquinaria pesada.
3. Lesiones por manipulación de materiales abrasivos.
4. Incendio.

8.2 Directrices técnicas de seguridad

- a) El personal a pie se mantendrá a una distancia de 4 metros como mínimo de las máquinas cuando estén en funcionamiento.
- b) Los recorridos e itinerarios a recorrer por los vehículos y maquinaria serán previamente señalizados y acotados, quedando a un distancia mínima de 15 metros de otros tajos donde trabajen personal de a pie.
- c) La maquinaria irá provista tanto de dispositivos de señalización acústica como luminosa, con el fin de ser fácilmente localizable.
- d) En los trabajos donde se combinen varios vehículos y máquinas, el jefe de tajo coordinará el tráfico de éstos para evitar colisiones y accidentes.
- e) Los acopios de materiales nunca se dispondrán de tal forma que obstaculicen los lugares de paso.
- f) Todo el material se encontrará perfectamente recogido en su punto de almacenado, cuando no esté siendo utilizado. Para ello se designará previamente un lugar señalado para el almacén de materiales.
- g) El personal que utilice herramienta ligera de corte o percusión irá provista de elementos que le protejan las partes del cuerpo no cubiertas y en especial los oídos.
- h) El personal que manipule mezclas a base de cemento irá provisto de guantes y botas, así como de prendas que le protejan las partes del cuerpo no cubiertas.

- i) La uniformidad será el mono de trabajo con chambergo, ceñidor, botas de seguridad y chaleco de alta visibilidad.

8.3 Protección individual.

El personal que manipule sustancias corrosivas, equipos y herramientas de corte o percusión, para garantizar la máxima seguridad, deberá ir provisto del siguiente equipo:

- Casco de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Botas de protección.
- Mascarilla con filtro químico (para manipulación de líquidos inflamables y tóxicos).

8.4 Plan de Apoyo Sanitario.

En el caso en que durante el desarrollo de las obras se produzca un accidente, se trasladará lo antes posible al Hospital más cercano, en este caso el traslado se realizaría al Hospital San Roque situado en la calle Néstor de la Torre, 22, por ser éste el hospital más cercano al lugar de las obras. En caso de gravedad, se avisará a los servicios de urgencias (112) para que se encarguen de su evacuación y traslado. No obstante la propia unidad pondrá a disposición del proyecto una unidad de soporte vital básico para atender lo antes posible cualquier incidencia producida durante los trabajos.

En el **Anexo H: Ruta de evacuación**, se encuentra detallado el camino más corto que existe entre la zona de trabajos y el Hospital San Roque. Dicho documento se ha extraído de la base de datos actualizada de Google Maps [12].

9. ANÁLISIS DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL.

El campo de maniobras de la Isleta, situado en las Palmas de Gran Canaria, está situada en el noreste de Gran Canaria (Archipiélago Canario, España), unida al resto de la isla por el istmo de Guanarteme. Este espacio constituye una de las señas geográficas más peculiares de Las Palmas de Gran Canaria. En él se dan cita elementos naturales de notoria singularidad, como la alineación de conos volcánicos fruto de los distintos episodios eruptivos que conformaron la península. Además de los procesos eruptivos, se aprecian distintos niveles marinos y escarpados acantilados producto de la erosión, que brindan una morfología costera muy variada.

Su constitución geológica es enteramente volcánica y con grandes formaciones vegetales semidesérticas sobre lava basanítica [material 23]. Cabe destacar la existencia de varias especies en peligro de extinción que habitan en las cercanías de las instalaciones militares conocidas como Hemicycla saulcyi y Napaeus isletae, ambos pertenecientes a un tipo muy concreto de moluscos.

Una gran parte de la superficie de la península de La Isleta, 474 hectáreas, es zona militar, con el consiguiente acceso restringido y la ausencia de población estable, edificaciones, cultivos e industrias. Dentro de su perímetro alberga diversos acuartelamientos, campos de tiro y de maniobras, fortificaciones y baterías de artillería, además de acoger a la prisión militar de Canarias. El uso restringido de los parajes ocupados por los militares desde hace más de cincuenta años ha permitido conservarlos en su estado natural, sin apenas intervenciones, y a salvo de la expansión urbanística de la ciudad [13].

Para determinar las características del suelo, se ha procedido a un estudio de las propiedades geológicas del dominio de la Isleta consultando para ello la base de datos del Instituto Geológico y Minero de España obteniendo la cartografía geológica a escala 1:25000 y la pertinente memoria descriptiva. Analizando esta información y dada el marcado nacimiento volcánico de la Isleta se ha llegado a la conclusión de que existen tres posibles riesgos geotécnicos a tener en cuenta: el volcánico, de aguas continentales y el marino. Aunque de muy baja probabilidad, existen riesgos asociados a la actividad volcánica de la isla (24 erupciones en los últimos 11.000 años¹⁴). Por otro lado los riesgos asociados a las aguas continentales poseen una entidad relativa en zonas de acumulación de barrancos (consideración de drenajes en la zona) y el riesgo asociado a la erosión de las aguas marinas se da en mayor medida en las costas del norte (No afectan a la zona de estudio) [14].

Cabe destacar que la Secretaría de Estado de Defensa en colaboración con la Dirección General de Infraestructura pone a nuestra disposición un breve análisis de los campos de maniobra del Ejército de Tierra y en el cual se deduce que no existen inconvenientes por los cuales no se pueda construir en dicha región de la isla.

En el **Anexo I: Impacto ambiental**, se puede ver más concretamente dicho análisis así como todas las características geológicas, incluyendo tanto cartografía geológica así como los espacios naturales protegidos del campo de maniobras.

¹⁴ Estudio realizado por investigadores de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 2010.

10. CONCLUSIONES

10.1 Principales conclusiones del trabajo realizado

La complejidad de los conflictos armados actuales marca una línea de acción muy distinta a la que estábamos acostumbrados a ver. Lejos quedan los colosales conflictos donde grandes ejércitos combatían alejados de los núcleos de población y se debatían en largas campañas la conquista de unos pocos enclaves del terreno con el fin último de someter a la población adversaria.

Con el nacimiento de las nuevas tecnologías y el surgimiento de movimientos radicales insurgentes todo el panorama de los conflictos ha dado un giro totalmente distinto y nos ha descubierto un nuevo escenario incierto y desafiante. Es por ello que estos nuevos conflictos se desarrollan cada vez más en los propios centros urbanos de las ciudades más importantes de algunos países, encabezadas en su mayoría por la propia población extremista y con el objetivo último de derrocar al gobierno y establecer su propia ley.

Como consecuencia y con el objeto de poder combatir a los movimientos insurgentes que pretenden desestabilizar el orden interno y externo de las naciones se está fomentando actualmente el desarrollo de nuevas Tácticas, Técnicas y Procedimientos (TTP, s) así como el crecimiento de nuevas inversiones en material e infraestructuras para mejorar en última instancia un eficaz adiestramiento de las unidades en este tipo de ambientes.

El objetivo principal de este trabajo no deja de ser un intento de continuar en la línea del progreso y la innovación motivado siempre por la mejora de las capacidades de nuestras Fuerzas Armadas. Tras las razones mencionadas anteriormente he llegado a la **conclusión principal** de que existe la necesidad de invertir en este tipo de instalaciones que permiten una instrucción similar a un conflicto real así como prevenir posibles bajas en un futuro. Dada la nueva evolución de la doctrina en el ámbito del combate en zonas urbanizadas, España ha de hacer un esfuerzo (sobre todo económico) para la adaptación en la medida de lo posible de estos nuevos tipos de estructuras, siendo esenciales para la formación, de lo cual se puede concluir que una mayor inversión en Defensa significa un aumento de las capacidades de sus miembros, consiguiendo así, preservar nuestro intereses allá donde sea necesario.

Como **segunda conclusión**, este proyecto resulta una idea interesante ya que trata de abarcar dos ideas de instrucción militar completamente distintas pero relacionadas de algún modo. Por un lado el polígono ha de ser construido por las secciones de ingenieros con lo que complementará su instrucción en el ámbito de la especialidades, teniendo así el teniente jefe de la sección la oportunidad de instruirse también como jefe de obra. Del otro lado y una vez finalizadas las obras el complejo estará a la disposición de ser utilizado por las unidades para su adiestramiento específico, terminando de dar sentido así al título del proyecto: obras en apoyo a la instrucción y adiestramiento.

En cuanto al aprendizaje adquirido con este trabajo y a mi experiencia como alumno puedo concluir finalmente que existe una **tercera conclusión**. El proyecto en sí ha contribuido de una manera

especial en mi formación, ya que en él se reflejan los conocimientos adquiridos no solo en la Academia General Militar y en la Academia de Ingenieros del Ejército sino también en el Centro Universitario de la Defensa, y gracias a los cuales he podido comprobar de primera mano como todos los conceptos teóricos tienen aplicación real en la práctica. Con ello también se han sobrevenido dificultades en su gran mayoría técnicas con lo que he podido experimentar la complejidad de tener que encontrar toda la información necesaria en cada momento analizando las diversas fuentes para finalmente extraer de ellas los datos necesarios para elaborar un proyecto como este, teniendo siempre presente que todos los proyectos relacionados con el ámbito militar cuentan siempre con requerimientos diferentes a los que encontramos en el mundo civil.

Por último, el trabajo contenido en esta memoria pretende recoger por un lado un proyecto de diseño e implementación de una instalación militar y por otro lado demostrar la capacidad que como ingenieros estamos capacitados para diseñar, gestionar, distribuir y ejecutar una serie de tareas las cuales son de gran aplicación práctica y que sobre todo son exclusivas de nuestra especialidad fundamental.

10.2 Líneas futuras de trabajo

Como podemos observar este proyecto sólo contempla aspectos básicos de construcción sin tener en cuenta otros muchos, por ello existen múltiples opciones para la posterior mejora del proyecto.

Algunas líneas de acción contempladas para la mejora de las instalaciones son:

- Diseño e implementación de una pequeña red eléctrica de baja tensión, con la que podremos instalar tanto luces como sonido, para poder ambientar los ejercicios tácticos en ambiente nocturno.
- Diseño y construcción de una zona para el control de los ejercicios donde el jefe de sección/subgrupo táctico pueda tener a la vista y dar órdenes a todos sus subordinados.
- Diseño para la implementación de una zona de ejercicios multipropósito, donde los componentes puedan instruirse en escalada y rapel, similar a la que ya existe en el polígono de combate del Mando de Operaciones Especiales (Alicante).
- Diseño para la implementación de una zona de combate para operaciones subterráneas, similar a la existente en la base Álvarez de Sotomayor (Almería).

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] Ministerio de Defensa. (2015). *Inventario de recursos naturales en propiedad del Ministerio de Defensa*. Madrid. <http://www.defensa.gob.es/>
- [2] *Apuntes de Oficina de Proyectos* (Centro Universitario de la Defensa). (2014).
- [3] *Apuntes de Caminos* (Academia de Ingenieros del Ejército). (2015).
- [4] *NOP 0301/11 Guía de construcción de una COP/FOB*, (Batallón de Zapadores XV).
- [5] *Apuntes de Procedimientos Generales de la Construcción*, (Academia de Ingenieros del Ejército). (2015).
- [6] *Instrucción Técnica 5.2 IC Drenaje superficial* (Ministerio de Fomento). (2015). <http://www.fomento.gob.es/>
- [7] *Base de precios actualizada Oficina Técnica* (Batallón de Zapadores XV). (2015).
- [8] *Apuntes de Ingeniería de la Calidad* (Centro Universitario de la Defensa). (2012).
- [9] *Ley de contratos del sector público* (Texto refundido, 16 de diciembre). *Boletín Oficial del Estado, nº 276, 2011, 16 noviembre*.
- [10] *Real Decreto 1755/2007, de 28 de diciembre, de prevención de riesgos laborales del personal militar de las Fuerzas Armadas*
- [11] *Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción* (Real decreto 1627/1997, 25 de octubre). *Boletín Oficial del Estado, nº 256, 1997, 25 octubre*.
- [12] Google Maps, (2016). Recuperado 2 enero 2016, a partir de <https://www.google.es/maps>
- [13] *Plan General de Ordenación del Ayuntamiento de las Palmas de Gran Canaria* (2015).
- [14] Igme.es, (2015). *Instituto Geológico y Minero de España*. Recuperado 15 diciembre 2015, a partir de <http://www.igme.es/>

LISTA DE FIGURAS



Figura 1. PCZU San Gregorio



Figura 2. PCZU Los Aljares



Figura 3. PCZU Viator



Figura 4. Mojave Desert Combat Town



Figura 5. K.Austin Koth, Rota



Figura 6. Training Centre, Virginia

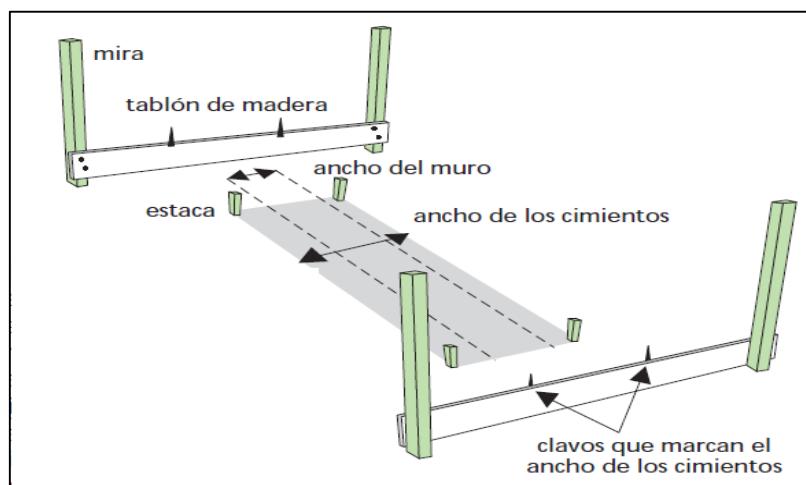


Figura 7.Replanteo

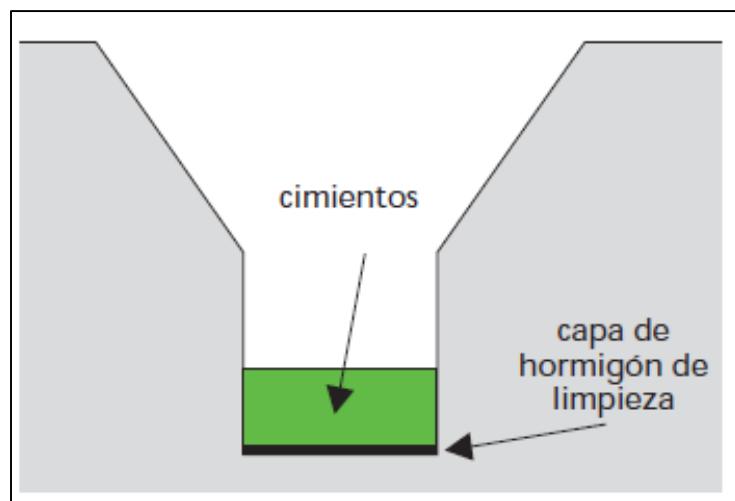


Figura 8.Cimientos

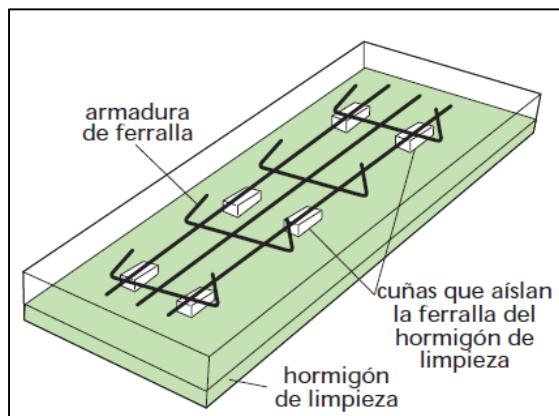


Figura 9. Armadura de ferralla

Dosificación para 1 m ³ de hormigón	Armadura de ferralla	Cemento 350 Kg	Arena seca	Grava	Agua
Proporciones por saco de cemento		1 saco	6 espuelas colmadas	9 espuelas colmadas	45 l. aprox.

Figura 10. Dosificación hormigón

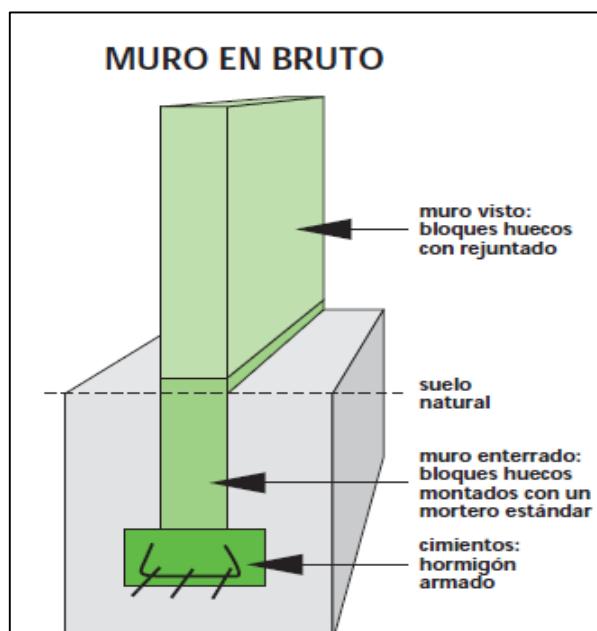


Figura 11. Muro en bruto

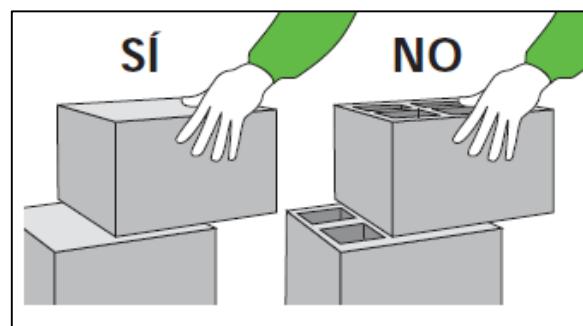


Figura 12. Colocación correcta bloques

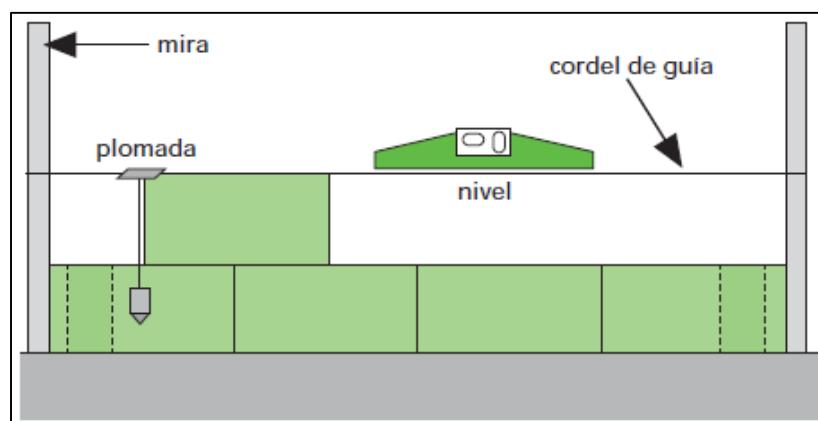


Figura 13. Muro alineado

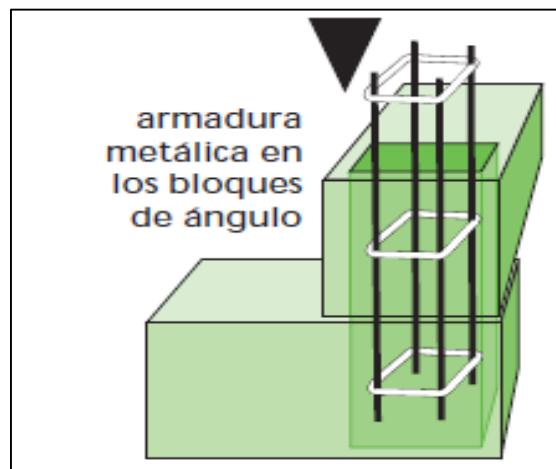


Figura 14. Colocación armaduras verticales

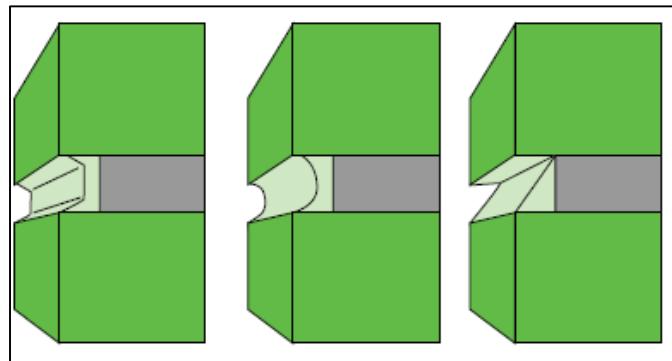


Figura 15. Terminación juntas

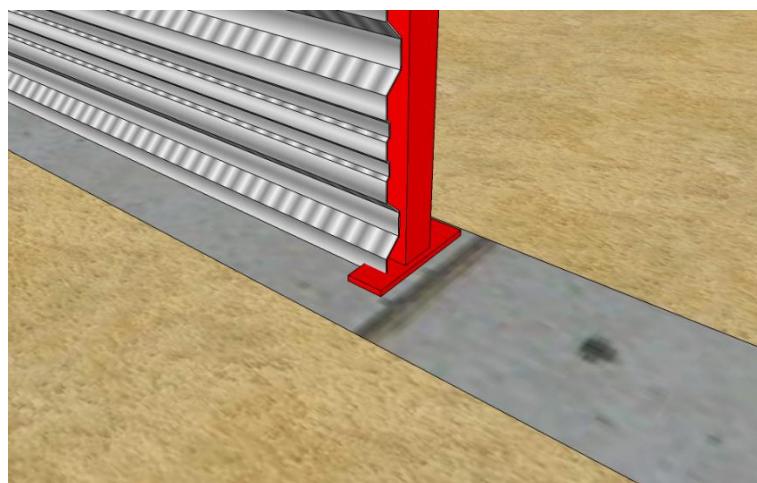


Figura 16. Detalle fijación panel corrugado

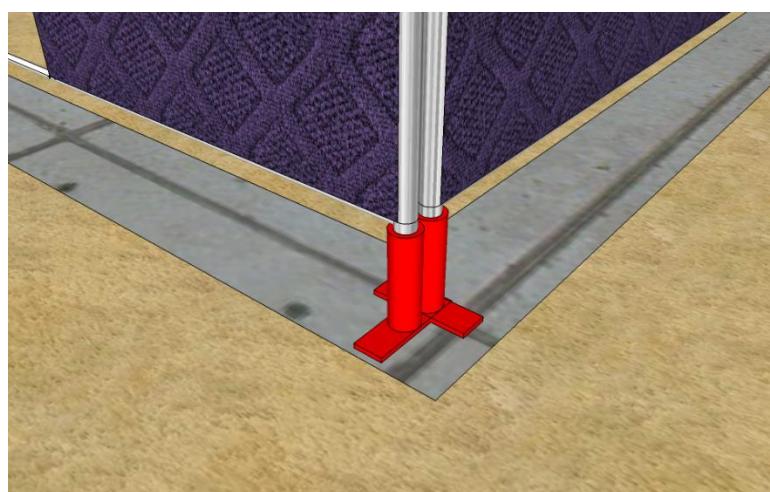


Figura 17. Detalle fijación valla electro soldada



Figura 18. Detalle valla electro soldada



Figura 19. Detalle panel corrugado

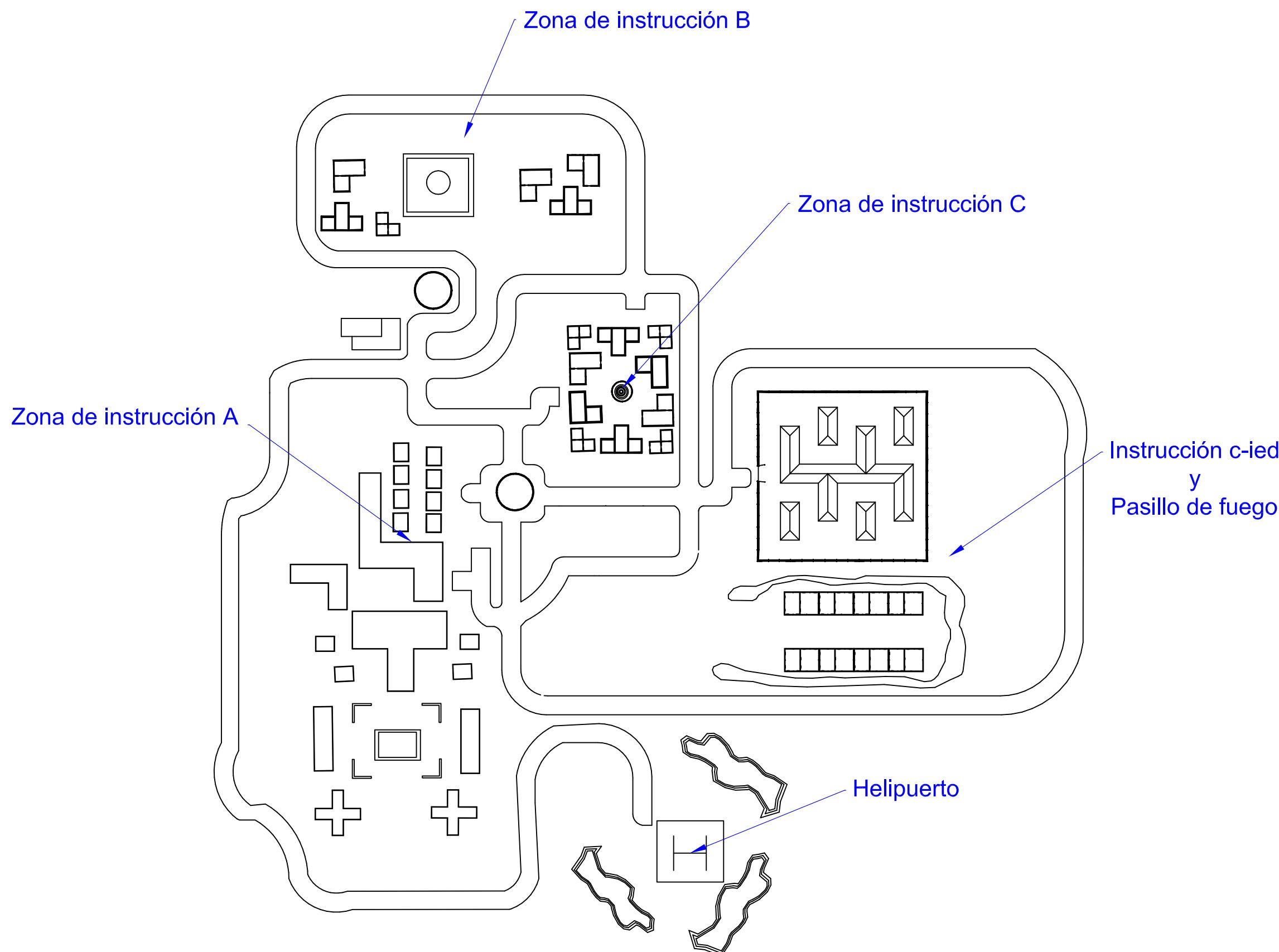
ANEXOS

Anexo A: Project Charter

PROJECT CHARTER		Centro Universitario de la Defensa Zaragoza					
Título: "Obras en apoyo a la instrucción y adiestramiento.Diseño y desarrollo de un polígono de combate en zonas urbanizadas"				Fecha: 04-12-2015			
Jefe de Proyecto: Álvaro Boixareu Bartolomé				Localización: BZAP XV (Gran Canaria)			
Recursos: 1 sección ingenieros, 1 equipo de máquinas , 1 equipo topográfico y 1 equipo de diseño de obra formado por 3 soldados con titulación de ingeniero civil o similar.							
Equipo de proyecto: Álvaro Boixareu Bartolomé(jefe de proyecto), 1 suboficial (jefe auxiliar) y equipo de diseño de obra formado por personal de tropa (3 PAX).							
Interesados: Ministerio de Defensa, Unidades mecanizadas y ligeras de las Fuerzas Armadas, empresas civiles de construcción.							
Descripción general del proyecto: Diseño y desarrollo de un polígono de combate en zonas urbanizadas para la instrucción de unidades en combate asimétrico.							
Business case: Dado el actual panorama de conflictos en el que se ven envueltas nuestras Fuerzas Armadas y ante los grandes cambios de la guerra moderna, las confrontaciones en zonas de población han crecido exponencialmente. Es por esto que las unidades deben instruirse para adaptarse a esta nueva situación, lo cual implica una inversión para adecuar las bases y acuartelamientos con las instalaciones necesarias para optimizar la instrucción y adiestramiento de la fuerza.							
Objetivos y requisitos del proyecto: El objetivo del proyecto es el diseño, desarrollo e implementación de un nuevo polígono de combate en zonas urbanizadas , con el objeto de satisfacer el plan de instrucción referente al combate asimétrico. La ejecución e implementación de la obra constará en varias fases; La fase primera consistente en la construcción de explanadas unidas entre ellas por caminos y rotundas así la preparacion del drenaje ; Y la fase segunda consistente en el levantamiento de las zonas de viviendas simuladas con carácter permanente y semipermanente. Los materiales se deben comprar con antelación al desarrollo de las obras.							
Entregables e hitos:		Fecha inicio	Fecha fin	Fecha inicio	Fecha fin		
Proyecto: Polígono de combate en zonas urbanizadas.				M5	Reconocimiento del lugar de las obras.		
M1	Solicitud del jefe de unidad militar.	04/12/2015	25/12/2015	M6	Comienzo Fase I de las obras.		
M2	Pliego de prescripciones técnicas.	28/12/2015	20/01/2016	M7	Comienzo Fase II de las obras.		
M3	Desarrollo del proyecto de obra.	21/01/2016	10/03/2016	M8	Finalización de la obra y validación técnica.		
M4	Firma del jefe de unidad militar.	03/03/2016	10/03/2016	M9	Entrega de la obra.		
Riesgos de alto nivel: Dada la complejidad del desarrollo del proyecto y tras un análisis de los posibles riesgos de alto nivel, concluyo que, la suministración del material necesario es clave para la correcta finalización de las obras; Del mismo modo la asignación de un presupuesto demasiado ajustado o demasiado holgado pueden acarrear dilataciones en la entrega de la obra e incluso, la no entrega de la misma por falta de fondos económicos. Por último la calidad final de la obra ha de ser la adecuada para la ejecución de los ejercicios por lo que la seguridad estructural ha de ser máxima.							
Aprobación y firma:				Fecha: 01-01-206			

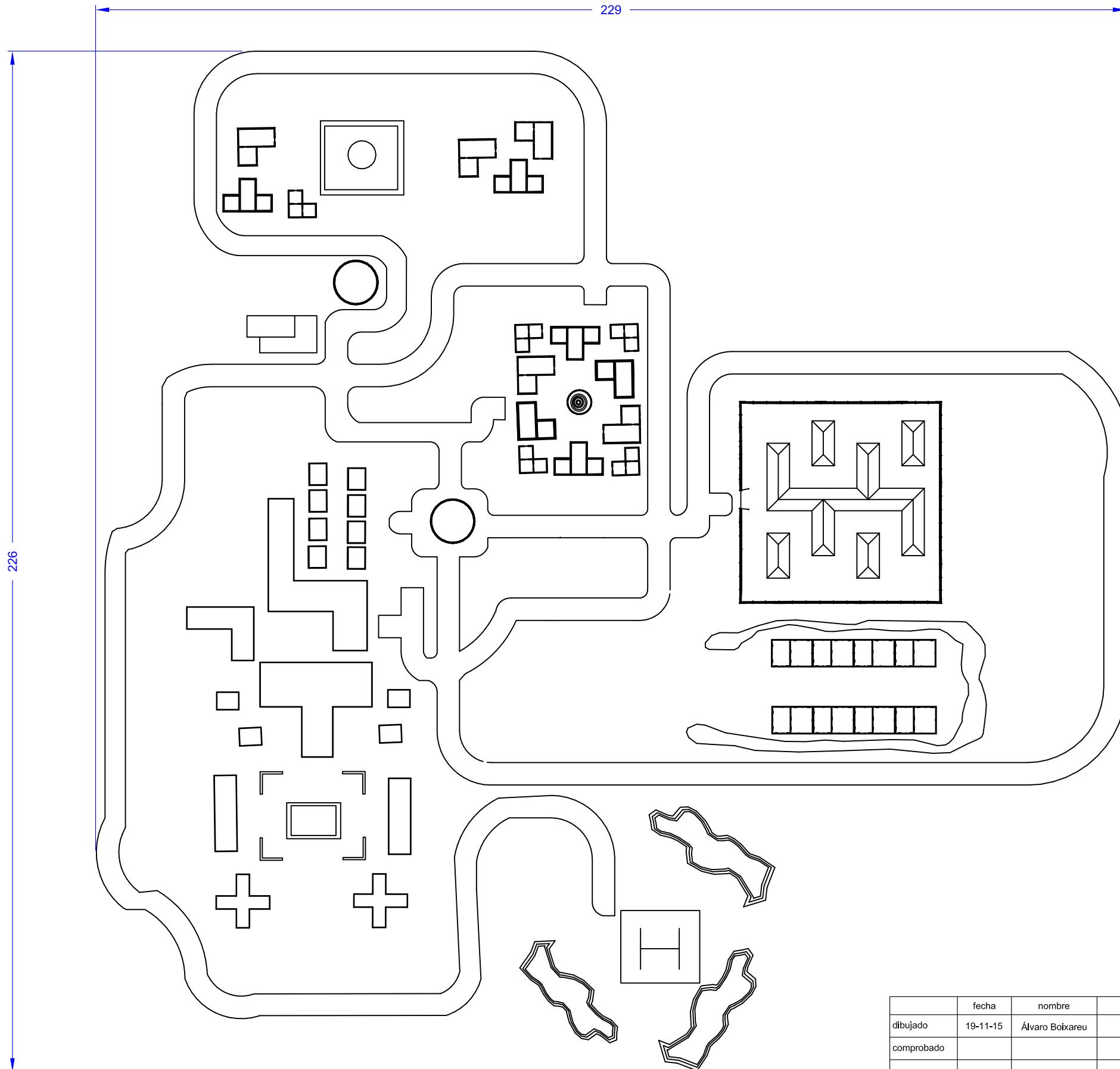


Anexo B: Planos

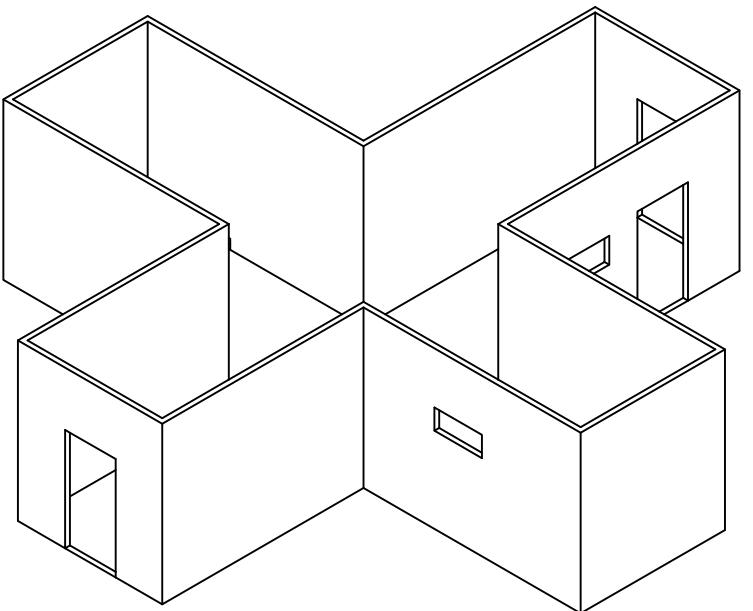
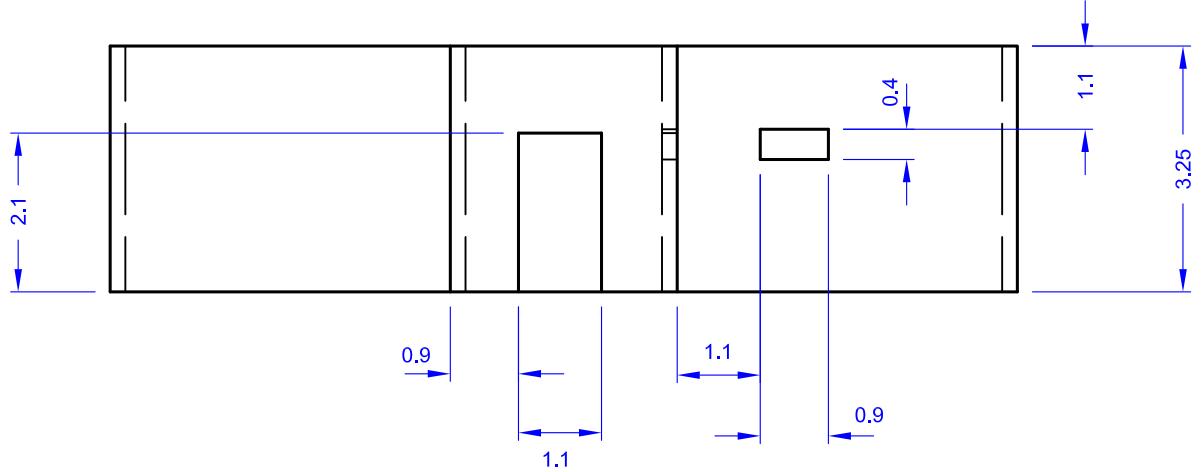
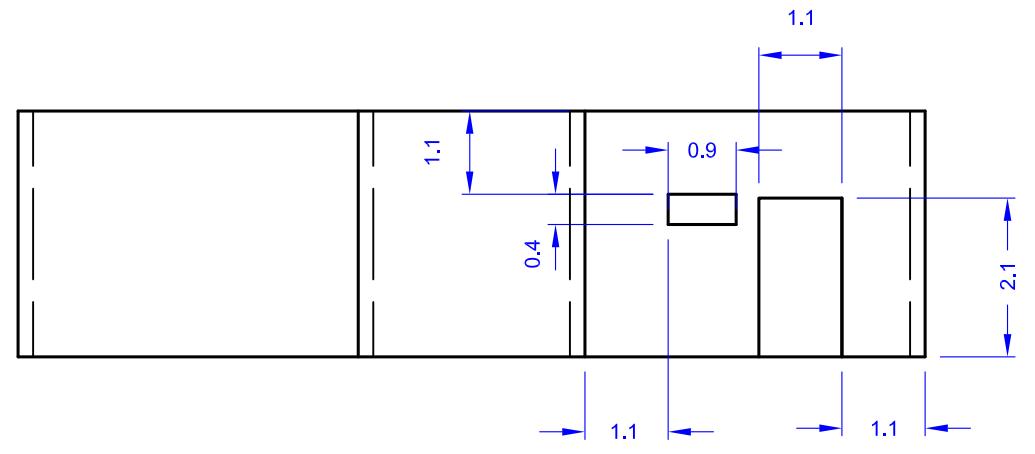


dibujado	fecha	nombre	firma	obra:	cliente:
comprobado					
normas					
escala:					
sin escala				Polígono de combate en zonas urbanas	Trabajo Fin de Grado
					plano: 1 de 8
					archivo:
					sustituye a:
					sustituido por:

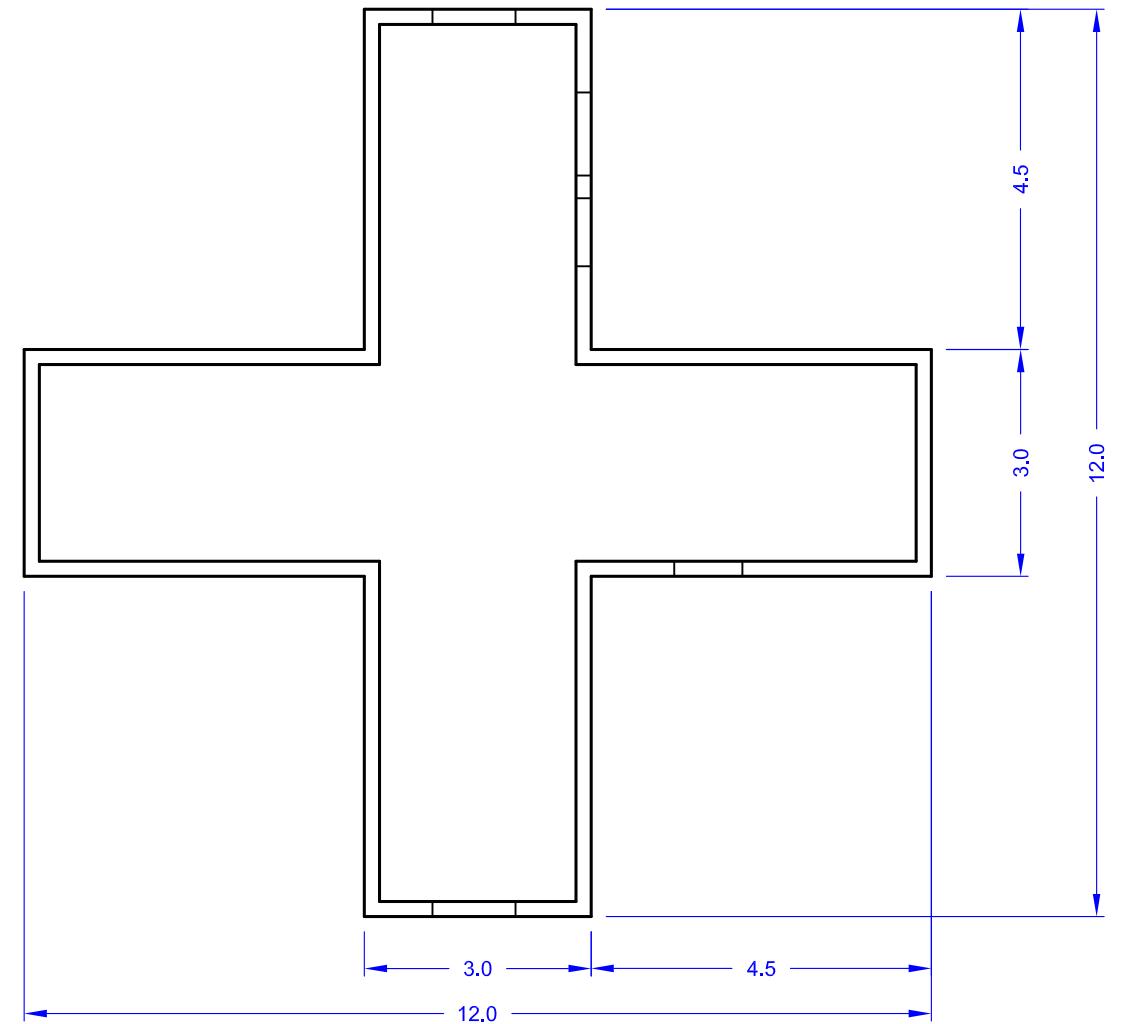
Plano distribución general de zonas



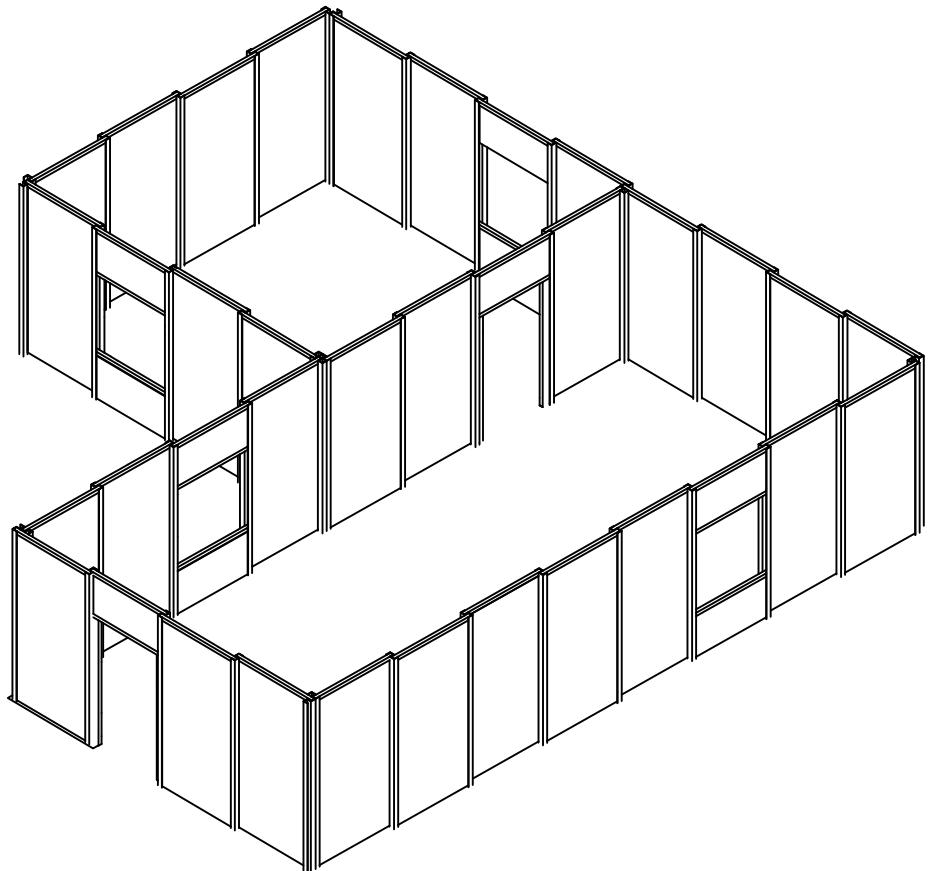
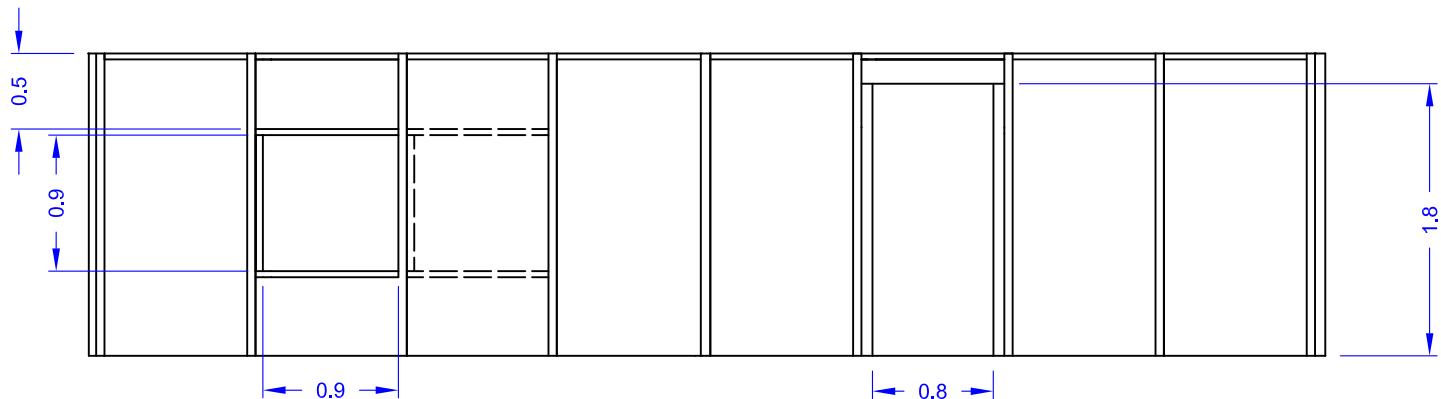
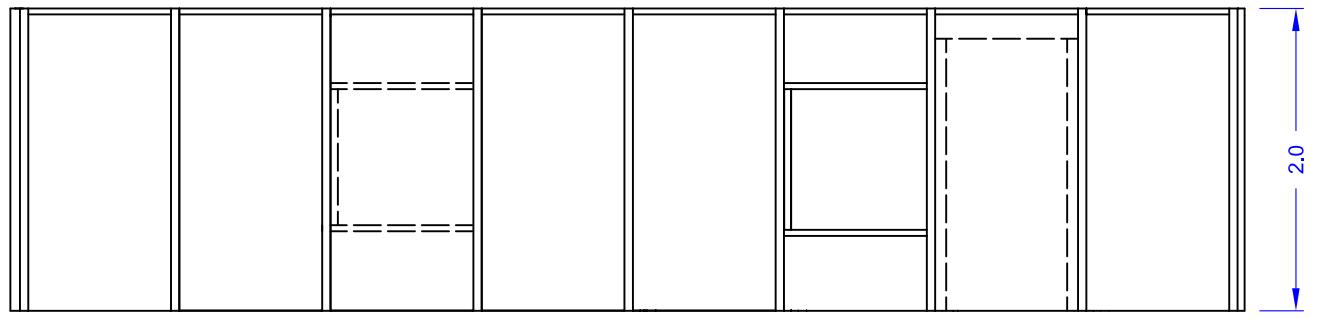
dibujado	fecha	nombre	firma	obra:	cliente:
comprobado				Polígono de combate en zonas urbanas	Trabajo Fin de Grado
normas					
escala:					
1:1000	Planta general acotada				plano: 2 de 8
					archivo:
					sustituye a:
					sustituido por:



Vista sin escala



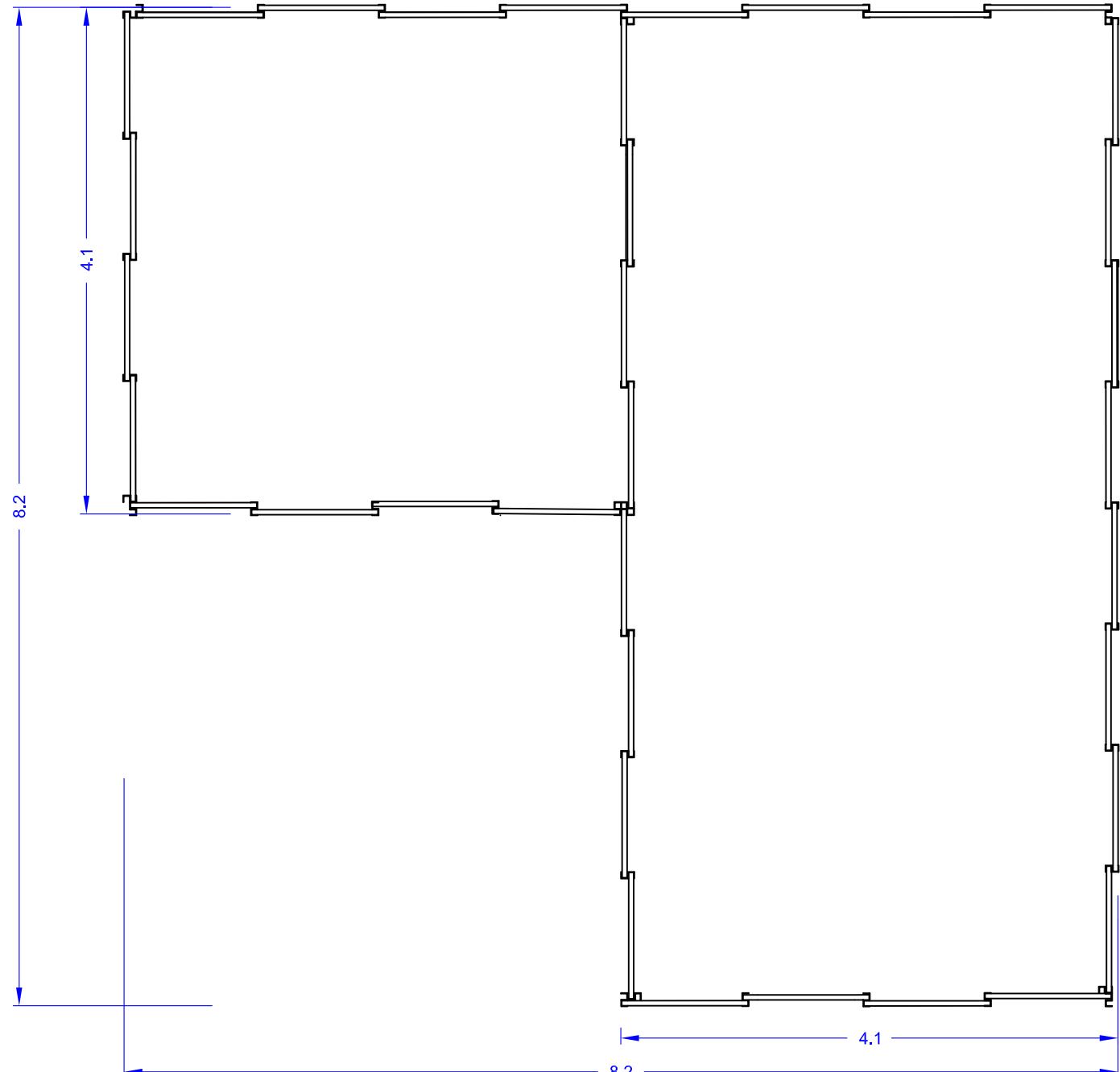
	fecha	nombre	firma	obra:	cliente:
dibujado	19-11-15	Álvaro Boixareu		Polígono de combate en zonas urbanas	Trabajo Fin de Grado
comprobado					
normas					
escala:					
1:100	Plano casa tipo con bloques de Hormigón				plano: 3 de 8
					archivo:
					sustituye a:
					sustituido por:



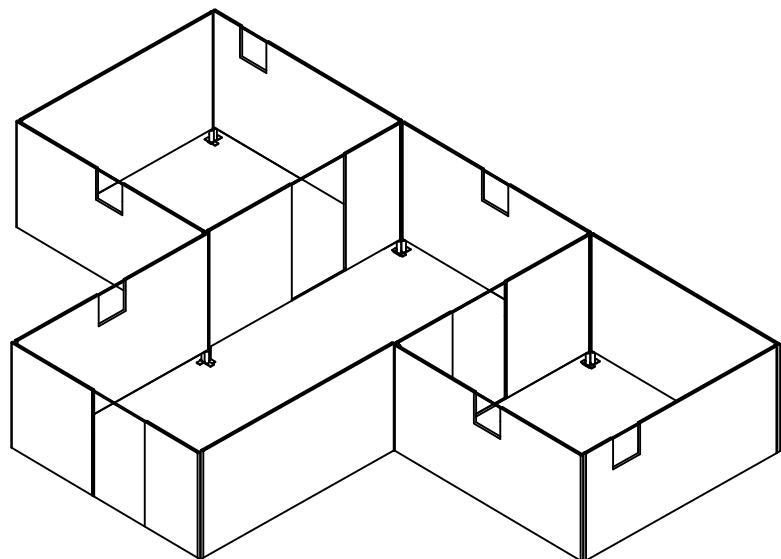
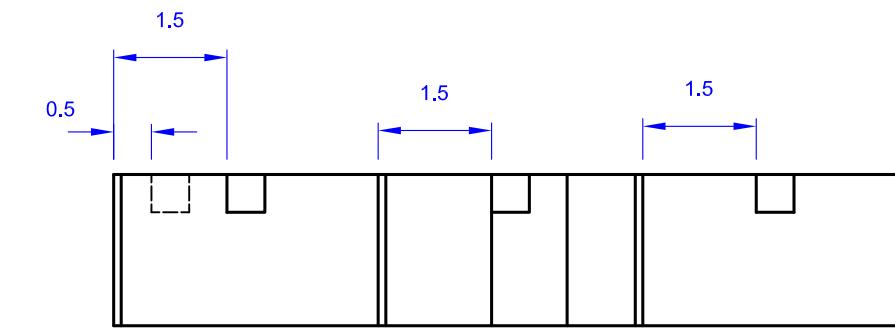
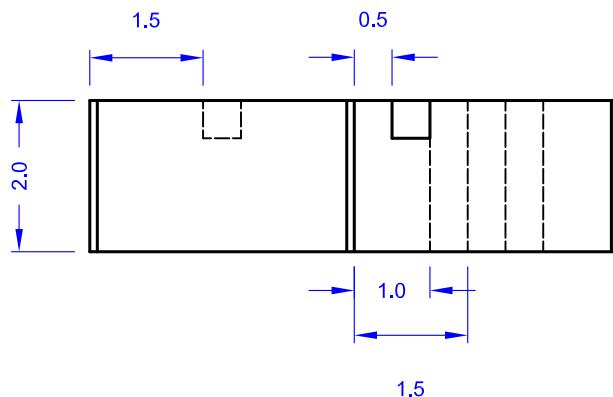
Vista sin escala

Dimensiones de los paneles metálicos: $2.0 \times 1.05 \times 0.042$ (alto x diam. x esp.)

Nota: Todas las unidades en metros.



dibujado	fecha	nombre	firma	obra:	cliente:
	19-11-15	Álvaro Boixareu		Polígono de combate en zonas urbanas	Trabajo Fin de Grado
comprobado					
normas					
escala:					
1:50				Plano casa tipo con paneles metálicos	plano: 4 de 8
					archivo:
					sustituye a:
					sustituido por:



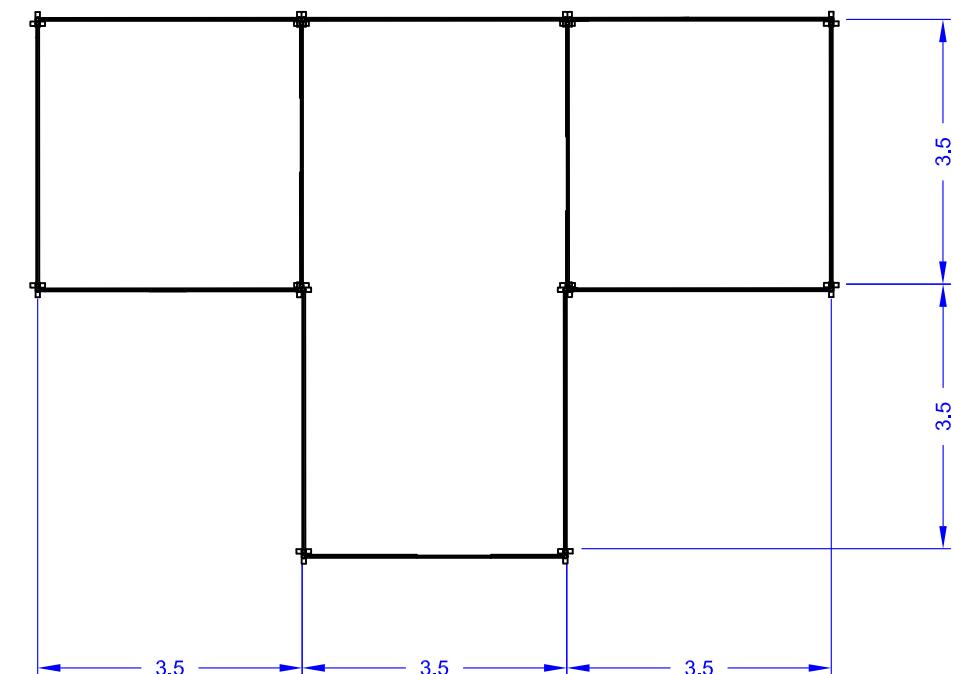
Vista sin escala

Dimensiones de las puertas: 2.0×1.0 (alto x ancho)

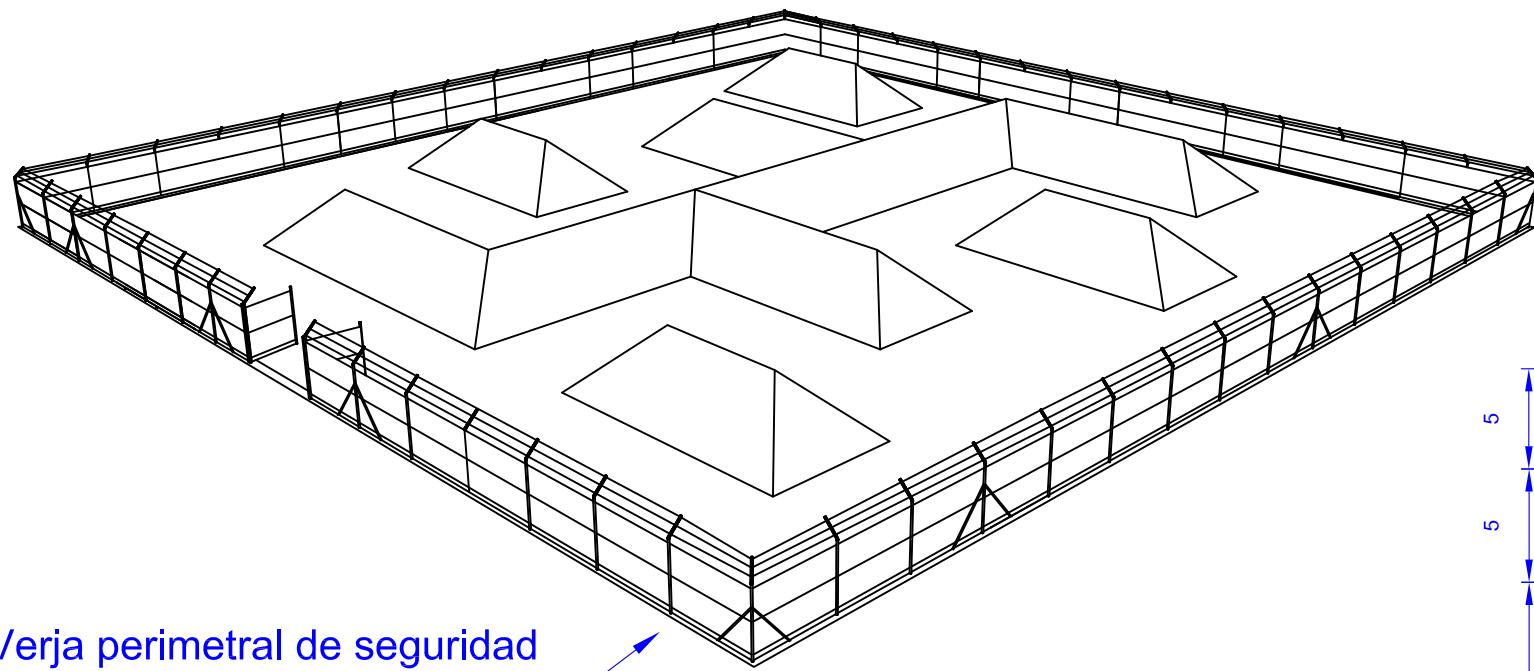
Dimensiones de las ventanas: 0.5×0.5 (alto x ancho)

Dimensiones del tubo de acero hueco: $2.0 \times 0.1 \times 0.02$ (alto x diam. x esp.)

Nota: Todas las unidades en metros.

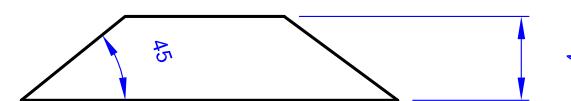
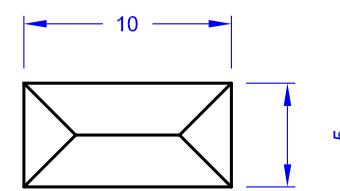
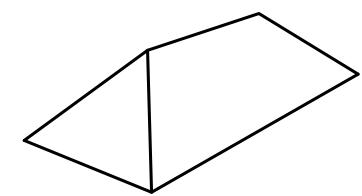


	fecha	nombre	firma	obra:	cliente:	
dibujado	19-11-15	Álvaro Boixareu		Polígono de combate en zonas urbanas	Trabajo Fin de Grado	
comprobado						
normas						
escala:	1:100		Plano casa tipo valla metálica		plano: 5 de 8	
					archivo:	
					sustituye a:	
					sustituido por:	

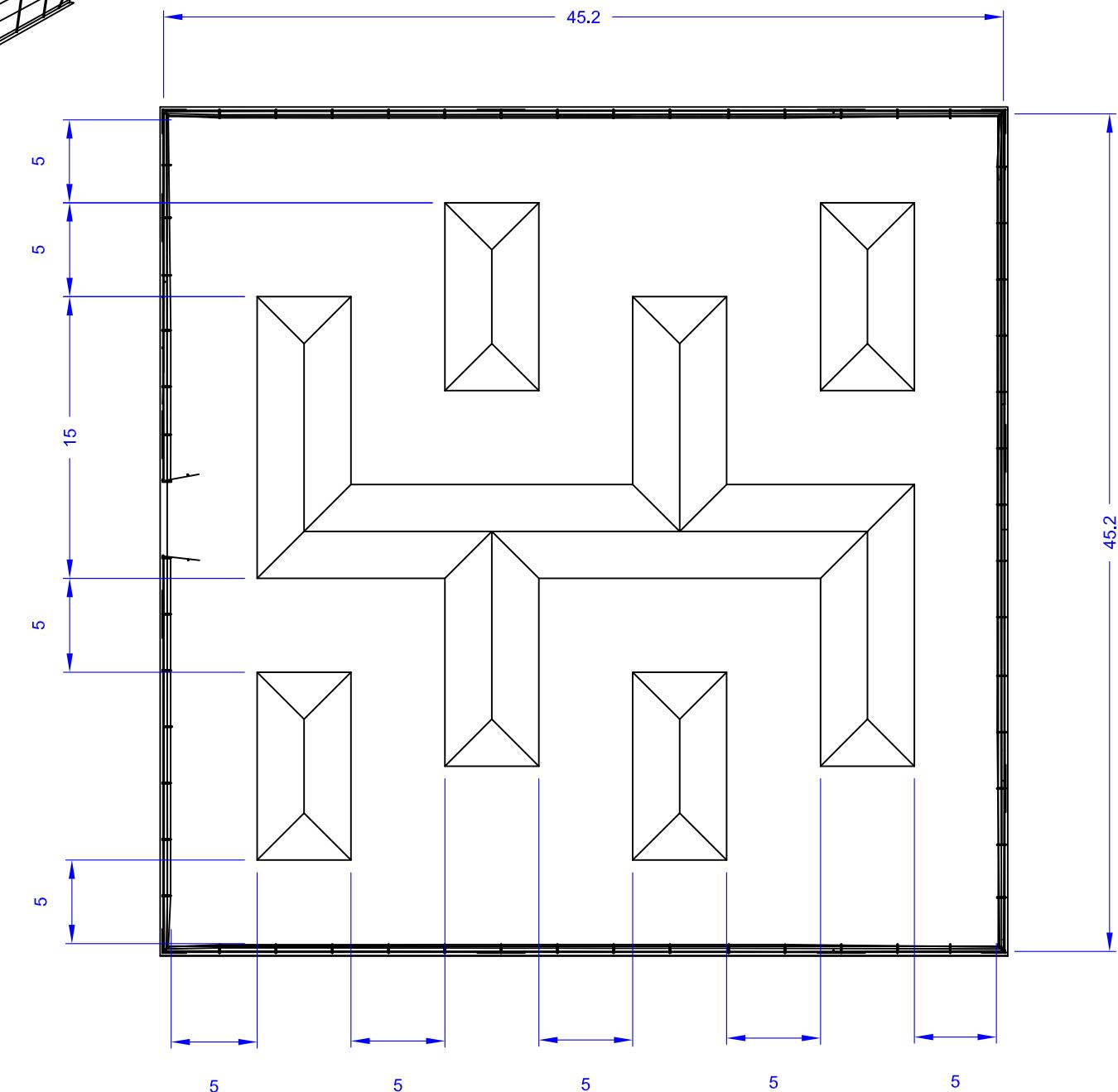


Verja perimetral de seguridad
2.2 metros de altura

Detalle del merlón (sin escala)

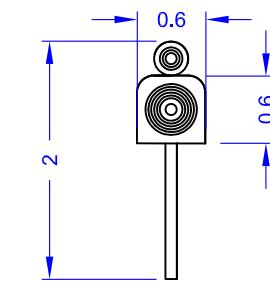
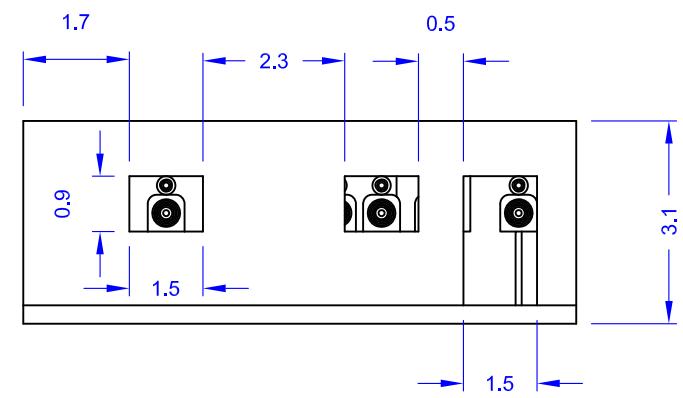
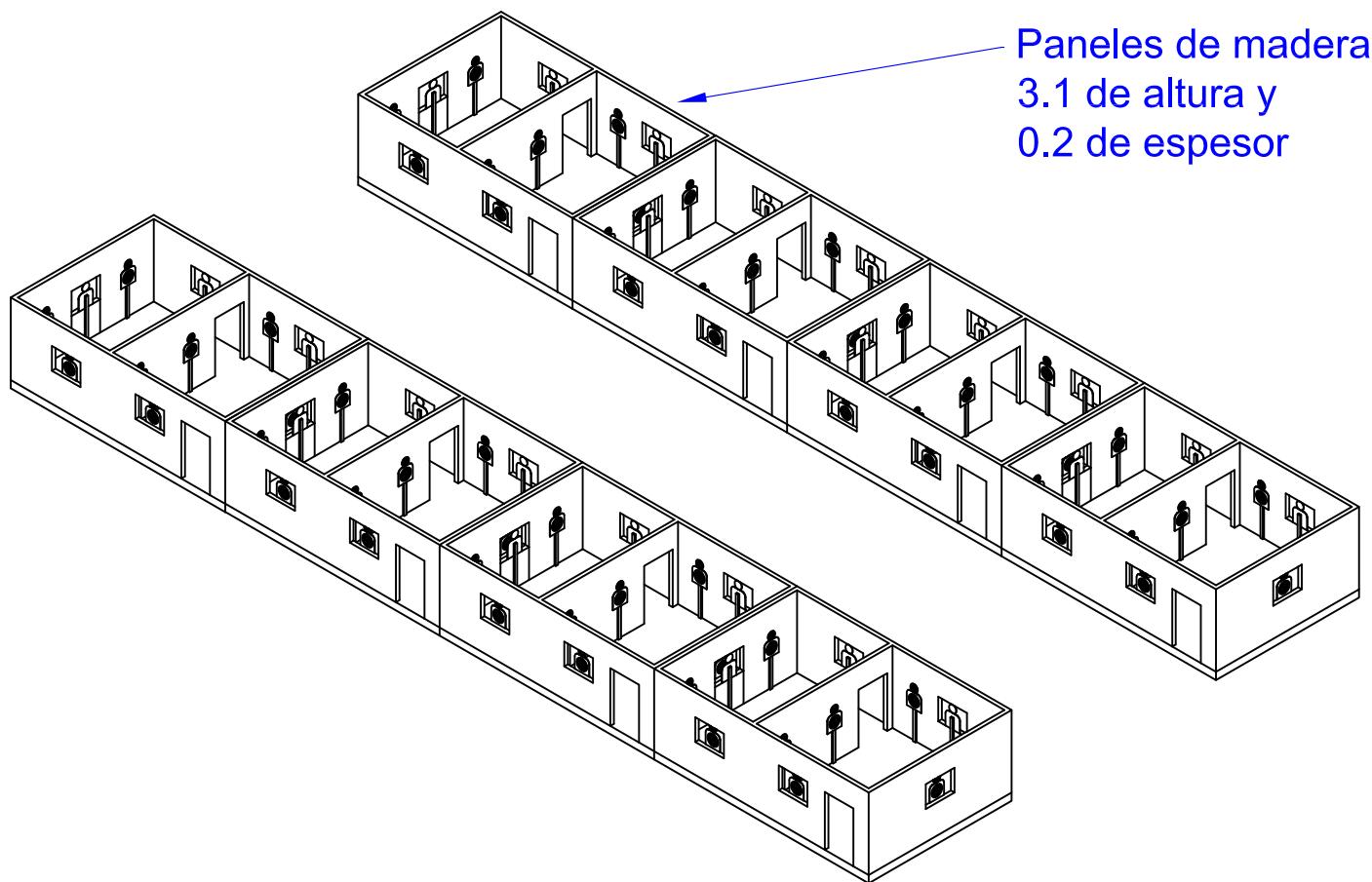


Nota: Todas las unidades en metros.

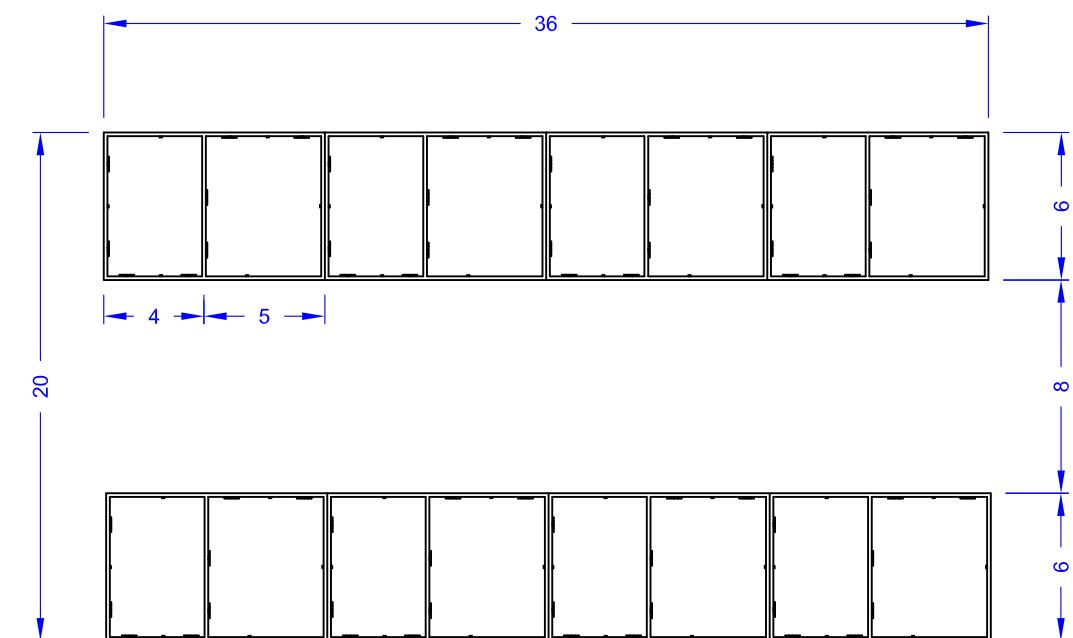


dibujado	fecha	nombre	firma	obra:	cliente:
comprobado					
normas					
escala:					
sin escala				Polígono de combate en zonas urbanas	Trabajo Fin de Grado
					plano: 6 de 8
					archivo:
					sustituye a:
					sustituido por:

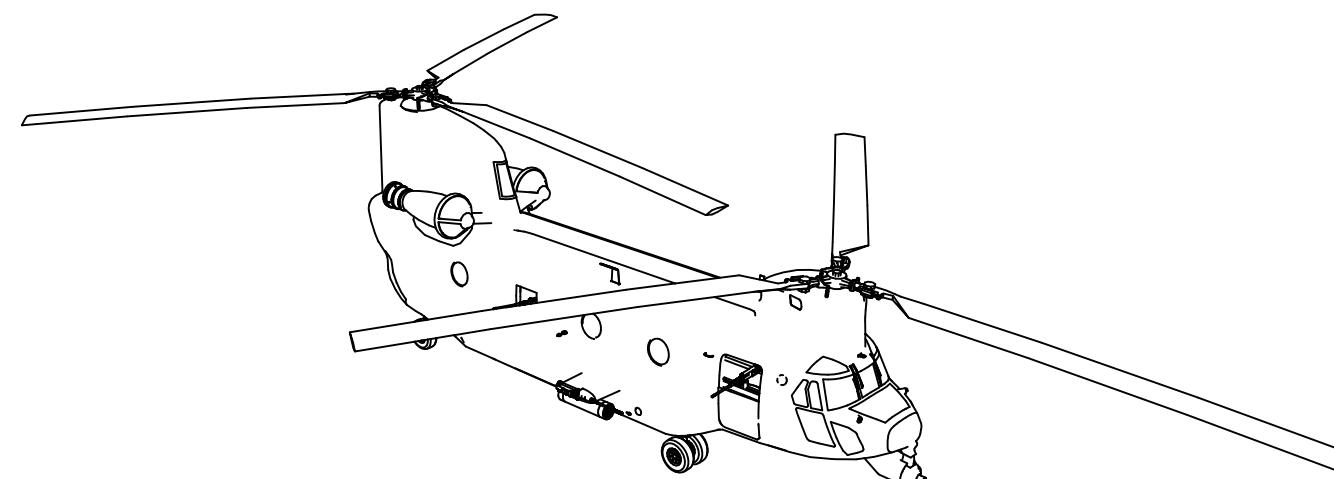
Plano descriptivo de pista de
instrucción c-ied



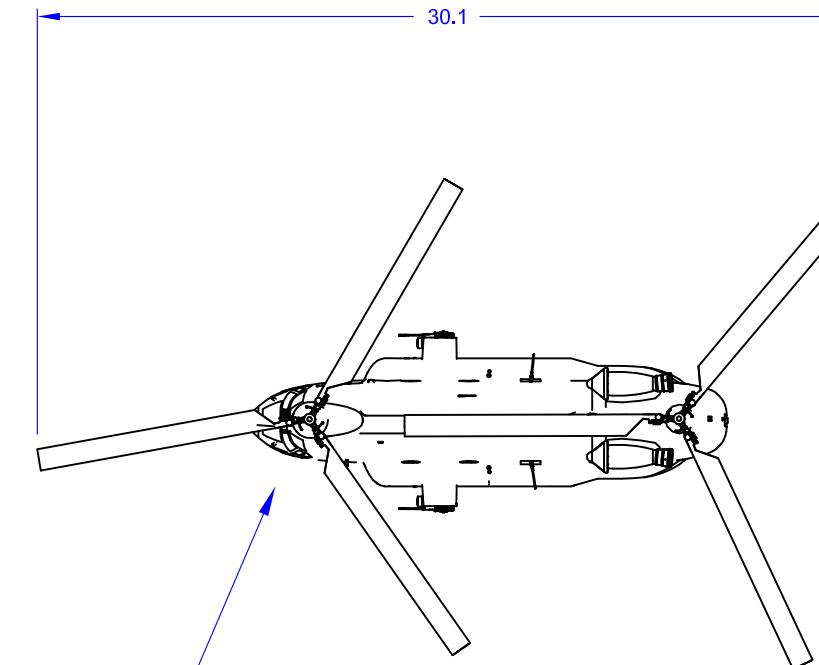
Nota: Todas las unidades en metros.



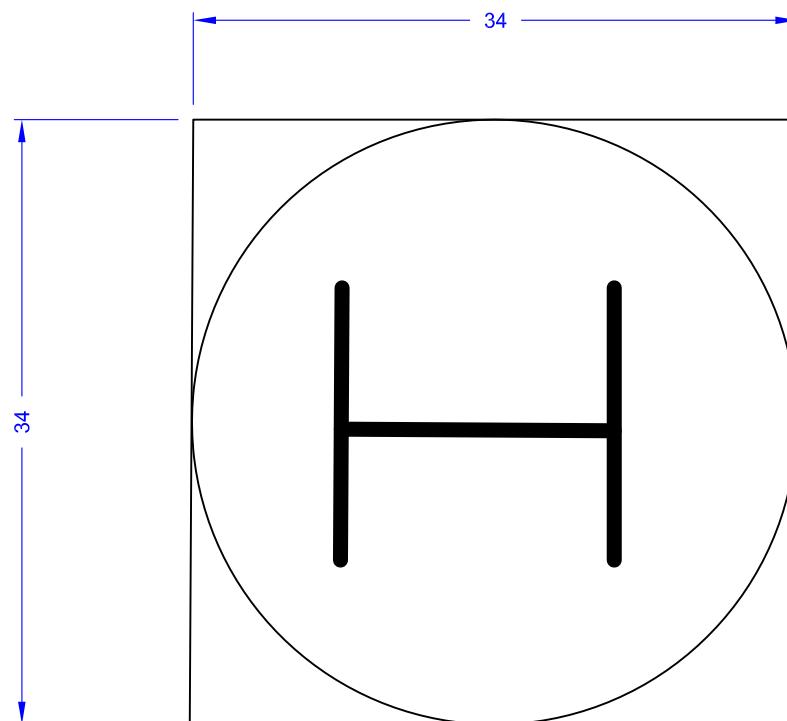
dibujado	fecha	nombre	firma	obra:	cliente:
comprobado	19-11-15	Álvaro Boixareu		Polígono de combate en zonas urbanas	Trabajo Fin de Grado
normas					
escala:					
sin escala				Plano descriptivo de pasillo de fuego	plano: 7 de 8
					archivo:
					sustituye a:
					sustituido por:



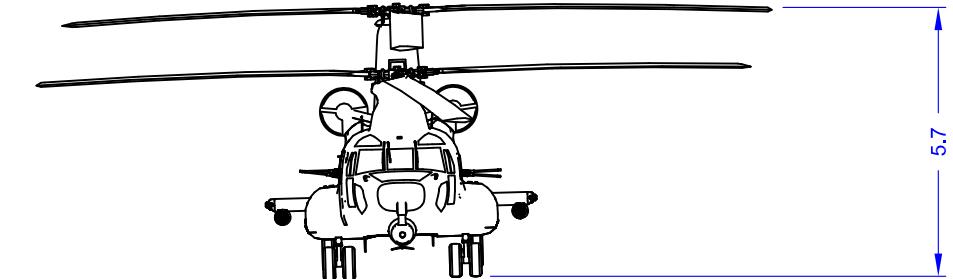
CH-47D CHINOOK



Área circular 260 m²



Losa de hormigón H-150 de 0.2 de espesor



Peso máximo 22 Tn

Nota: Todas las unidades en metros.

dibujado	19-11-15	nombre	firma	obra:	cliente:
comprobado				Polígono de combate en zonas urbanas	Trabajo Fin de Grado
normas					
escala:	Plano descriptivo de helipuerto y helicóptero de transporte				
sin escala					
plano: 8 de 8					
archivo:					
sustituye a:					
sustituido por:					

Anexo C: Cálculo de drenaje

La realización de todos los cálculos necesarios mostrados a continuación para evacuar las aguas de la explanada del polígono de combate se han realizado conforme a la instrucción 5.2.-IC de Drenaje Superficial publicada por el Ministerio de Fomento [6].

Antes de comenzar, se ha de establecer el resguardo mínimo que debe haber entre el máximo nivel de la lámina de agua y la superficie de la plataforma. Para su obtención se ha consultado la tabla 1-1 de la instrucción de carreteras "Resguardo mínimo".

Tipo de elemento	IMD afectada		
	Alta 2.000	Media	Baja 250
Drenaje superficial de la plataforma	0		(*)
Obras de drenaje transversal	0,5	0	

(*) En el caso de baja intensidad de circulación podrán admitirse láminas de agua de hasta 0,30 m por encima del firme, valorando la interrupción de la circulación por esta causa.

Tabla 9. Resguardos mínimos 5.2-IC

Dado que el IMD (Intensidad media diaria) de la explanada del polígono será solo para personas y vehículos, es decir inferior a 250, se podrá admitir una lámina de agua de hasta 0,30 m por encima de la explanada. Tenido este dato en consideración se ha elegido un resguardo mínimo de **0,15 m**.

También se ha de seleccionar el periodo de retorno del caudal ha drenar, es decir, el riesgo de que el caudal sea excedido en algún momento durante un cierto intervalo de tiempo (probabilidad de aparición). Estos periodos vienen dados por la tabla 1-2 "Mínimos períodos de retorno"

Tipo de elemento de drenaje	IMD en la vía afectada (*)		
	Alta 2.000	Media	Baja 500
Pasos inferiores con dificultades para desaguar por gravedad	50	25	(**)
Elementos del drenaje superficial de la plataforma y márgenes	25	10	
Obras de drenaje transversal	100		(***)

Tabla 10. Mínimos períodos de retorno 5.2-IC

Teniendo en cuenta el IMD, se considera un periodo de retorno de **10 años** para el drenaje superficial y de **100 años** para el drenaje transversal.

Drenaje superficial:

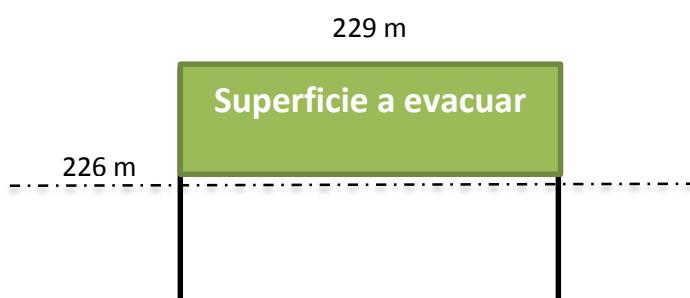
El drenaje superficial se resolverá mediante cunetas triangulares situadas en la parte norte y este de la explanada procurando una pendiente longitudinal del 3% y teniendo en cuenta que la velocidad del agua no cause daños por erosión ni por aterramiento (resguardo mínimo).

Mediciones necesarias para el cálculo de la obra de drenaje superficial:

- **Área de la cuenca de aportación (A) :**

Según la instrucción 5.2 se ha de considerar a efectos de cálculo la mitad de la explanada para que vierta en una cuneta lateral.

$$A = (226/2m) * 229m = 0,0258 \text{ km}^2$$



- **Longitud máxima de la red fluvial de la cuenca (L) :**

Para este caso de toma el dato del lado mayor de la explanada.

$$L = 229 \text{ m} = 0,229 \text{ km}$$

- **Pendiente media de la cuenca:**

Tomado los datos topográficos del terreno se obtiene que la diferencia de cotas es la siguiente.¹⁵



¹⁵ Datos obtenidos de la página: www.topographic-map.com



Cota mínima

Diferencia de nivel= cota máxima – cota mínima= 115 m – 108 m = **7 m**

- **Pendiente media de la cuenca (m/m):**

$$J = \text{diferencia de nivel} / L = 7 \text{ m} / 229 \text{ m} = \mathbf{0,03}$$

- **Tiempo de concentración de la cuenca (J):**

Tiempo que tardan las precipitaciones en depositarse en la cuenca.

$$t_c = 0,3 \left(\frac{L}{\sqrt[4]{J}} \right)^{0,76} \longrightarrow \boxed{\mathbf{Tc= 0,19 \text{ horas}}}$$

- **Precipitación diaria máxima (Pd):**

En el caso de drenajes superficiales, con baja IMD se utiliza un periodo de retorno de 10 años, según se establece en la Instrucción de Carreteras 5.2.¹⁶

PERIODOS DE RETORNO (años)	2	5	10	25	50	100	500	1.000
PRECIPITACIÓN 24 HORAS (mm.)	28,7	59,15	79,36	104,89	123,83	142,63	186,08	204,76

Tabla 11. Precipitaciones diarias máximas en 10 años

Para un periodo de retorno de 10 años:

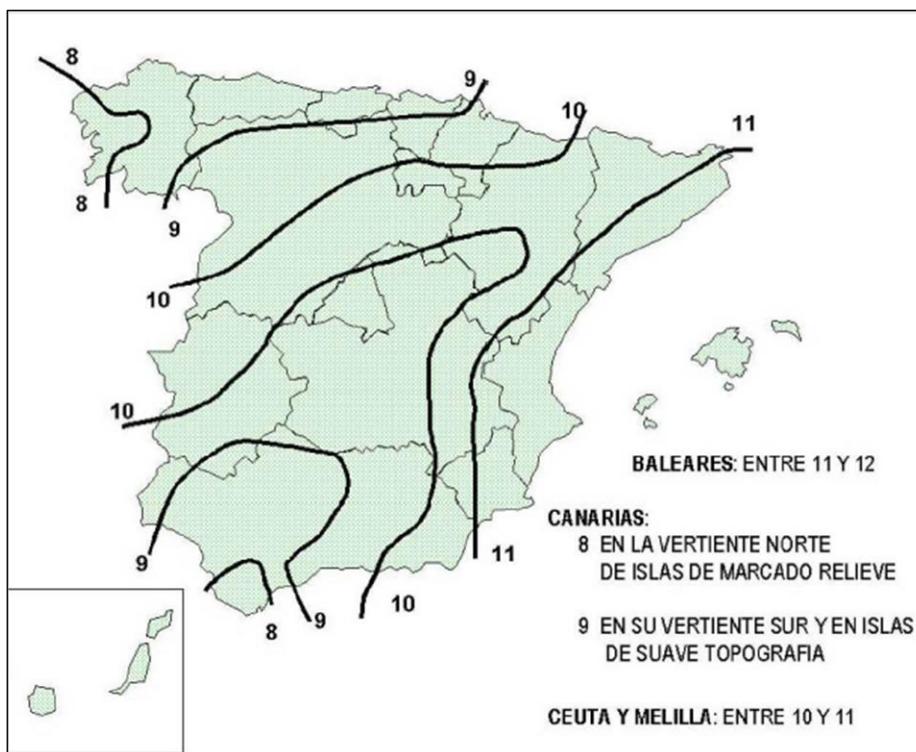
$$\mathbf{Pd= 79,36 \text{ mm}}$$

- **Intensidad para el tiempo de concentración calculado (Id):**

$$Id= Pd / 24 \text{ horas} = \mathbf{3,306 \text{ mm / hora}}$$

¹⁶ Datos obtenidos de un anteproyecto de concesión de obra pública del acondicionamiento medioambiental del Cabildo de Gran Canaria.

Teniendo en cuenta el mapa de isolíneas (tabla 2.2 IC. 5.2) que afecta a la zona de estudio, obtenemos de él la relación (I₁/I_d).



Para la vertiente norte de las Islas se toma como factor I₁/I_d = 8

Una vez obtenido el factor I₁/I_d y calculado el valor de I_d y T_c, se obtiene la intensidad del aguacero de una hora aplicando la siguiente fórmula (I):

$$I = I_d \cdot \left[\frac{I_1}{I_d} \right] \left[\frac{2^{8^{0.1}} - T_c^{0.1}}{2^{8^{0.1}} - 1} \right] \rightarrow I = 59,128 \text{ mm/hora}$$

- **Coeficiente de escorrentía:**

El coeficiente de escorrentía es el porcentaje total de las precipitaciones que de media circula como flujo superficial por el terreno. Este dato se obtiene en función de la naturaleza del terreno, del tipo de terreno y de su pendiente media.

Según la clasificación de la Instrucción de Carreteras y del análisis geológico que aparece en el **Anexo I**, este terreno posee un drenaje muy pobre por ser un litosuelo, es decir un suelo poco evolucionado a partir de roca (lavas). Dichas lavas están clasificadas como rocas impermeables (el carácter basáltico de las lavas posee impermeabilidad).

CLASIFICACIÓN DE SUELOS A EFECTOS DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA				
Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa- arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta (Litosuelo) u horizontes de arcilla	Pequeño	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Tabla 12. Clasificación de suelos según 5.2-IC

Tipo de terreno	Pendiente (%)	Umbra de escorrentía (mm)
Rocas permeables	≥ 3 ≤ 3	3 5
Rocas impermeables	~ 3 < 3	2 4
Firmes granulares sin pavimento		2
Adoquinados		1,5
Pavimentos bituminosos o de hormigón		1

Tabla 13. Umbral de escorrentía



Una vez consultadas las tablas y teniendo una pendiente media de la cuenca inferior al 3% se obtiene el umbral de escorrentía (P_o), definido como la precipitación a partir de la cual el terreno no infiltra más agua.

$$P_o = 2 \text{ mm}$$

Teniendo P_o y P_d obtenemos el coeficiente de escorrentía (C) a través de esta fórmula:

$$C = \frac{(P_d - P_o) \cdot (P_d + 23P_o)}{(P_d + 11P_o)^2} \longrightarrow C = 0.94$$

Esto quiere decir que de cada 100 litros por metro cuadrado precipitados, 94 de ellos se convertirán en flujo superficial.

- **Cálculo del coeficiente de uniformidad (K):**

Dado que la precipitación neta no es uniforme a lo largo del tiempo (en el tiempo de concentración T_c), se ha de introducir un coeficiente para corregirla. Este coeficiente se calcula mediante esta fórmula:

$$K = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14} \longrightarrow K = 1,008$$

- **Determinación del caudal máximo (Q):**

Una vez calculado el coeficiente de escorrentía (C), el área de la cuenca (A), la intensidad del aguacero (I) y el coeficiente de uniformidad (K), se procede, a través de la fórmula Racional Generalizada, a obtener el caudal máximo para el drenaje dispuesto:

$$Q = \frac{K \cdot C \cdot I \cdot A}{3,6} \longrightarrow Q = 0,4 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Este caudal será el que recoja en su última parte las cunetas.

Dimensionamiento de las cunetas:

Para el diseño de las cunetas triangulares responsables de la evacuación de las aguas vertidas de la cuenca se procede a utilizar la fórmula de Manning-Strickler para la estimación de la capacidad de desagüe de estos elementos de canalización.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot J^{\frac{1}{2}} \cdot S$$

Donde Q = caudal desaguado por la cuneta
 R = radio hidráulico (sección mojada (S) / perímetro mojado (P))
 J = pendiente longitudinal
 S = sección mojada
 $1/n$ = coeficiente de rugosidad

Para el dimensionamiento se opta por utilizar tierra desnuda de superficie uniforme teniendo como coeficiente de rugosidad:

$$1/n \longrightarrow 1/n = 40$$

Material	Características	K ($m^{1/3}/s$)
Tierra desnuda	Superficie uniforme	40-50
	Superficie irregular	30-50
Tierra genérica	Ligera vegetación	25-30
	Vegetación espesa	20-25
Roca	Superficie uniforme	30-35
	Superficie irregular	20-30
Encachado		35-50
Revestimiento bituminoso		65-75
Hormigón proyectado		45-60
Tubo corrugado	Sin revestir	30-40
	Revestido	35-50
Tubo de fibrocemento	Sin juntas	100
	Con juntas	85
Tubo o cuneta de hormigón		60-75

Tabla 14. Coeficientes de rugosidad

En cuanto a la determinación del radio hidráulico y la sección mojada tomamos las fórmulas para una sección triangular:

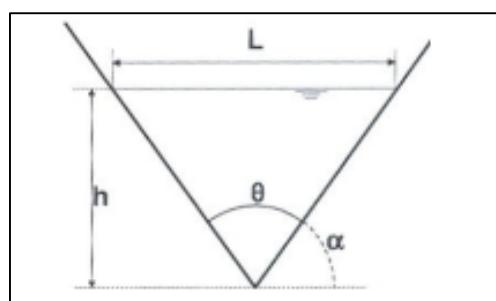


Figura 20. Sección triangular

Tomando un ángulo $\Theta = 45^\circ$ y teniendo en cuenta (S) y (R) son:

$$\begin{aligned} S &= h^2 \tan \Theta \longrightarrow S = h^2 \\ R &= (h/2) \sin \Theta \longrightarrow R = h / (2\sqrt{2}) \end{aligned}$$

Sustituyendo en nuestra ecuación principal:

$$0,4 = 40 * R^{2/3} * 0,03^{1/2} * S \longrightarrow 0,0577 = R^{2/3} * S$$

$$0,0577 = [h / (2\sqrt{2})]^{2/3} * h^2 \longrightarrow \text{de donde } h = 0,44 \text{ m}$$

Como se ha de dejar un resguardo mínimo de 15 cm sobre la cota de rasante de la explanada, la altura (hf) y anchura finales (L) de la cuneta serán:

$$hf = 0,44 + 0,15 \longrightarrow hf = 0,59 \text{ m}$$

$$L = ((0,59)^2 * 2) / 0,59 \longrightarrow L = 1,18 \text{ m}$$

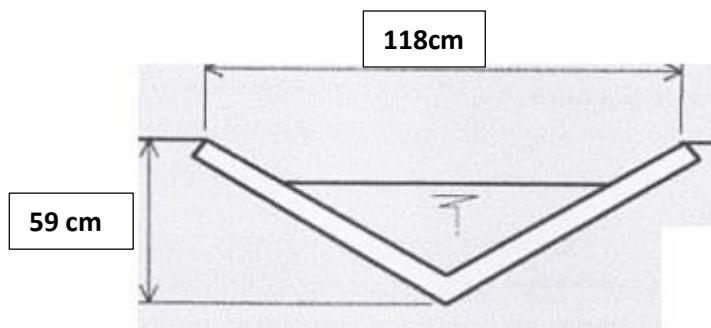


Figura 21. Dimensionamiento de las cunetas

Dimensionamiento de sumideros:

Con el fin de reducir los caudales a evacuar, se disponen a lo largo de las cunetas una serie de puntos de desagüe de forma que las aguas vuelvan a su medio natural causando el menor daño posible, siendo lo normal disponer estos puntos cada 100 o 150 metros. De este modo se establecerán **dos puntos de desagüe** (uno en cada tramo de cuneta).

En la elección del tipo y diseño de estos elementos deberá tenerse en cuenta la posibilidad de obstrucción por acumulación de sedimentos o escombros procedentes de la explanada y sus márgenes, lo que disminuiría su eficacia.

Para las cunetas que se han dimensionado previamente se ha optado por sumideros aislados de tipo horizontal (los más comunes) con barras paralelas a la corriente siendo necesario que la longitud libre (L) de las barras sea inferior a la indicada por la siguiente formula:

$$L = 9 \cdot V \cdot \sqrt{H + d} \leq 30 \text{ cm.}$$



Donde V = velocidad del agua en m/seg
 d = diámetro de una barra en cm
 h = calado del agua sobre las barras en cm

La velocidad (V) se obtendrá dividiendo el caudal máximo obtenido anteriormente (Q) entre la sección mojada (S), **aplicando la ecuación de la continuidad:**

$$Q = S \cdot v$$

$$V = Q / S \longrightarrow V = 0,4 / (0,59)^2 = 1,15 \text{ m/seg}$$

Suponiendo un diámetro de 2 cm para las barras, se obtiene que:

$$L = 9 * 1,15 * \sqrt{(59+2)} \longrightarrow L = 80,83 \text{ cm} > 30\text{cm}$$

L = 30 cm

El caudal de referencia en este caso ha de modificarse debido a dos factores:

- Según la instrucción de carreteras, la capacidad de desagüe de cada sumidero deberá ser tal que pueda absorber al menos el 70% del caudal de referencia que circule por la cuneta.
- La eficacia de un sumidero se ve mermada por la pendiente longitudinal (J) por lo que debe aplicarse un coeficiente de reducción ('Y').

Teniendo en cuenta estos factores el nuevo caudal a considerar será:

$$Q = \frac{0.70 \cdot Q_0}{Y} \longrightarrow \boxed{Q = 0,406 \text{ m}^3/\text{seg} = 406 \text{ l/seg}}$$

Q_0 = Caudal de referencia (m^3/seg)

Q = caudal modificado (m^3/seg)

Siendo 'Y':

$$Y = \frac{1}{1 + 15 \cdot J} \longrightarrow \boxed{Y = 0,69}$$

Dado que el calado (h) supera los 40 cm deberá emplearse la fórmula del orificio:

$$Q = 300 \cdot S \cdot \sqrt{H - (D/2)}$$

Donde S = área del sumidero en m^2 .

D = altura de la abertura medida en su centro en cm.

Q = caudal modificado en l/s.

H = calado del agua en cm.

Para la altura de la abertura se toma 30 cm (valor estándar), por lo que se obtiene que:

$$406 = 300 * S * \sqrt{(59 - (30/2))} \quad \longrightarrow \quad S = 0,2 \text{ m}^2$$

La longitud del sumidero (B) resulta de dividir la superficie del sumidero (S) entre su anchura (L):

$$B * L = S \quad \longrightarrow \quad B = 68 \text{ cm}$$

Los dos sumideros resultantes serán de sección rectangular de 68 x 30 cm y con barras de 2cm:

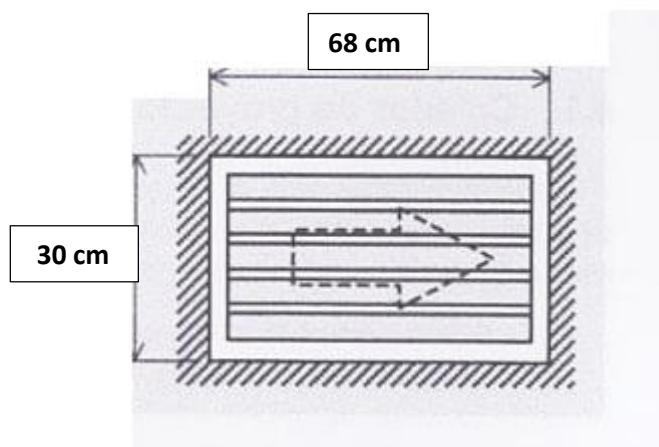


Figura 22. Dimensionamiento de los sumideros

Drenaje transversal:

La existencia de una carretera en la proximidad de nuestra explanada interrumpe la continuidad de la red de drenaje natural del terreno por lo que en este apartado se procede a dimensionar una pequeña obra de paso que permita el paso bajo la carretera aprovechando así para desaguar el caudal recogido y canalizado a través de las cunetas dimensionadas previamente.



Figura 23. Situación del paso transversal

Para el drenaje transversal se ha de calcular de nuevo el caudal máximo, ya que la instrucción de carreteras marca que el periodo de retorno para este tipo de dimensionamientos debe ser de al menos 100 años.

PERIODOS DE RETORNO (años)	2	5	10	25	50	100	500	1.000
PRECIPITACIÓN 24 HORAS (mm.)	28,7	59,15	79,36	104,89	123,83	142,63	186,08	204,76

Tabla 15. Precipitaciones máximas diarias en 100 años

En este caso $P_d = 142,63 \text{ mm}$

De este modo y aplicando el mismo sistema que para el cálculo del drenaje superficial:

$I_d = P_d / 24 \text{ horas} = 5,943 \text{ mm/ hora}$ y manteniendo nuestro factor $I_1/I_d = 8$ (mapa de isolíneas) y el tiempo de concentración $T_c = 0,19$ se tiene que:

$$I = I_d \cdot \left[\frac{I_1}{I_d} \right]^{\left[\frac{28^{0,1} - T_c^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right]} \rightarrow I = 106,3 \text{ mm/ hora}$$

Para el coeficiente de escorrentía con $P_o = 2 \text{ mm}$:

$$C = \frac{(P_d - P_o) \cdot (P_d + 23P_o)}{(P_d + 11P_o)^2} \rightarrow C = 0,97$$

Con estos datos y manteniendo como coeficiente de uniformidad $K = 1,008$ y $A = 0,0258 \text{ km}^2$ se procede a obtener el nuevo caudal máximo:

$$Q = \frac{K \cdot C \cdot I \cdot A}{3,6} \longrightarrow Q = 0,745 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Dimensionamiento del paso transversal:

Con la **ecuación de la continuidad** se procede a obtener el diámetro necesario para dimensionar el tubo que atravesará la calzada y evacuará el agua al otro lado:

$$Q = S \cdot v$$

Para este caso S = sección interior del tubo $= (\pi \cdot D^2)/4$ y considerando una velocidad del agua mínima de **2 m/seg**:

$$(\pi \cdot D^2)/4 = 0,745 / 2 \longrightarrow D = 69 \text{ cm}$$

Aunque con 69 cm de diámetro bastaría para evacuar el caudal de agua, la norma marca que es preferible sobredimensionar el diámetro de los tubos para evitar posibles reducciones de su sección ocasionadas por aterramientos o acumulación de escombros. Con esta información y teniendo en cuenta las dimensiones mínimas marcadas por la norma se establece que para una longitud de aproximadamente **5 m** de calzada se ha de escoger un **diámetro para el tubo entre 1m- 1,2m**:

Dimensiones mínimas de las obras de paso						
Longitud (m)	3	4	5	10	15	
Mínima dimensión (m)	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8

Tabla 16. Dimensiones mínimas de las obras de paso

A su vez la norma marca unas dimensiones mínimas para el perfil de la zanja donde se ubicará la obra de paso:

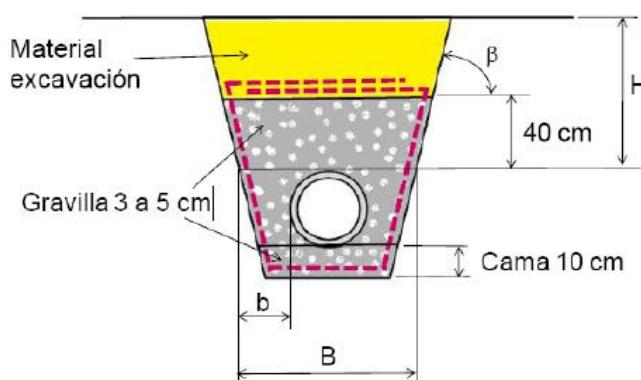


Figura 24. Dimensionamiento de la obra de drenaje transversal

Finalmente la disposición de la solución del cálculo para el drenaje de la explanada del polígono de combate sería la siguiente:

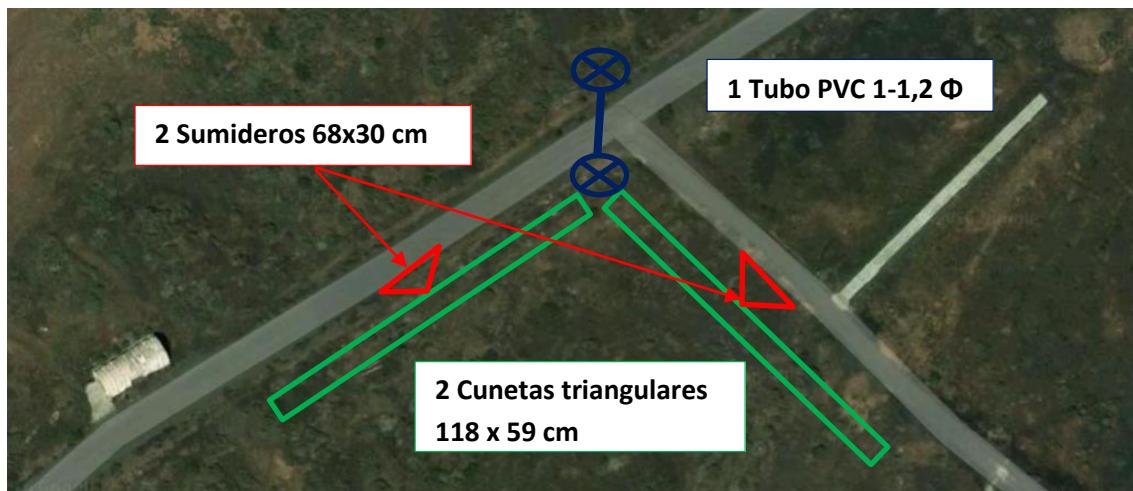
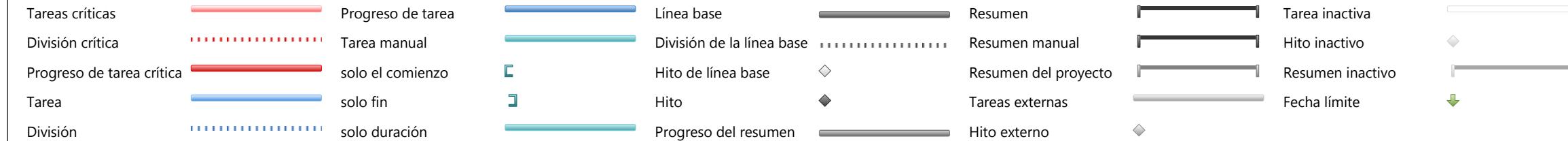
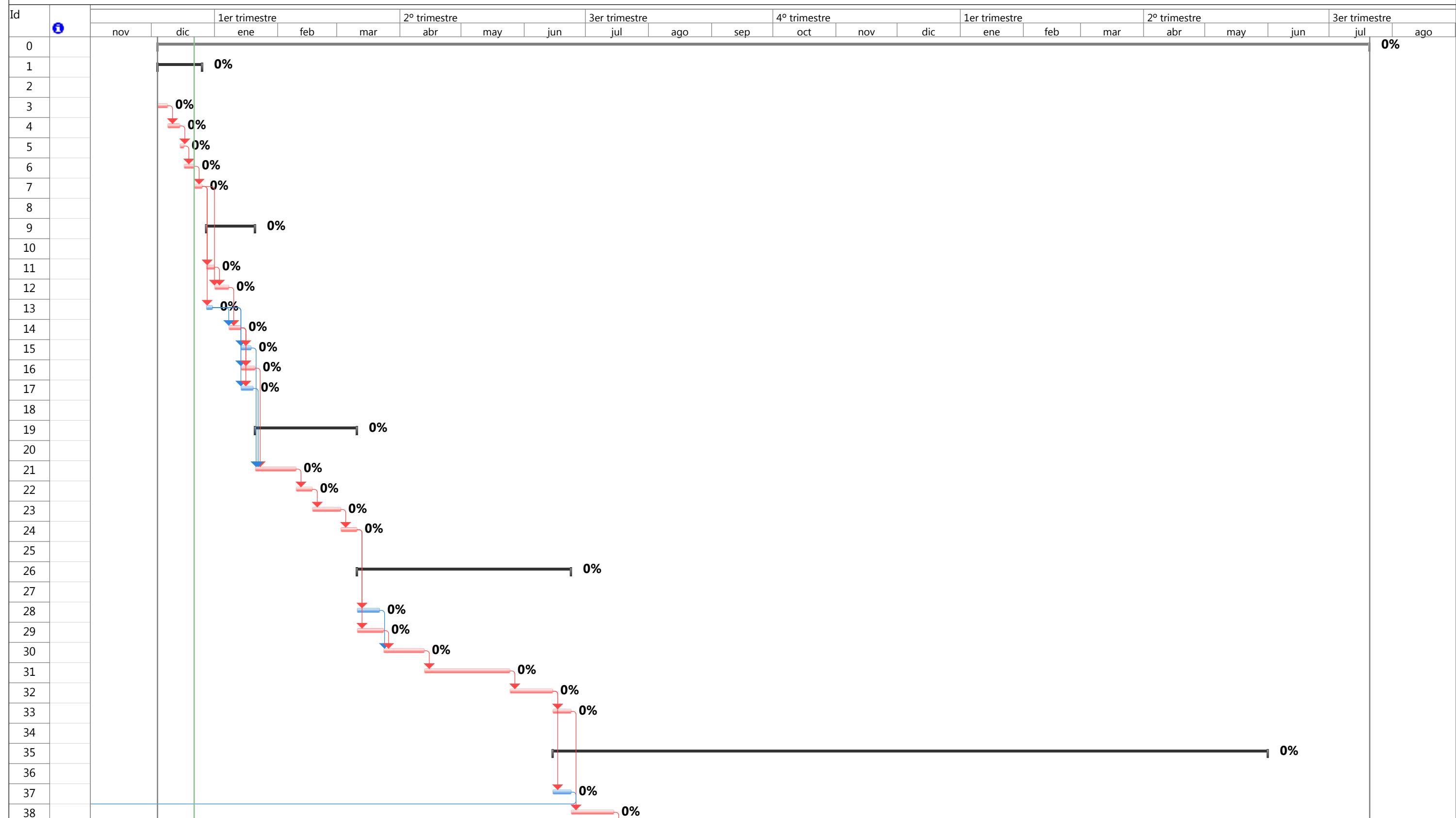


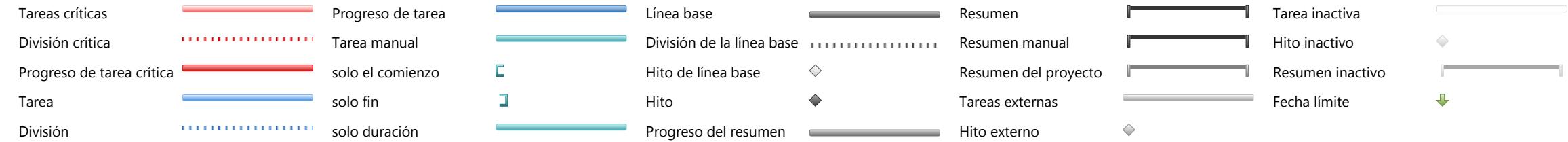
Figura 25. Esquema de la solución adoptada

Anexo D: Planificación

project PCZU16



project PCZU16



project PCZU16																
Id	i	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Duración pesimista	Duración realista	Duración optimista	PERT	Demora de comienzo	Demora de fin	Holgura Libre	Holgura Total		
															0 días?	
0		Polígono de combate en zonas urbanizadas	425 días?	vie 04/12/15	jue 20/07/17		0 días	0 días	0 días	0 días	0 días?	0 días?	0 días?	0 días?	0 días?	0 días?
1		Project kick off	16 días	vie 04/12/15	vie 25/12/15		0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
2																
3		Generar agenda	3 días	vie 04/12/15	mar 08/12/15		3 días	2 días	1 día	2 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
4		Análisis del estado del arte	4 días	mié 09/12/15	lun 14/12/15	3	4 días	2 días	1 día	2,17 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
5		Reunión con jefes Unidades	2 días	mar 15/12/15	mié 16/12/15	4	2 días	1 día	1 día	1,17 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
6		Reunión del equipo de proyecto	3 días	jue 17/12/15	lun 21/12/15	5	3 días	1 día	2 días	1,5 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
7		Aprobación del jefe de unidad militar	4 días	mar 22/12/15	vie 25/12/15	6	4 días	2 días	1 día	2,17 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
8																
9		Análisis de requisitos	18 días	lun 28/12/15	mié 20/01/16		0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
10																
11		Dimensiones del producto	4 días	lun 28/12/15	jue 31/12/15	7	4 días	3 días	2 días	3 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
12		Análisis Técnico	5 días	vie 01/01/16	jue 07/01/16	7;11	5 días	3 días	2 días	3,17 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
13		Materiales	3 días	lun 28/12/15	mié 30/12/15	7	3 días	2 días	1 día	2 días	6 días	6 días	6 días	6 días	6 días	6 días
14		Establecer presupuesto límite	4 días	vie 08/01/16	mié 13/01/16	12;13	4 días	2 días	1 día	2,17 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
15		Gestión de la calidad	3 días	jue 14/01/16	lun 18/01/16	14;13	3 días	2 días	1 día	2 días	2 días	2 días	2 días	2 días	2 días	2 días
16		Gestión del tiempo	5 días	jue 14/01/16	mié 20/01/16	14;13	5 días	3 días	4 días	3,5 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
17		Gestión del alcance	4 días	jue 14/01/16	mar 19/01/16	14;13	4 días	2 días	1 día	2,17 días	1 día	1 día	1 día	1 día	1 día	1 día
18																
19		Realización de maqueta	36 días	jue 21/01/16	jue 10/03/16		0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
20																
21		Diseño preliminar	14 días	jue 21/01/16	mar 09/02/16	17;15;16	14 días	8 días	7 días	8,83 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
22		Obtener planos	6 días	mié 10/02/16	mié 17/02/16	21	6 días	4 días	3 días	4,17 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
23		Diseño software	10 días	jue 18/02/16	mié 02/03/16	22	10 días	6 días	5 días	6,5 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
24		Fijar fecha límite	6 días	jue 03/03/16	jue 10/03/16	23	6 días	4 días	3 días	4,17 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
25																
26		Construcción Fase I	75 días	vie 11/03/16	jue 23/06/16		0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
27																
28		Transporte de material y vehículos	7 días	vie 11/03/16	lun 21/03/16	24	7 días	5 días	4 días	5,17 días	2 días	2 días	2 días	2 días	2 días	2 días
29		Replanteo del terreno	9 días	vie 11/03/16	mié 23/03/16	24	9 días	6 días	5 días	6,33 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
30		Desbrozado del terreno	14 días	jue 24/03/16	mar 12/04/16	29;28	14 días	6 días	5 días	7,17 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
31		Construcción de caminos	30 días	mié 13/04/16	mar 24/05/16	30	30 días	15 días	14 días	17,33 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
32		Construcción de rotondas	15 días	mié 25/05/16	mar 14/06/16	31	15 días	8 días	7 días	9 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
33		Compactado del terreno	7 días	mié 15/06/16	jue 23/06/16	32	7 días	4 días	3 días	4,33 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
34																
35		Construcción Fase II	251 días	mié 15/06/16	mié 31/05/17		0 días	0 días	0 días	0 días	7 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
36																
37		Transporte de maquinaria y material	7 días	mié 15/06/16	jue 23/06/16	32	7 días	5 días	4 días	5,17 días	8 días	8 días	0 días	8 días	0 días	8 días
38		Excavación de zanjas	15 días	vie 24/06/16	jue 14/07/16	33	15 días	8 días	7 días	9 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
39		Encofrado de zapatas	7 días	vie 24/06/16	lun 04/07/16	37	7 días	5 días	4 días	5,17 días	8 días	8 días	8 días	8 días	8 días	8 días
40		Vertido de hormigón	14 días	vie 15/07/16	mié 03/08/16	38;39	14 días	9 días	7 días	9,5 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
41		Confección y montaje de viviendas simuladas	150 días	jue 01/09/16	mié 29/03/17	40FC+20 días;39	150 días	120 días	100 días	121,67 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
42		Construcción Pista de Indicios	35 días	jue 30/03/17	mié 17/05/17	41	35 días	20 días	15 días	21,67 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
43		construcción pista de aterrizaje de helicópteros	14 días	jue 30/03/17	mar 18/04/17	41;40FC+20 días	14 días	7 días	5 días	7,83 días	21 días	21 días	21 días	21 días	21 días	21 días

project PCZU16

Id	i	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Duración pesimista	Duración realista	Duración optimista	PERT	Demora de comienzo	Demora de fin	Holgura Libre	Holgura Total	
44		confección del Pasillo de fuego real	85 días	jue 01/09/16	mié 28/12/16	40FC+20 días	85 días	45 días	40 días	50,83 días	100 días	100 días	100 días	100 días	
45		Tendido de material drenante	4 días	jue 18/05/17	mar 23/05/17	43;41;42;44	4 días	3 días	2 días	3 días	0 días	0 días	0 días	0 días	
46		Recogida y retirada de material sobrante	6 días	mié 24/05/17	mié 31/05/17	45	6 días	5 días	3 días	4,83 días	0 días	0 días	0 días	0 días	
47															
48		Validación	26 días	jue 01/06/17	jue 06/07/17		0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	
49															
50		Auditorías	7 días	jue 01/06/17	vie 09/06/17	46	7 días	5 días	4 días	5,17 días	0 días	0 días	0 días	0 días	
51		Envio documentación ENAC	5 días	lun 12/06/17	vie 16/06/17	50	5 días	3 días	2 días	3,17 días	0 días	0 días	0 días	0 días	
52		Aprobación	14 días	lun 19/06/17	jue 06/07/17	51	14 días	7 días	5 días	7,83 días	0 días	0 días	0 días	0 días	
53															
54		Entrega de la obra	9 días	vie 07/07/17	mié 19/07/17		0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	
55															
56		Entrega a la unidad receptora	3 días	vie 07/07/17	mar 11/07/17	52	3 días	2 días	1 día	2 días	0 días	0 días	0 días	0 días	
57		Recepción de la obra	2 días	mié 12/07/17	jue 13/07/17	56	2 días	2 días	1 día	1,83 días	0 días	0 días	0 días	0 días	
58		Instrucción específica	4 días	vie 14/07/17	mié 19/07/17	57	4 días	3 días	2 días	3 días	0 días	0 días	0 días	0 días	
59															
60		Fin	1 día?	jue 20/07/17	jue 20/07/17	58	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días?	0 días?	0 días?	0 días?	

MEDIOS HUMANOS, VEHÍCULOS Y MÁQUINAS.

FASE I.

PERSONAL		VEHÍCULOS		REMOLQUES		MÁQUINAS	
Oficiales	1	Santana Aníbal (CLTT)	2	Gontrailer	1	Empujadora D-7	2
Suboficiales	3	Camión Personal	1	Semirremolque	1	Apisonadora Lebrero	2
MPTM	30	Volquete	3			Excavadora JCB 3CX	2
		Grúa Luna	1			Hormigonera THE-300	1
		Cabeza tractora	1			Motoniveladora	2
		Camión aljibe	1				
		Cisterna	1				

FASE II.

PERSONAL		VEHICULOS		REMOLQUES		MÁQUINAS	
Oficiales	1	Santana Aníbal (CLTT)	2	Gontrailer	1	Apisonadora Lebrero	2
Suboficiales	3	Camión Personal	1	Semirremolque	1	Excavadora JCB 3CX	2
MPTM	30	Volquete	3			Hormigonera THE-300	2
		Cabeza tractora	1			Motoniveladora	1
		Camión aljibe	1			Empujadora D-7	1
		Cisterna	1				



Anexo E: Presupuesto

PARTIDAS DE MATERIAL

Fase I				
Concepto	Unidad	Cantidad	P. unitario	Precio
Arena	m ³	10	26,30	263,00 €
Bloques de 40x20x20cm	uds.	150	0,86	129,00 €
Cemento (sacos de 25 kg.)	uds.	250	3,55	887,50 €
Mallazo Ø12 mm	uds.	2	165,00	330,00 €
Revuelto	m ³	20	23,30	466,00 €
Tablas encofrar 2'5x0'3 m	uds.	30	7,20	216,00 €
Tubo corrugado Ø100 cm	uds.	1	40,00	40,00 €
Combustible (Gasóil)	litros	5839,6	0,80	4.642,48 €
		Σ	Suma	6.973,98 €
		+	3% Seguridad e Higiene	209,22 €
		+	7% IGIC	488,18 €
		=	Total Euros	7.671,38 €

Fase II				
Concepto	Unidad	Cantidad	P. unitario	Precio
Zona A	-	-	-	105.578,60 €
Zona B	-	-	-	34.046,40 €
Zona C	-	-	-	37.370,80 €
Pista C-IED y Helipuerto	-	-	-	25.945,50 €
Material Diverso	-	-	-	1.902,40 €
Combustible (Gasóil)	litros	6702,3	0,80	5.328,33 €
		Σ	Suma	210.172,03 €
		+	3% Seguridad e Higiene	6.305,16 €
		+	7% IGIC	14.712,04 €
		=	Total Euros	231.189,23 €

Zona A				
Concepto	Unidad	Cantidad	P. unitario	Precio
Hormigón de fábrica H-300	m ³	1152	62,70	72.230,40 €
Bloques de 40x20x20cm	uds.	21900	0,86	18.834,00 €
Zuncho 20x20 cm	ml.	768	14,50	11.136,00 €
Tablas encofrar 2'5x0'3 m	uds.	76	3,20	243,20 €
Mallazo Ø12 mm	uds.	19	165,00	3.135,00 €

Zona B

Concepto	Unidad	Cantidad	P. unitario	Precio
Hormigón de fábrica H-300	m ³	160	62,70	10.032,00 €
Paneles corrug galv. 2x1'05x0,04 m	uds.	250	76,50	19.125,00 €
Postes galv. 60x40 mm	uds.	150	25,10	3.765,00 €
Tornillos 8x60 mm. con tuerca	uds.	288	0,20	57,60 €
Tablas encofrar 2'5x0'3 m	uds.	24	3,20	76,80 €
Mallazo Ø12 mm	uds.	6	165,00	990,00 €

Zona C

Concepto	Unidad	Cantidad	P. unitario	Precio
Hormigón de fábrica H-300	m ³	294	62,70	18.433,80 €
Valla electro soldadas 3,5x5,5x2m	uds.	200	32,15	6.430,00 €
Pletina 200x10x60 mm	uds.	60	41,80	2.508,00 €
Tubo galv Ø10mm	uds.	1900	0,10	190,00 €
Tornillos 8x60 mm. con tuerca	uds.	780	0,20	156,00 €
Malla ocultación (Rollo 100x2 m.)	uds.	45	175,00	7.875,00 €
Tablas encofrar 2'5x0'3 m	uds.	40	3,20	128,00 €
Mallazo Ø12 mm	uds.	10	165,00	1.650,00 €

Pista C-IED y Helipuerto

Concepto	Unidad	Cantidad	P. unitario	Precio
Vallas reforzadas 2x2,2m	uds.	85	45,90	3.901,50 €
Hormigón de fábrica H-150	m ³	462	47,00	21.714,00 €
Mallazo Ø12 mm	uds.	2	165,00	330,00 €

Material Diverso

Concepto	Unidad	Cantidad	P. unitario	Precio
Disco 115x6	uds.	20	1,57	31,40 €
Tacos plásticos	uds.	2000	0,30	600,00 €
Broca hormigón 12 mm	uds.	40	2,50	100,00 €
Todo en uno	uds.	15	15,50	232,50 €
Spray pintura caqui	uds.	75	3,50	262,50 €
Electrodos Ø 2'5 (caja de 250 uds.)	uds.	10	17,61	176,10 €
Guantes de trabajo	pares	30	4,03	120,90 €
Pantalla protectora facial	uds.	30	11,50	345,00 €
Flexómetro 8 m	uds.	2	17,00	34,00 €
= Total Euros				1.902,40 €

Pasillo de Fuego				
Concepto	Unidad	Cantidad	P. unitario	Precio
Planchas de goma balística	uds.	96	7,90	758,40 €
Paneles madera 3,1x6x0,2m	uds.	18	16,90	304,20 €
Paneles madera 3,1x5x0,2m	uds.	16	13,50	216,00 €
Paneles madera 3,1x4x0,2m	uds.	16	11,80	188,80 €
Hormigón de fábrica H-300	m3	288	62,70	18.057,60 €
Siluetas de tiro	uds.	96	0,80	76,80 €
Tornillos 8x60 mm. con tuerca	uds.	300	0,20	60,00 €
Mano de obra	horas/persona	680	80,00	54.400,00 €

Calculado para una cuadrilla de 10 obreros(8€/hora)

= **Total Euros** **74.061,80 €**

Presupuesto final	
Concepto	Precio
Fase I	7.671,38 €
Fase II	231.189,23 €
Contratación Externa	74.061,80 €

= **Total Euros** **312.922,41 €**

GASTO DE COMBUSTIBLE

FASE I.				
TRANSPORTE				
Trayectos	Vehículo	Km	litros/km	Litros
Transporte maquinaria:	CABEZA TRACTORA	30	0,74	22,20
Transporte personal:	Santana Aníbal	1080	0,21	226,80
	Camión Personal	1080	0,5	540,00
Transporte suministro:	Camión Personal	360	0,5	180,00
			Suma:	969,00
			4% aceites y grasas:	38,76
			Total:	1007,76
TRABAJOS DE MÁQUINAS				
Trabajos	Máquina	litros/h	Horas	Litros
Desbroce explanadas.	EMPUJADORA D-7	47,00	30,00	1410,00
Nivelación explanadas.	MOTONIVELADORA	37,00	28,00	1036,00
Nivelación caminos.	MOTONIVELADORA	37,00	28,00	1036,00
Compactación suelo.	APISONADORA LEBRERO	12,00	24,00	288,00
Compactación caminos.	APISONADORA LEBRERO	12,00	24,00	288,00
Amasado hormigón y mortero.	HORMIGONERA THE-300	3,00	8,00	24,00
Excavación zanjas.	EXCAVADORA JCB 3CX	14,00	20,00	280,00
Aporte de revuelto y arena.	VOLQUETE	8,00	12,00	96,00
Humectación.	ALJIBE	6,00	12,00	72,00
Tendido capa drenante.	VOLQUETE	8,00	12,00	96,00
Descarga material.	GRÚA LUNA	2,00	10,00	20,00
			Suma:	4646,00
			4% aceites y grasas:	185,84
			Total:	4831,84
			Total litros gasoil	5839,60



FASE II.				
TRANSPORTE				
Trayectos	Vehículo	Km	litros/km	Litros
Transporte maquinaria:	CABEZA TRACTORA	24	0,74	17,76
Transporte personal:	Santana Aníbal	1860	0,21	390,60
	Camión Personal	1860	0,5	930,00
Transporte suministro:	Camión Personal	620	0,5	310,00
			Suma:	1648,36
			4% aceites y grasas:	65,93
			Total:	1714,29
TRABAJOS DE MÁQUINAS				
Trabajos	Máquina	litros/h	Horas	Litros
Zanjas.	EXCAVADORA JCB 3CX	14,00	60,00	840,00
Aportación merlones.	EMPUJADORA D-7	47,00	36,00	1692,00
Perfilado merlones.	MOTONIVELADORA	37,00	18,00	666,00
Nivelación suelo.	MOTONIVELADORA	37,00	30,00	1110,00
Compactación suelo.	APISONADORA LEBRERO	12,00	18,00	216,00
Amasado hormigón y mortero.	HORMIGONERA THE-300	3,00	24,00	72,00
Aporte material.	VOLQUETE	8,00	10,00	80,00
Humectación.	ALJIBE	6,00	20,00	120,00
			Suma:	4796,00
			4% aceites y grasas:	191,84
			Total:	4987,84
				Litros
			Total litros gasoil	6702,13

Anexo F: Análisis de riesgos

Análisis de Riesgos

Título del proyecto:		Obras en apoyo a la instrucción y adiestramiento. Diseño e implementación de un polígono de combate en zonas urbanizadas.								
Director del proyecto:		Álvaro Boixareu Bartolomé								
Evaluación de Riesgos										
ID	Riesgos	Categorías de riesgos	Descripción del Riesgo		Impacto (bajo, medio, alto)	Probability (1,2,3)	Clasificación	Efectos del Riesgo	Fecha programada	Status
1	Terreno no apto para la construcción.	Ingeniería	El terreno es impracticable por sus propiedades geológicas.		H	3	3H	El diseño del polígono debe ser recalculado.	07/01/2016	
2	Falta de componentes en las reuniones con los jefes de Unidad.	Controlling	Los jefes de las unidades se encuentran fuera del territorio nacional.		L	1	1L	Las reuniones se deben dilatar en el tiempo hasta que sea posible contactar con ellos.	22/12/15	
3	Falta de componentes del equipo de trabajo.	Controlling	Los componentes del equipo de trabajo no están disponibles por problemas personales.		M	1	1M	Las reuniones se deben aplazar hasta que halla disponibilidad completa.	17/12/15	
4	Falta de aprobación por parte del Ministerio de Defensa.	Desarrollo	Falta de acuerdo entre las partes interesadas. Falta de presupuesto.		H	3	3H	Imposibilidad de llevar a cabo el proyecto en sí.	25/12/15	
5	Errónea definición de los requerimientos técnicos.	Requerimientos cliente	Análisis deficiente de la técnica empleada.		H	1	1H	Fallos en la definición técnica del proyecto.	1/1/16	
6	Definición de objetivos ambiciosos	Requerimientos cliente	Alcance de los objetivos demasiado extenso.		M	3	3M	Possibilidad de no alcanzar los objetivos previstos.	15/1/16	
7	Estructura de desglose de trabajo incompleta	Controlling	Mala planificación del tiempo		M	1	1M	Dilatación de las siguientes etapas del proyecto.	20/01/2016	
8	Sobrecostes en el proyecto	Producción	Ajuste deficiente a los presupuestos definidos.		H	3	3H	Fin del presupuesto programado para el proyecto e imposibilidad de nueva financiación.	19/12/2016	
9	Material defectuoso.	Compras	Recepción de material en mal estado.		L	2	2L	Gestión de nuevas adquisiciones de material.	15/06/2016	
10	Fallos en el cálculo de estructuras	Ingeniería	El cálculo es defectuoso o incompleto.		M	1	1M	Revisión del proyecto de obra.	02/03/2016	
11	Sistema de medida	Ingeniería	Trabajo realizado sin tener en cuenta el sistema internacional.		M	1	1M	Retraso en la fabricación de planos para la obra.	17/02/2016	
12	Auditorías	Calidad	Auditorías negativas.		L	1	1L	Retraso en la concisión de los permisos necesarios.	08/06/2017	
13	Envío documentación ENAC.	Calidad	Falta de documentación necesaria para la homologación.		L	1	1L	Retraso en la concisión de los permisos.	16/06/2017	
14	Falta de homologación.	Calidad	No cumple la normativa vigente.		H	1	1H	Imposibilidad de llevar a cabo el proyecto.	06/07/2017	
15	Déficit de proveedores	Producción	Escasez de proveedores de calidad.		M	1	1M	Sobrecostes y retrasos para la finalización de la obra.	27/01/2017	
16	Quiebra de proveedores	Producción	Durante el proceso de producción algun proveedor cierra su empresa.		H	2	2H	Sobrecostes y retrasos en la obra.	02/04/2016	
17	Logística deficiente.	Controlling	Los materiales y maquinaria no llegan a tiempo.		M	3	3M	Retraso en la entrega de la obra.	19/02/2017	
18	Capacidad de los almacenes	Producción	No existe capacidad para guardar todo el material.		L	1	1L	Sobrecostes de almacenamiento alternativo.	31/03/2017	
19	Insuficiencia de existencias	Producción	Déficit de material respecto a la demanda inicial.		H	1	1H	Pérdida de instrucción de las unidades.	02/04/2017	
20	Falta de personal cualificado	Desarrollo	Escasez de personal con formación específica de obras.		M	2	2M	Retraso en el desarrollo de la obra.	01/09/2016	



Anexo G: APQP

APQP (Advanced Product Quality Planning)

Proyecto: Obras en apoyo a la instrucción y adiestramiento. Diseño e implementación de un polígono de combate en zonas urbanizadas.		Encargado: Álvaro Boixareu Bartolomé				
Descripción: Diseño y desarrollo de las fases necesarias para la implementación de un polígono urbano para la instrucción de las unidades de la fuerza en el combate urbano.						
Creado por:	Álvaro Boixareu Bartolomé	Hecho	En riesgo			
		Demorar				
	Actividades / Métodos	Reseña	Responsable	Comienzo	Fin	Estado
Fase 1 Aprobación de la especificación	Concepto de pruebas previsto.	Previo a la ejecución del proyecto se harán las pruebas pertinentes para observar la viabilidad de la obra en el terreno.		01/01/2016	06/01/2016	
	Análisis de impacto medioambiental.	Es un factor a considerar en cualquier obra por lo que se procederá al estudio de la zona para prevenir al máximo la huella medioambiental.		14/01/2016	18/01/2016	
	Análisis de costes.	Los costes resultan un factor crítico en nuestro proyecto. Deberemos considerar todos los costes involucrados en el proyecto.		08/01/2016	13/01/2016	
	Cronograma.	La planificación es fundamental para el desarrollo del proyecto por lo que quedará reflejado todos los días hábiles y festivos en un calendario.		14/01/2016	20/01/2016	
	Definición de alcance y especificaciones técnicas.	Factor crítico que define en esencia las necesidades que queremos reflejar en nuestro producto.		28/12/2015	07/01/2016	
	Ánalysis de riesgos.	Nuestras amenazas y debilidades las deberemos tener bien presentes. Su correcto análisis nos ahorrará posibles incidentes.		14/01/2016	19/01/2016	
	Diseño de planos.	Los planos deberán obtenerse con anterioridad a la ejecución del proyecto de obra junto con el replanteo topográfico.		10/02/2016	17/02/2016	
	EC0					
Fase 2 Aprobación del desarrollo del producto o servicio	Acuerdos de calidad con proveedores.	Los acuerdos de calidad deberán estar bien definidos y correctamente supervisados con el objetivo de asegurar la máxima calidad de las partes receptionadas.		28/12/2015	21/01/2016	
	Especificaciones técnicas producto.	Etapa crítica en nuestro proyecto. Si no definimos bien qué es lo que queremos en nuestro proyecto, éste estará avocado al fracaso.		28/12/2015	13/01/2016	
	Especificaciones técnicas componentes del producto.	Debemos concretar con sutileza y precisión cada una de las características técnicas del proyecto.		01/01/2016	13/01/2016	
	Definición de plan de pruebas del producto y/o componentes.	Una vez definidas todas las necesidades deberemos definir un plan que abarque en gran medida los posibles casos que podamos encontrar y adjuntar el correspondiente test para la correcta verificación de los errores.		21/01/2016	10/03/2016	
	EC1					
Fase 3 Aprobación del desarrollo del proceso o servicio	Ejecución de pruebas.	Incluirá el Plan de pruebas de los componentes.		11/03/2016	31/05/2017	
	Control plan del proceso.	Deberá contener los sistemas pertinentes para asegurar la correcta ejecución de las pruebas.		11/03/2016	31/05/2017	
	Plan de repuestos.	Está previsto un plan de contingencia que abarque los casos en que exista un déficit de componentes.		11/03/2016	31/05/2017	
	EC2					
Fase 4 Validación de producto y proceso o servicio	Auditorias.	Antes de proceder a la entrega de la obra, ésta debe cumplimentar y haber pasado satisfactoriamente todas las auditorías.		01/06/2017	09/06/2017	
	Proceso de homologación .	Esta homologación deberá estar prevista con anterioridad a la fase de entrega de la obra.		12/06/2017	06/07/2017	
	Homologación final.	Homologación final.		12/06/2017	06/07/2017	
	EC3					
Fase 5 Feedback	Revisión de puntos pendientes.	Revisión de posibles problemas que puedan surgir a lo largo del proyecto.		28/12/2016	13/07/2017	
	EC4					



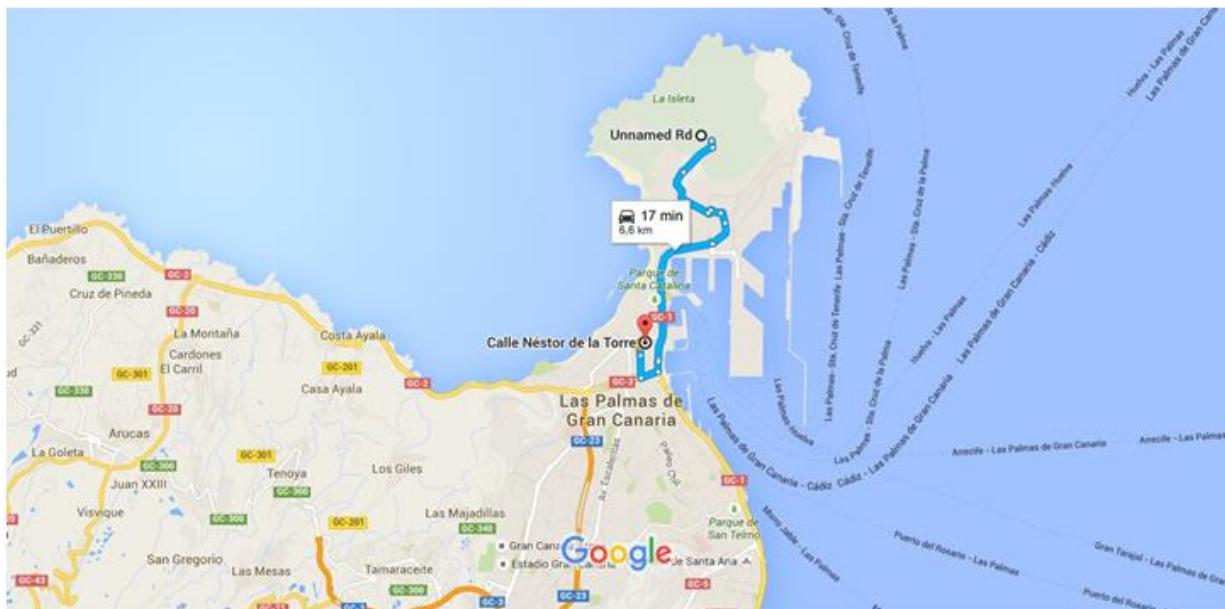
Anexo H: Ruta de evacuación

La información acerca de la ruta más corta entre el **Batallón de zapadores XV** y el **Hospital situado en la calle Néstor de la Torre** se ha obtenido a partir del servidor actualizado de Google Maps:

Google Maps

De BZAP XV, 35009 Las Palmas de
Gran Canaria, Las Palmas a Calle Néstor de la Torre

En coche 6,6 km, 17 min



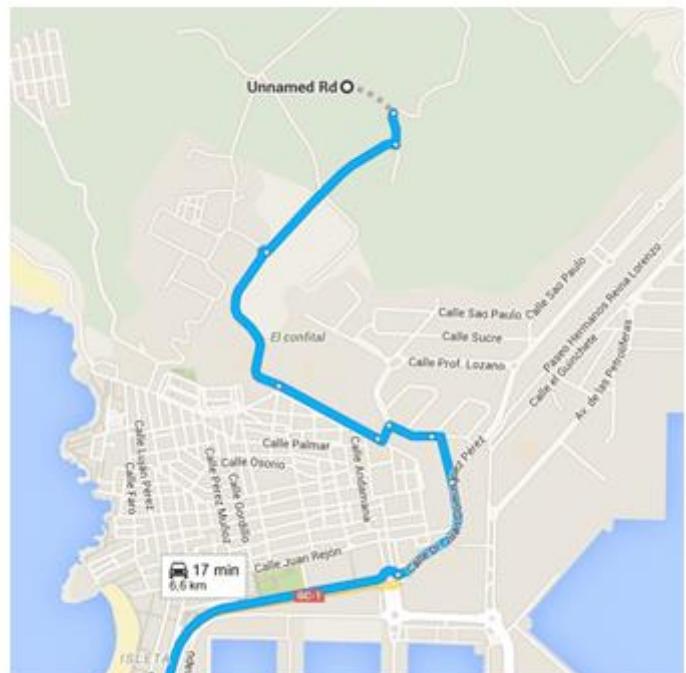
BZAP XV

35009 Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas

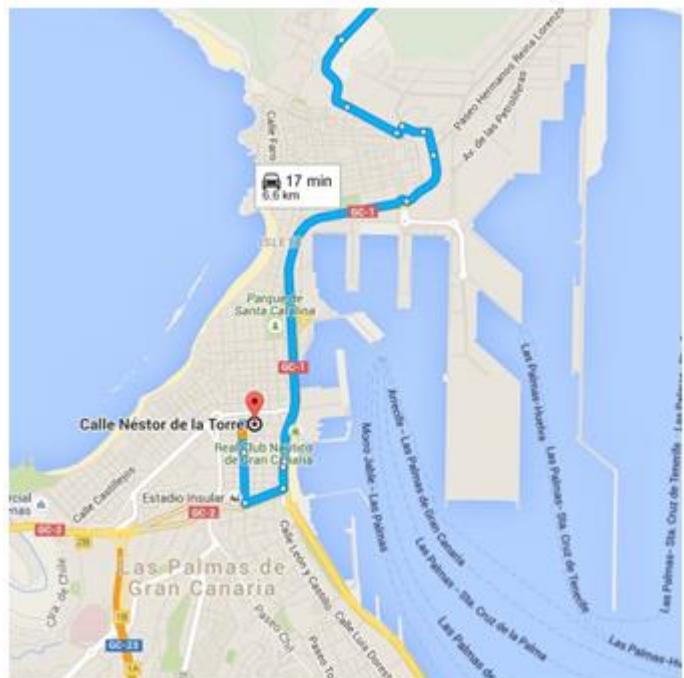
Toma Calle Coronel Rocha, Calle de Nouadhibou
Calle Dr. Juan Domínguez Pérez hacia Av. Juan
Rodríguez Doreste/GC-1.

- 10 min (2,8 km)

 - ↑ 1. Dirígete hacia el sur
⚠ Carretera de uso restringido
 - 120 m
 - ↩ 2. Gira a la derecha
⚠ Carretera de uso restringido
 - 650 m
 - 📍 3. En la rotonda, continúa recto por Calle Coronel Rocha
⚠ Carretera de uso restringido
 - 650 m
 - ↑ 4. Continúa por Calle de Nouadhibou.
⚠
Carretera de uso parcialmente restringido
 - 400 m
 - ↩ 5. Gira a la izquierda hacia Calle Prof. Lozano

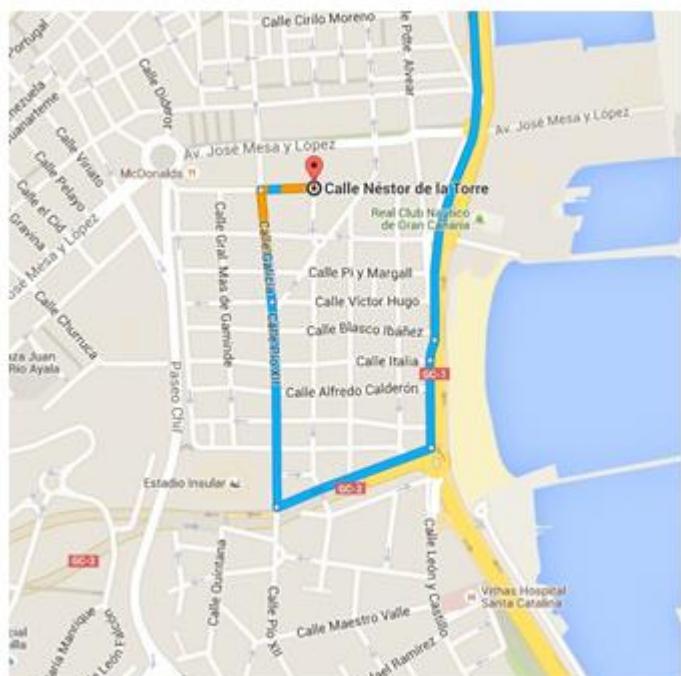


- ➡ 6. Gira a la derecha hacia Calle Catamarca
170 m
 - ➡ 7. Gira a la derecha hacia Calle Vía 8010
210 m
 - ➡ 8. Gira ligeramente a la derecha hacia Calle Dr. Juan Domínguez Pérez
450 m
- Sigue por GC-1 hasta Calle Leopoldo Matos.
4 min (2,8 km)
- 📍 9. En Plaza de Belén María, toma la segunda salida hacia Av. Juan Rodríguez Dorestes/GC-1
Continúa hacia GC-1
2,6 km
 - ➡ 10. Utiliza el carril derecho para tomar la salida endirección Agaete/GC-2
40 m
 - ↑ 11. Continúa por Calle León y Castillo.
160 m



Sigue por Calle Leopoldo Matos. Toma Calle Pío XII hacia Calle Néstor de la Torre.

- ➡ 12. Gira a la derecha hacia Calle Leopoldo Matos
300 m
- ➡ 13. Gira a la derecha hacia Calle Pío XII
400 m
- ↑ 14. Continúa por Calle Galicia.
210 m
- ➡ 15. Gira a la derecha hacia Calle Néstor de la Torre
100 m



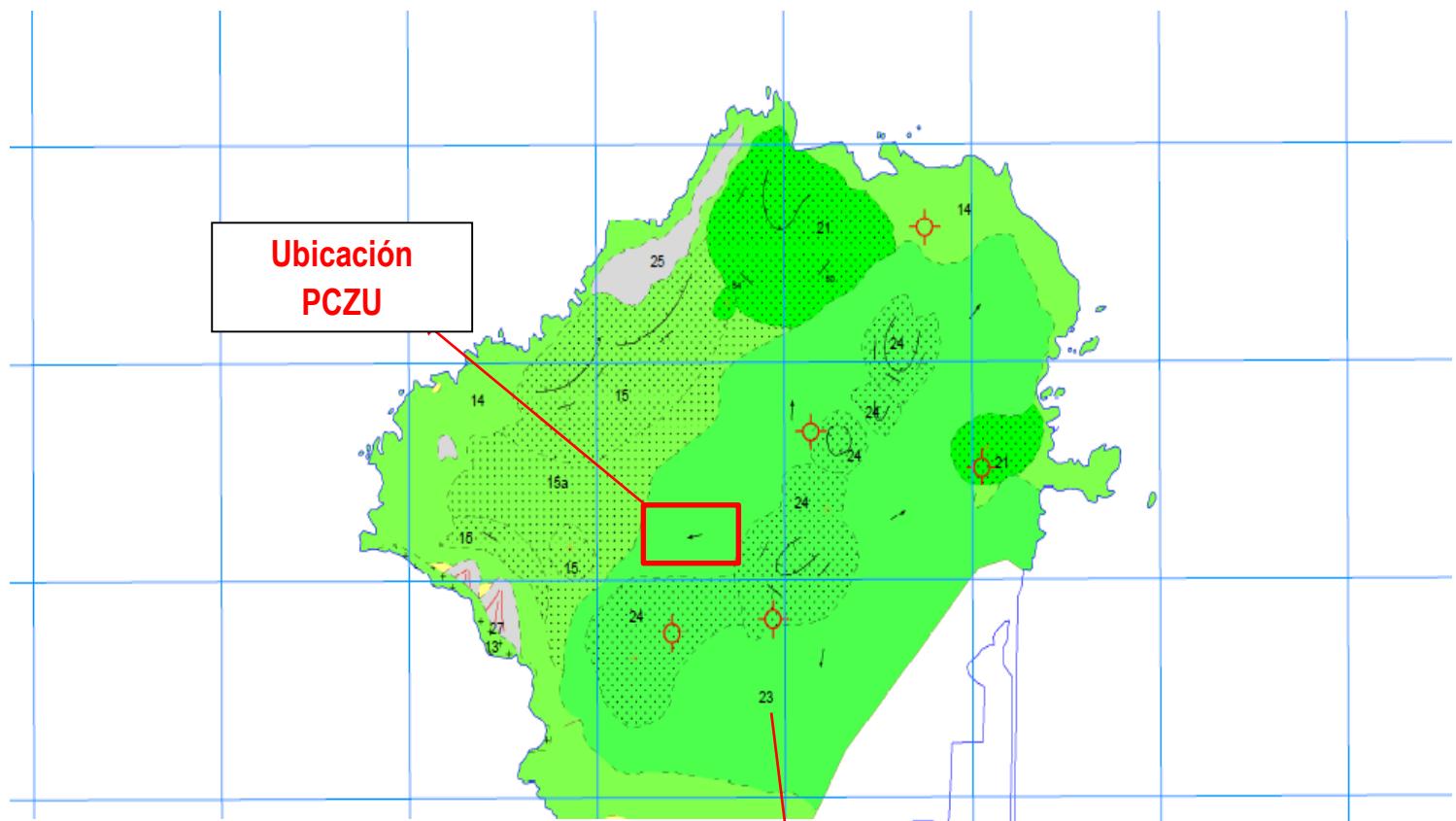
Calle Néstor de la Torre

Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas

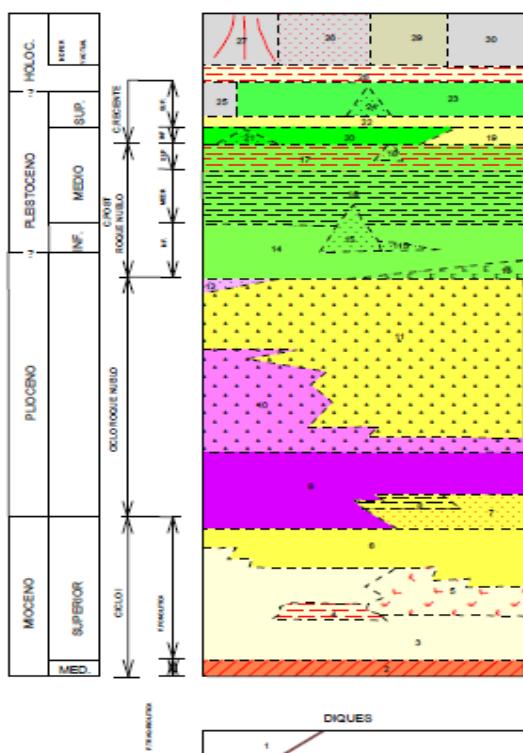
Anexo I: Impacto medioambiental

ANÁLISIS DEL SUELO

Mapa Geológico de España (Las palmas de Gran Canaria/CMT La Isleta)



LEYENDA



- 30 Suelos actuales
- 29 Depósitos de barranco
- 28 Playas de arenas
- 27 Coluviones y derrumbes de ladera
- 26 Arenas eólicas (dunas de Guanareme)
- 25 Depósitos de ladera con arenas fosilíferas
- 24 Conos de tefra (lapillis, escorias y bombas)
- 23 Lavas basaníticas. Edificio Tinoco y alineación del Vigía (La Isleta)
- Calcareas de la barra ve Las Cabezas; depósitos con algas calcáreas (P. del Confital, La Isleta); depósitos arenosos con strombus (terrasa baja de Las Palmas).
- 21 Conos de tefra (lapillis, escorias y bombas). Edificio Montaña del Faro y La Esfinge
- 20 Lavas basaníticas
- 19 Rasa marina a 30 m. Arenas de playa fosilíferas
- 18 Conos de tefra (lapillis, escorias y bombas)
- 17 Lavas basanítico-tefíticas. Edificios Cardones, Tamaraocete, Morro de los Giles y coladas sin centros de emisión
- 16 Lavas basanítico-nefeliíticas del Barranco de Tenoya
- 15 Conos de tefra (lapillis, escorias y bombas)
- 15a Piroclastos de dispersión
- 14 Lavas basaníticas y basanítico-nefeliíticas
- 13 Depósitos volcánoclasticos con fósiles (P. del Confital, La Isleta)
- 12 Depósitos conglomeráticos de barranco
- 11 Miembro superior de la F. detritica de Las Palmas: facies detriticas de arenas y conglomerados poco clasificados ("mud flows y laharres fluviales") Facies Santidad
- 10 Brecha volcánica Roque Nublo tipo "block and ash"
- 9 Lavas basaníticas, basálticas olivínico-piroxénicas
- 9a Lavas basaníticas, basálticas olivínico-piroxénicas con estructuras "pillow-lavas" en la base
- 8 Miembro medio de la F. detritica de Las Palmas: arenas eólicas negras
- 7 Miembro medio de la F. detritica de Las Palmas: facies de conglomerados y arenas marinas.
- 7a Primer nivel de conglomerados fonolíticos rubefactados
- 6 Miembro inferior de la F. detritica de Las Palmas: facies de conglomerados y arenas continentales con intercalaciones de niveles detriticos marinos
- 5 Tobas de tipo "ash and pumice"
- 4 Ignimbritas
- 3 Lavas fonolíticas
- 2 Tobas traquibasálticas del techo del "composite flow"
- 1 Diques básicos del Ciclo Reciente

Material 23: Lavas basaníticas



Mapa Geotécnico (2011)	
- Unidades Mapa Geotécnico	
Unidad:	IV
Detalles:	Coladas basálticas sanas: Subunidad IVa y terrenos T1 para Coladas "aa" poco o nada escoriáceas o subunidad IVb y terrenos T3e para coladas "pahoehoe" o "aa" muy escoriáceas y/o con cavidades.
Código Técnico Edificación:	T1-T3
- Código Técnico Edificación (CTE)	
CTE:	T1-T3
Detalles:	Terrenos favorables o desfavorables según presenten poca o mucha variabilidad, poco o muy escoriáceos, sin o con cavidades respectivamente.
© Gobierno de Canarias 2016	

Tabla 17. Clasificación suelo (GRAFCAN)

Según define el Documento Básico de Seguridad Estructural (DB SE-C) del **Código Técnico de la Edificación** este suelo, dado que se trata de roca volcánica (ígnea), posee un grado de meteorización IV¹⁷ que define la capacidad que posee este terreno para ser excavado.

¹⁷ Información consultada en el visor IDECanaria 4.0 en la página: www.grafcan.es

GRADO DE METEORIZACIÓN DE UNA ROCA ÍGNEA

Grado	Estado (*)	Características (**)	Excavabilidad
VI	Suelo residual	No aparece textura reconocible de roca. Puede presentarse materia orgánica.	Excavable con pala manual.
V	Completamente meteorizada	La roca madre está completamente alterada pero la textura de roca es ligeramente reconocible. No se pueden extraer testigos mediante perforación rotativa.	Excavable con pala manual con cierta dificultad.
IV	Muy meteorizada	Menos de 50 % roca. Se puede romper con las manos y obtener trozos grandes. A veces es posible extraer testigos mediante perforación rotativa.	Excavable manualmente con ayuda de kango neumático.
III	Moderadamente meteorizada	50 – 90 % roca. No se puede romper con las manos.	Excavable con retro-excavadora y eventual uso de martillo percutor montado en ella.
II	Algo meteorizada	Más de 90 % roca. Se presenta semejante a la roca sana. La resistencia es poco menor que la roca.	Excavable con martillo percutor montado en excavadora.
I	Roca sana	Muy resistente.	Excavable con ayuda de explosivos.

Tabla 18. Clasificación rocas ígneas (DB SE-C)

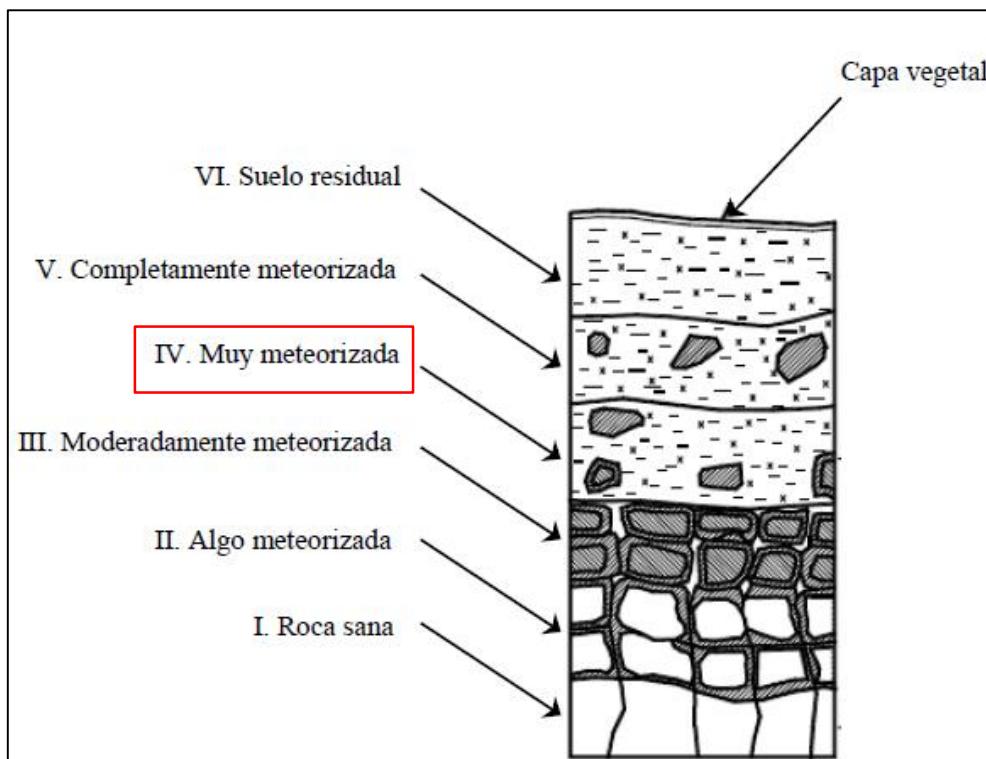


Figura 26. Esquema de capas de roca ígnea (DB SE-C)

El Código Técnico de la Edificación también establece una clasificación en función del grupo de terreno al que pertenecen los suelos ya sean favorables, intermedios o desfavorables para la edificación en ellos:

Grupo	Descripción
T-1	Terrenos favorables: aquellos con poca variabilidad, y en los que la práctica habitual en la zona es de cimentación directa mediante elementos aislados.
T-2	Terrenos intermedios: los que presentan variabilidad, o que en la zona no siempre se recurre a la misma solución de cimentación, o en los que se puede suponer que tienen rellenos antrópicos de cierta relevancia, aunque probablemente no superen los 3,0 m.
T-3	Terrenos desfavorables: los que no pueden clasificarse en ninguno de los tipos anteriores. De forma especial se considerarán en este grupo los siguientes terrenos: a) Suelos expansivos b) Suelos colapsables c) Suelos blandos o sueltos d) Terrenos kársticos en yesos o calizas e) Terrenos variables en cuanto a composición y estado f) Rellenos antrópicos con espesores superiores a 3 m g) Terrenos en zonas susceptibles de sufrir deslizamientos h) Rocas volcánicas en coladas delgadas o con cavidades i) Terrenos con desnivel superior a 15º j) Suelos residuales k) Terrenos de marismas

Tabla 19. Clasificación del terreno (CTE)

En el caso del terreno que se ha analizado se trata de un suelo T-1, lo cual significa que es **favorable para la construcción**.



ANÁLISIS DEL MINISTERIO DE DEFENSA



PENÍNSULA DE LA ISLETA

Propiedad: 35001005 Ejército: Ejército de Tierra Superficie (ha): 515,41
 Comunidad Autónoma: Canarias Provincia: Las Palmas
 Término Municipal: Las Palmas de Gran Canaria

CONTEXTO GEOLÓGICO		(Mapa Geológico Nacional. IGME. 1994)	
Unidades Geológicas		Subunidades Geológicas	SUPERFICIE (ha)
- Islas Canarias		Islas centrales	466,51
- Sin definir unidad		Sin definir subunidad	48,91
LITOLOGÍA		(Mapa de Litologías de España. IGME. 1994)	
Nombre		Superficie (ha)	
- Rocas volcánicas maficas			515,41
CUENCA		(Demarcaciones Hidrográficas. MARM. 2008)	
Nombre		Superficie (ha)	
- CANARIAS			515,41
SUBCUENCA		Superficie (ha)	
Nombre		Superficie (ha)	
- GRAN CANARIA			515,41
UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS		(Unidades Hidrogeológicas de España. MARM. 2007)	
Nombre		Código	Superficie (ha)
- GRAN CANARIA		11.01	515,41
UNIDADES DE PAISAJE		(Atlas de los Paisajes de España. MARM. 2004)	
Tipo de paisaje		Superficie (ha)	
- 112.- CAPITALES CANARIAS Y SU PERIURBANO			515,41
SISTEMAS NATURALES		(Cartografía de Sistemas Naturales. OAPN-MARM. 2004)	
Formaciones vegetales		Superficie (ha)	
- Cultivos		264,925	
- SEMIDESIERTO SOBRE LAVAS Y PICÓN (plantas adaptadas a estos ambientes)		54,805	
- Tabaibales y cardonales hiperxerófilos (Euphorbia spp.)		195,683	
HÁBITATS (Directiva 92/43/CEE)		(BDB. Hábitat Español. MARM. 1997)	
Superficie total de Hábitats (ha):	80,29		
Cód. UE	Concepto		Priorit.
- 1250	Acantilados con vegetación endémica de las costas macaronésicas		
- 5330	Matorrales termomediterráneos y pre-estepicos		
ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS PRESENTES		(MARM. 2010)	
Categoría	Nombre	Superficie (ha)	
- Paisaje Protegido	La Isleta	374,41	
LUGARES DE IMPORTANCIA COMUNITARIA (LIC)		(MARM. 2010)	
Nombre	Código	Superficie (ha)	
- ÁREA MARINA DE LA ISLETA	ES7010016	0,97	

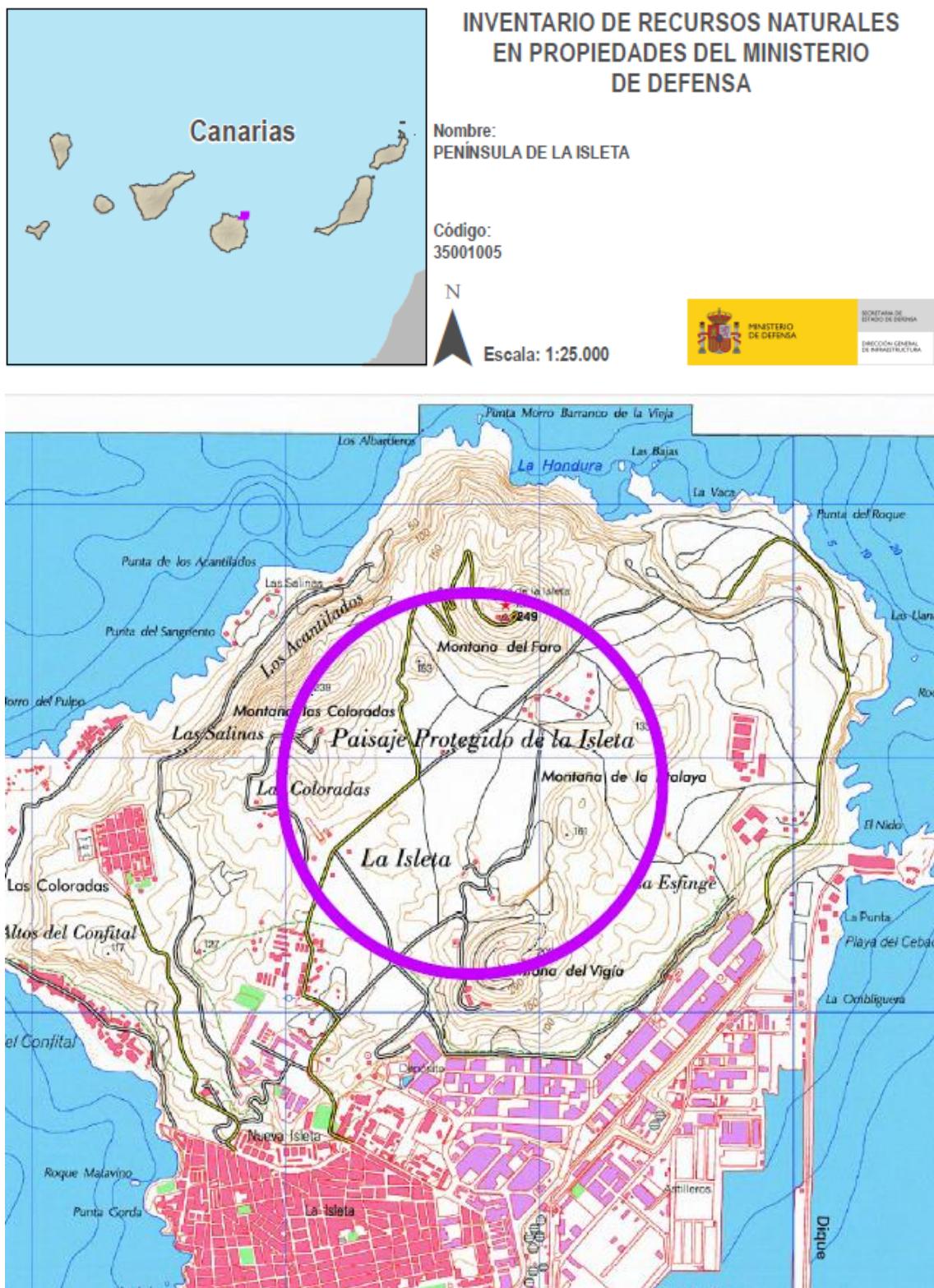


Figura 27. Plano topográfico de situación (CMT la Isleta)

ANÁLISIS ESPECIES PROTEGIDAS



INFORME DE ESPECIES PROTEGIDAS

Fecha: 14/2/2016

MAPA DE SITUACIÓN - CUADRÍCULA DE 500x500 m.

Ámbito: Gran Canaria

Coordenadas UTM del centro de la cuadrícula: x=458.750 y=3.115.750



INFORME DE ESPECIES PROTEGIDAS

Fecha: 14/2/2016

RELACIÓN DE ESPECIES PROTEGIDAS PRESENTES EN LA CUADRÍCULA

Nombre científico	Nombre común	Endémica	Origen
<i>Hemicycla saulcyi saulcyi</i>	Chuchanga ocre de La Isleta	✓	Nativo seguro (NS)
<i>Napaeus isletae</i>	Chuchanguita de La Isleta	✓	Nativo seguro (NS)

INFORMACIÓN GENERAL DE LAS ESPECIES PROTEGIDAS

Distribución por islas	EH	LP	LG	TF	GC	FV	LZ
<i>Hemicycla saulcyi saulcyi</i>					✓		
<i>Napaeus isletae</i>						✓	

Categoría de protección en el Catálogo Canario de Especies Protegidas¹

	Isla	Categoría
<i>Hemicycla saulcyi saulcyi</i>	Gran Canaria	Interés para los ecosistemas canarios
<i>Napaeus isletae</i>	Gran Canaria	Interés para los ecosistemas canarios

