



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO Y PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE AYUDA PARA LA CONCEPCIÓN DE OPERACIONES

Autor

Raúl Prieto Domínguez

Directores

Directora académica: María Ángeles Rubio Pastor

Director militar: Juan Luis De La Casa Beltrán



Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a la Brigada “Almogávares” VI de Paracaidistas, Base “Príncipe” ubicada en Paracuellos del Jarama (Madrid) su acogida y apoyo durante mi periodo de prácticas. En especial, a los cuadros de mando de la II Bandera que dedicaron parte de su tiempo a instruirme y proporcionarme la información necesaria para poder desarrollar este Trabajo de Fin de Grado.

Asimismo, quiero expresar mi agradecimiento a Dña. Marian Rubio Pastor, como directora académica, por su apoyo y guía continua, por su paciencia, y por su dedicación plena en este proyecto. Agradecer también al Capitán D. Juan Luis De La Casa Beltrán, director militar, por trasladarme sus conocimientos y experiencia en el sistema objeto de estudio, además de su pasión por la vida militar y el paracaidismo.

No quiero pasar por alto, mi agradecimiento al Subteniente Miguel Ángel García Hernández, del Mando de Operaciones Especiales (MOE), creador del sistema SACO 3D, y a todo el personal de la Compañía de Reconocimiento Avanzado que ha facilitado que este proyecto salga adelante, en especial al Brigada Cantero y al Cabo León.

Por último y no menos importante, hacer mención a mi familia. Quiero agradecerles su comprensión y apoyo constante desde que empecé mi periodo de formación hasta su finalización, con la realización de este trabajo.



RESUMEN

Desde mediados del siglo pasado, el Ejército de Tierra español a través de unidades paracaidistas especializadas ha sido capaz de desplegarse tras las líneas enemigas, rompiendo su sistema de defensa en línea mediante operaciones aerotransportadas y de asalto aéreo.

En el año 2008 se creó una compañía de Reconocimiento Avanzado en la BRIPAC (Brigada Paracaidista), denominada CRAV. Se trata de una unidad especializada en la inserción mediante lanzamiento paracaidista en la modalidad de alta cota con empleo de oxígeno (HALO-HAHO). HALO High Altitude-Low Opening (Gran altitud-Baja apertura), HAHO High Altitude-High Opening (Gran altitud-Alta apertura).

Esta unidad es una compañía cuyo objetivo principal es el reconocimiento en profundidad del terreno para la obtención de información precisa y en tiempo oportuno sobre el enemigo, el terreno o la meteorología, integrándose plenamente en la estructura ISTAR (Inteligencia, Vigilancia, Adquisición de Objetivos y Reconocimiento).

Esta unidad especializada, en sus orígenes, para conseguir llegar al punto de impacto deseado (DIP), a través del salto HALO-HAHO, realizaba los cálculos de manera manual, pero gracias al trabajo de más de 30 años de un subteniente de la BRIPAC y posteriormente del MOE se creó lo que hoy se denomina Sistema de Ayuda para la Concepción de Operaciones 3D (SACO 3D).

SACO 3D es un sistema informático que permite realizar de manera automática los cálculos necesarios para realizar un salto a alta cota reduciendo el tiempo de planeamiento y aumentando la precisión de los datos.

El objetivo de este proyecto de fin de grado ha sido analizar y conseguir mejorar la versión que actualmente existe del SACO 3D. Para ello, lo que se ha hecho a través de una metodología cualitativa, basada en la observación y experimentación, ha sido buscar errores, deficiencias y carencias en el sistema. Todo esto se ha conseguido a través de un estudio exhaustivo del sistema, a través del análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades) y CAME (Corregir, Afrontar, Mantener y Explotar) y, sobre todo, a través de entrevistas y encuestas a usuarios habituales de la aplicación.

Tras analizar toda esta información, el proyecto finaliza con el planteamiento de posibles correcciones y mejoras, todas ellas abordables en mayor o medida tras analizar su viabilidad, con un análisis de riesgos y costes.

PALABRAS CLAVE

Asalto aéreo, Salto HALO-HAHO, sistema SACO 3D



ABSTRACT

Since the middle of the last century, the Spanish Army through specialized paratrooper units has been able to deploy units behind enemy lines breaking their line defense system through airborne and air assault operations.

In 2008 an Advanced Reconnaissance Company was created in the BRIPAC (Parachute Brigade) called CRAV, a unit specialized in insertion by parachute drop in the high-altitude mode using oxygen (HALO-HAHO), HALO High Altitude-Low Opening, HAHO High Altitude-High Opening.

This unit is a company whose main objective is to carry out deep reconnaissance to obtain accurate and timely information of the enemy, terrain or meteorology, fully integrated into the ISTAR structure (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance).

This specialized unit, in its origins, in order to reach the desired point of impact (DIP), through the HALO-HAHO jump, performed the calculations manually, but thanks to the work of more than 30 years of a Sergeant Major of the Army who served on the Spanish Airborne and Spanish Special Forces, created what today is called SACO 3D.

SACO 3D is a computer system that automatically performs the necessary calculations to perform a high-altitude jump, reducing planning time and increasing data accuracy.

The objective of this final degree project has been to analyze and improve the current version of SACO 3D. To do this, what has been done through a qualitative methodology based on observation and experimentation, has been to look for errors, deficiencies, and shortcomings in the system. All this has been achieved through an exhaustive study of the system, through SWOT analysis (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats) and CAME (Correct, Assume, Maintain and Exploit) and above all through interviews and surveys to regular users of the application.

After analyzing all this information, the project ends with the proposal of possible corrections and improvements, all of which can be achievable in an easier or a harder way after analyzing their feasibility, with an analysis of risks and costs.

KEYWORDS

Air assault operations, HALO-HAHO jump, SACO 3D system



ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN.....	II
ABSTRACT	III
ÍNDICE DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS	VIII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Contextualización.....	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Ámbito de aplicación.....	3
1.4. Estructura y planificación temporal del trabajo	4
1.5. Enfoque del trabajo y objetivos.....	5
1.6. Estructura de la memoria.....	5
1.7. Limitaciones del trabajo	6
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	7
2.1. Objetivos	7
2.1.1. Objetivo General.....	7
2.1.2. Objetivos Específicos	7
2.2. Alcance	7
2.3. Metodología	7
3. ESTADO DEL ARTE: ANÁLISIS DEL SACO 3D	9
3.1. Inicios del sistema.....	9
3.2. Funcionamiento del sistema	10
3.3. Análisis DAFO.....	16
3.4. Análisis CAME	17
4. PROPUESTAS DE MEJORA	19
4.1. Mejoras en la interfaz del sistema	19
4.2. Selección de waypoints	22
4.3. Creación de un aplicación móvil.	25
4.4. Creación de un documento normalizado.....	27
5. CONCLUSIONES	30



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
ANEXOS	32
1. Anexo I: Entrevista Brigada Cantero	32
2. Anexo II: Entrevista Cabo León.....	34
3. Anexo III: Entrevista Capitán de la Casa	36
4. Anexo IV: Entrevista Sargento Buyoso	38
5. Anexo V: Resultados de la Encuesta Google Forms	40
6. Anexo VI: Tabla de visibilidad nocturna.....	44
7. Anexo VII: Briefing pilotos	45
8. Anexo VIII: Capturas de Google Earth.....	46
9. Anexo IX: Ventana de selección del Punto Alpha	47



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Diagrama de Gantt de las actividades realizadas. Elaboración propia	5
Tabla 2: Análisis DAFO del Sistema. Elaboración propia.....	16
Tabla 3: Riesgos de la mejora de la interfaz. Elaboración propia.....	21
Tabla 4: Resumen de los riesgos de la mejora de la interfaz. Elaboración propia.....	21
Tabla 5: Posible formato de la tabla de los waypoints. Elaboración propia.....	23
Tabla 6: Riesgos de la mejora en la selección de los waypoints. Elaboración propia.....	24
Tabla 7: Resumen de los riesgos de mejorar los waypoints. Elaboración propia.	24
Tabla 8: Riesgos de la creación de la aplicación. Elaboración propia.....	26
Tabla 9: Resumen riesgos de la creación de la aplicación. Elaboración propia.....	26
Tabla 10: Riesgos de la creación del documento normalizado. Elaboración propia.	28
Tabla 11: Resumen de los riesgo de creación del documento normalizado. Elaboración propia.	29



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Foto salto HALO. Cabo León, CRAV.....	2
Figura 2: Gráficos y fórmulas para el cálculo del HARP. Manual de adiestramiento para lanzamientos HALO-HAHO.....	2
Figura 3: Imagen inicial del SACO 3D. Captura de pantalla SACO 3D.....	3
Figura 4: Foto salto paracaidista de apertura manual sin oxígeno. Cabo León	4
Figura 5: Foto salto paracaidista de apertura automática. Elaboración propia	4
Figura 6: Vista general inicial del Sistema. Captura de pantalla SACO 3D.....	11
Figura 7: Herramientas disponibles en la vista inicial. Captura de pantalla SACO 3D.....	12
Figura 8: Ventana para importar la predicción meteorológica. Captura de pantalla SACO 3D..	12
Figura 9: Ventana para definir el NOTAM. Captura de pantalla SACO 3D.	13
Figura 10: Resultados iniciales obtenidos. Captura de pantalla SACO 3D.	14
Figura 11: Vista final con los waypoints introducidos. Captura de pantalla SACO 3D.	15
Figura 12: Gráfico del análisis CAME. Elaboración propia.	17



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

A/C	Air Commander.
A/E	Área de Embarque.
AGL	Above Ground Level.
APM	Apertura Manual.
BRIPAC	Brigada Paracaidista del Ejército de Tierra.
B/A	Base Aérea.
CRAV	Compañía de Reconocimiento Avanzado.
CDS	Container Delivery System.
DIP	Desire Impact Point.
DL	Director de Lanzamiento.
D/Z	Drop Zone.
ETA	Estimated Time of Arrival.
FL	Fly Level.
HAHO	High Altitude High Opening.
HALO	High Altitude Low Opening.
HARP	High Altitude Release Point.
HF	High Frequency.
IP	Initial Point.
IR	Infrarrojos.
JS	Jefe de Salto.
KIAS	Knots Indicated Air Speed.
MSL	Mean Sea Level.
NOTAM	Notice to Airmen.
RP	Release Point.
S/C	Supervisor de Carga.
SACO 3D	Sistema de Ayuda para la Concepción de Operaciones 3D.
TOT	Time Over Target.
UHF	Ultra High Frequency.
UTM	Universal Transverse Mercator.
VHF	Very High Frequency.
Z	Hora militar referida a UTC.
Z/E	Zona de embarque.





1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contextualización

Tras las guerras que acontecieron a principios del siglo XX, apareció la necesidad de instruir unidades capaces de ser desplegadas tras las líneas enemigas con el objetivo principal de romper el sistema de defensa en línea, propio de la época. De este modo, al conseguir una brecha en la línea defensiva, se aumentaba la efectividad de los esfuerzos que realizaban las unidades de vanguardia y se obtenía una mayor probabilidad de victoria en la campaña realizada.

Debido a la necesidad anteriormente comentada y con la creación de las unidades paracaidistas españolas a mediados del siglo XX, aparecieron en el Ejército de Tierra español las misiones que maximizaban su utilidad dando lugar a operaciones aerotransportadas¹ y de asalto aéreo².

La evolución y mejora de los materiales utilizados en el salto paracaidista y de las tácticas, técnicas y procedimientos militares se produjo a través de la realización de manera asidua de ejercicios prácticos, que permitían identificar los errores cometidos. Esta mejora provocó la creación de una unidad más específica, aun si cabe, que las propias unidades paracaidistas regulares: la Compañía de Reconocimiento Avanzado (CRAV).

Esta unidad sería capaz de realizar, con equipos operativos de menor entidad, operaciones militares de manera más precisa e incluso afrontar con éxito aquellas que supusiesen una mayor complejidad. La mejora de las aeronaves y los sistemas externos de aporte de oxígeno hicieron posible que la CRAV se especializara en los saltos paracaidistas a alta cota³ con necesidad de oxígeno, conocidos como saltos HALO⁴-HAHO⁵.

¹ **Operación aerotransportada:** operación conjunta en la que fuerzas terrestres, especialmente organizadas, equipadas e instruidas, son transportadas por vía aérea a una zona de objetivos, con capacidad para librar combate inmediato a su llegada al suelo (3).

² **Operación de asalto aéreo:** modalidad específica de incursión en la que fuerzas ligeras, integradas con unidades de helicópteros, aprovechan la potencia de fuego y movilidad de estas últimas para atacar y destruir una fuerza enemiga u ocupar y mantener un punto clave del terreno (3).

³ **Alta Cota (HA) (High Altitude):** un lanzamiento se produce a Alta Cota cuando se origina desde una aeronave en vuelo por encima de FL 120 de altitud (para lanzamiento de personal) o más de 3.000 ft AGL (para lanzamiento de cargas) (4).

⁴ **HALO (High Altitude Low Opening):** consiste en un lanzamiento a una altura superior o igual a los 18.000 ft (MSL) con apertura del paracaídas entre (3.500 – 5.000 ft AGL.) (2).

⁵ **HAHO (High Altitude High Opening):** consiste en un lanzamiento a una altura superior o igual a los 18.000 ft (MSL) con apertura inmediata del paracaídas (2).



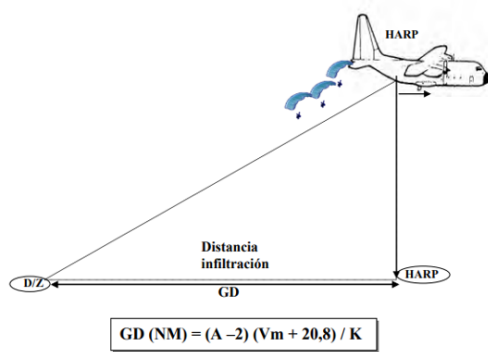
Figura 1: Foto salto HALO. Cabo León, CRAV.

Con la aparición y desarrollo de nueva tecnología, debido al paso del tiempo, los cálculos que antiguamente se realizaban a mano para la obtención del punto de impacto deseado (DIP), son remplazados mediante el uso del Sistema de Ayuda para la Concepción de Operaciones 3D (SACO 3D), que es objeto de estudio y mejora de este trabajo fin de grado.

1.2. Antecedentes

Durante los años en los que el uso de los sistemas informáticos no era tan habitual como en nuestro día a día, los cálculos de los lanzamientos paracaidistas a alta cota se realizaban manualmente. Este hecho generaba diversas imprecisiones debido a fallos humanos u omisión de variables que afectan en la navegación de un paracaidista, tanto con la campana abierta como en la caída libre previa a la apertura de la campana.

2.1.- GRAFICO Y FORMULACIÓN PARA EL CÁLCULO DEL HARP PARA LANZAMIENTO HAHO.



2.2.- GRAFICO Y FORMULACIÓN PARA EL CÁLCULO DEL HARP PARA LANZAMIENTO HALO

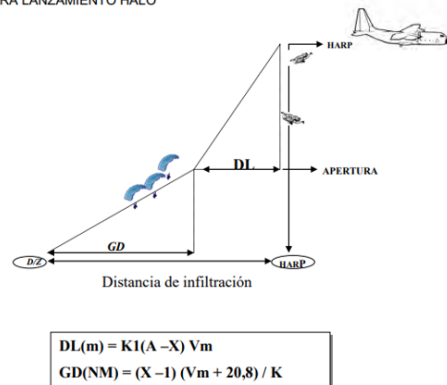


Figura 2: Gráficos y fórmulas para el cálculo del HARP. Manual de adiestramiento para lanzamientos HALO-HAHO

La técnica que se empleaba se basa en el cálculo de las coordenadas exactas en las que el avión da la luz verde a los paracaidistas, para permitir su salida del avión, consiguiendo que estos tomen tierra sobre el objetivo deseado. Este punto en el cual los paracaidistas comienzan el salto es conocido como High Altitude Release Point (HARP). En este cálculo se obtienen las coordenadas del HARP a través de la altitud establecida para el salto, el peso medio de los paracaidistas, el paracaídas utilizado, el punto de impacto deseado, y la fuerza y dirección del viento por capas, entre otras numerosas variables.



En conversaciones mantenidas con el Subteniente García Hernández, creador del sistema en el que se centra este estudio, transmitió que durante más de 30 años estuvo viendo y sufriendo tanto en la Brigada Paracaidista (BRIPAC) como en la Escuela Militar de Paracaidismo cómo se realizaban los cálculos de lanzamiento, basándose en una fórmula. Los datos utilizados para este cálculo provenían de una medida con un transportador T-12 sobre un plano 1:50.000 y una información meteorológica que cubría únicamente las bases aéreas.

Cuando le destinaron al Mando de Operaciones Especiales (MOE) y le dieron la responsabilidad del paracaidismo, dedicó sus últimos 12 años de servicio a buscar y mejorar herramientas existentes en otros países para el salto paracaidista. De este modo, con los recursos que tenía a su alcance, la hoja de cálculo Excel y la información procedente de internet, fue trabajando en un proyecto que se conoce como SACO 3D.



Figura 3: Imagen inicial del SACO 3D. Captura de pantalla SACO 3D.

El objetivo principal del nuevo sistema era evitar el error humano en el cálculo y dejar que el operador se dedicara exclusivamente a preparar su equipo de lanzamiento, siendo el jefe de patrulla y el paracaidista más experimentado los encargados del estudio y planificación, enviando toda la información necesaria a los dispositivos de navegación, sin la intervención de los saltadores.

Con la aparición del SACO 3D, que se describirá más adelante, estos cálculos son automatizados, reduciendo el tiempo de planeamiento y aumentando la precisión de los datos obtenidos. Sin embargo, como todo sistema informático, necesita de un administrador que vaya adecuando las necesidades de los usuarios a la realidad del sistema. Con el objetivo de cubrir esta necesidad se realiza este estudio, cuya finalidad es buscar mejoras en la versión actual del sistema para conseguir una mayor fluidez en su uso, además de una mayor precisión en los cálculos.

1.3. **Ámbito de aplicación**

El estudio del sistema y la posible implementación de mejoras en él tienen únicamente aplicación en el ámbito militar, debido a su alta especificidad y, sobre todo, a que todo sistema de uso militar es confidencial. La confidencialidad en este sentido es clave para aumentar la seguridad de nuestras tropas en caso de conflicto bélico, ya que, si se hiciese público, el enemigo sabría la manera de proceder de nuestras unidades. A pesar de ser de uso confidencial, este sistema tiene unas bases comunes con los sistemas de cálculo paracaidista de otros países como Francia y Estados Unidos. De este modo, debido a que las capacidades que proporciona el sistema son tan especiales, en el ámbito internacional se restringiría su difusión exclusivamente a aquellos países que mantienen una alianza con España.



En el ámbito nacional, este trabajo puede ser de utilidad únicamente a las cuatro unidades de las Fuerzas Armadas (FAS) que realizan saltos paracaidistas con necesidad de navegación. En el Ejército del Aire (EA), en el Escuadrón de Zapadores Paracaidistas (EZAPAC). En la Armada podrían utilizarlo los componentes de la Fuerza de Guerra Naval Especial (FGNE). En el Ejército de Tierra (ET), podría ser aplicable en el Mando de Operaciones Especiales (MOE) y en la Brigada Paracaidista (BRIPAC), lugar donde se han realizado las prácticas externas y por tanto fuente de información para el estudio de este trabajo. Dentro de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado, destaca el Grupo Especial de Operaciones (GEO) de la Policía Nacional, que también realiza saltos paracaidistas a alta cota, en los que emplea este sistema para realizar los cálculos del punto de impacto deseado.

A pesar de que el SACO 3D sea empleado en mayor medida para los cálculos de los saltos paracaidistas a alta cota, también puede ser utilizado en saltos paracaidistas a baja cota en modalidad de apertura automática⁶ y apertura manual sin empleo de una fuente de oxígeno externa.



Figura 5: Foto salto paracaidista de apertura automática.
Elaboración propia



Figura 4: Foto salto paracaidista de apertura manual sin oxígeno. Cabo León

1.4. Estructura y planificación temporal del trabajo

El primer paso que se ha realizado a la hora de hacer la planificación temporal de este trabajo ha sido definir las actividades que se debían realizar para llevarlo a cabo durante el periodo de prácticas. Posteriormente se ha realizado una secuenciación de estas, estimando también el tiempo que llevaría desarrollar cada una de ellas. El resultado de esta tarea se ha plasmado mediante el Diagrama de Gantt (ver tabla 1), cuyo objetivo no es más que disponer de una herramienta en la que poder visualizar todo el desarrollo del proyecto. Se trata, de un gráfico sencillo que permite ver el momento en el cual se ha desarrollado cada una de las tareas que componen el proyecto. Con este diagrama, se ha conseguido visualizar la programación y hacer un seguimiento de los logros.

⁶ **Lanzamiento con apertura automática:** es aquel en el que la apertura del paracaídas se produce mediante un dispositivo conectado a la aeronave (4).



	Nombre	Duración	5-11 Sep		12-18 Sep		19-25 Sep		26 Sep - 2 Oct		3-9 Oct		10-16 Oct		17-23 Oct		24-30 Oct																								
			L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J
1	Introducción al Sistema	1s																																							
2	Aquisición de conocimientos paracaidistas generales	2s																																							
3	Conocimiento avanzado de la aplicación	1s																																							
4	Visita Cia de Lanzamiento y CRAV	4d																																							
5	Resolución de ejercicios teóricos	12d																																							
6	Realización de entrevistas	1s																																							
7	Realización de encuestas	1s																																							
8	Recopilación de Información	2s																																							
9	Redacción de la memoria	5s																																							

Tabla 1: Diagrama de Gantt de las actividades realizadas. Elaboración propia

En el eje vertical se detalla la lista de tareas acometidas, mientras que en el eje horizontal se incluye el cronograma del proyecto. Por lo tanto, cada barra del diagrama de Gantt representa una tarea y su longitud la duración de esta.

El hecho de haber realizado las actividades de manera cronológica ha permitido realizar el seguimiento de los plazos y el orden de las tareas. El tiempo desde el comienzo de la primera tarea hasta completar la última representa la duración del proyecto.

1.5. Enfoque del trabajo y objetivos

Debido a la especificidad del sistema, y su uso aislado y particular en las unidades mencionadas en el apartado 1.3 de esta introducción, este trabajo está planteado desde un punto de vista práctico y, como se ha expresado anteriormente, de aplicación exclusivamente militar. El estudio de la mejora del sistema se centra en su uso en la BRIPAC, más específicamente en su empleo por parte del personal de la CRAV. A pesar de esto, es previsible que las modificaciones y mejoras conseguidas sean aprovechadas por todos los usuarios de las diferentes unidades de las Fuerzas Armadas que hacen uso del sistema.

Dado que no existen estudios o investigaciones previas sobre el sistema, el trabajo se basa en la búsqueda de mejoras a través de las sugerencias de cambio realizadas por parte de los usuarios habituales y obtenidas a través de entrevistas y encuestas (Anexos I-V).

Entre los diferentes objetivos planteados, el objetivo principal del trabajo es conseguir una versión mejorada del SACO 3D. Para ello, el objetivo secundario más destacado es buscar errores, deficiencias y carencias en el sistema, para su posterior corrección y mejora. Se afronta la consecución del objetivo secundario mediante el estudio exhaustivo de los procesos y las herramientas más utilizados en el sistema.

1.6. Estructura de la memoria

La memoria está dividida en 5 apartados sucintamente diferenciados en el índice.

En el apartado 1 se hace una introducción sobre el tema objeto de estudio: el Sistema de Ayuda para la Concepción de Operaciones 3D al que este trabajo se refiere como SACO 3D. En este apartado lo que se hace es poner en contexto cómo nace este sistema, cómo era en sus inicios a través de los antecedentes y cuál es su aplicación actual y futura dentro, sobre todo, del ámbito militar. Así mismo, se ha hecho una planificación temporal de lo que ha sido el trabajo en toda su extensión, expresando al final de este apartado las limitaciones que se han encontrado en el desarrollo del mismo.



Seguidamente, en el apartado 2, se han plasmado los objetivos del proyecto, la metodología utilizada y el alcance que pueden tener los resultados obtenidos tras este estudio de investigación y análisis.

A continuación, el apartado 3 lo constituye el estado del arte, donde se realiza un estudio detallado de lo que es actualmente el sistema SACO 3D. En este punto, se explica cómo fueron los inicios del sistema, y de manera exhaustiva se presenta cómo funciona el sistema. Seguidamente, y a través de entrevistas y encuestas realizadas a usuarios habituales del sistema, se utiliza el análisis DAFO para, junto con un análisis CAME, poner de manifiesto cuáles son las propuestas de mejora que se pueden hacer a la aplicación que finalmente se desarrollan en el punto 4.

En este último punto, el apartado 4, se desarrollan las cuatro propuestas de mejora del actual sistema SACO 3D que se exponen detalladamente, incluyendo un análisis de riesgos y costes de cada una de ellas.

La memoria llega a su fin en el apartado 5, con el desarrollo de las conclusiones del proyecto realizado.

1.7. Limitaciones del trabajo

La realización de todo trabajo o proyecto cuenta con factores limitantes que restringen en uno o varios campos el desarrollo de este. A pesar de que existan estas limitaciones, se ha buscado la forma de reducir al mínimo posible su impacto, permitiendo que el desarrollo del trabajo se realizase con normalidad. Destacan dos limitaciones:

- Dificultad técnica

El alto nivel de conocimientos específicos que requiere el uso del sistema hace que el desarrollo del trabajo esté limitado a la adquisición de dichos conocimientos, antes de afrontar el estudio de las diferentes mejoras que se pueden plantear. Así mismo, el personal que sabe utilizar el sistema y tiene estos conocimientos especializados es muy reducido, lo que supone un factor limitante a la hora de adquirir dicha información.

- Tiempo disponible

El periodo de tiempo con el que se cuenta durante las prácticas externas es también reducido, lo que establece un factor limitante claro que afecta directamente a la realización del trabajo. En este periodo de prácticas de seis semanas se ha recopilado toda la información y se han realizado las entrevistas y encuestas necesarias para la redacción de la memoria. El ritmo de trabajo y el nivel de instrucción que hay en la Brigada Paracaidista es muy alto lo que supone un reto añadido a la hora de coordinar los hitos diarios de la unidad con los objetivos marcados para la realización del proyecto. De este modo, durante las dos semanas de instrucción en el campo y las dos continuadas realizadas, se ha buscado orientar las actividades llevadas a cabo para aprovechar y extraer información relevante para este trabajo.



2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo General

El objetivo principal que se pretende conseguir con la realización de este proyecto es analizar la efectividad y la practicidad del sistema, así como plantear posibles mejoras para perfeccionar el Sistema de Ayuda para la concepción de Operaciones (SACO 3D). El estudio se centra en el análisis del propio sistema y de las deficiencias que los usuarios habituales han identificado a través del uso.

A pesar de que el sistema es utilizado por cuatro unidades dentro de las FAS españolas, (información explicada en el apartado 1.3 de la memoria), en el análisis realizado adquiere gran peso la opinión del personal de la Brigada Paracaidista que utiliza el sistema, ya que es la unidad donde se han realizado las prácticas.

2.1.2. Objetivos Específicos

Para poder alcanzar el objetivo general se ha establecido una serie de objetivos específicos.

- Estudiar el procedimiento de uso del sistema.
- Conocer las necesidades de un usuario habitual del sistema.
- Extraer los fallos que tiene el sistema durante su uso.
- Plantear modificaciones que cubran los fallos del sistema.
- Estudiar la viabilidad a nivel técnico y práctico de las mejoras planteadas.
- Cuantificar económicamente el coste de las mejoras planteadas.

2.2. Alcance

Los resultados extraídos en este trabajo se podrán aplicar para incorporar mejoras en el sistema con el objetivo de facilitar su utilización a los usuarios.

Así mismo, también se plantan las bases para dar comienzo a un proyecto de creación de una aplicación para móviles y tablets (App) que permita a los jefes de una patrulla de reconocimiento en profundidad (PRP) verificar, minutos antes del salto, que las condiciones meteorológicas, que han sido usadas en el cálculo realizado, no difieren mucho de las que hay en realidad y se puede realizar el salto con el planeamiento realizado en tierra. Esta misma App podrá sustituir al actual sistema en el cálculo del HARP.

2.3. Metodología

A lo largo del trabajo se han utilizado diferentes métodos para poder extraer la información necesaria con la que plantear las máximas mejoras posibles, desde diferentes puntos de vista.

Se ha intentado realizar una revisión bibliográfica, sin embargo, no ha sido concluyente ya que el sistema objeto de estudio tiene un componente muy técnico y es aplicable a pocas unidades, de modo que no existen fuentes de información que aporten datos relevantes al estudio del trabajo.



El principal método utilizado ha sido la búsqueda de información cualitativa a través de fuentes primarias, en concreto, a través de entrevistas (Anexos I-IV). Debido al tiempo limitado del que se dispone en el periodo de prácticas externas, se han escogido minuciosamente los sujetos a entrevistar con el objetivo de obtener la información más relevante posible. Es por ello, por lo que adquiere una gran importancia la información extraída de la entrevista realizada al Brigada Cantero, uno de los responsables de la evolución que ha usado el sistema desde su creación hasta la actualidad (Anexo I).

El empleo de este método con varios usuarios del sistema ha permitido recabar diferentes opiniones sobre su uso y extraer los fallos a los que se enfrentan. También se han utilizado encuestas (Anexo V) para corroborar la validez de los datos obtenidos a través de las entrevistas y comprobar si la opinión respecto a los fallos extraídos es compartida por el resto de usuarios del sistema.

Se ha utilizado, también, el método de observación y experimentación para corroborar la fiabilidad y eficacia del sistema. Cabe destacar que las mejoras planteadas en este trabajo, antes de la publicación del mismo, no han sido testadas ni comprobadas debido a la imposibilidad técnica que tiene un usuario sin una cualificación específica a la hora de introducir dichas mejoras en el sistema.

En resumen, se han utilizado metodologías cualitativas ya que tanto los fallos como las mejoras, obtenidas a través de las entrevistas, encuestas y observación directa, no son medibles con datos cuantitativos, sino que son extraídos a través de las experiencias de los usuarios y de sus percepciones de cara al uso del sistema.



3. ESTADO DEL ARTE: ANÁLISIS DEL SACO 3D

3.1. Inicios del sistema

Como explica el Brigada Cantero en la entrevista que se le ha realizado (Anexo I) “El Subteniente Miguel Ángel del Mando de Operaciones Especiales (MOE) y antiguo componente de la BRIPAC, tras el ejercicio «Lone Paratrooper 2018/19», vio la necesidad, al igual que hacían los franceses con su aplicación CASPER, de integrar los cálculos de saltos paracaidistas a alta cota en una aplicación.” (1)

De este modo y con las herramientas de las que disponía crea a partir de una hoja de Excel el SACO 3D. Este es el momento en el que se pasa de usar las fórmulas proporcionadas por el Ejército de Tierra en su manual de salto HALO-HAHO (2), a utilizar un sistema que proporciona un track, unos waypoints, y unos rumbos de navegación, teniendo en cuenta los vientos según las diferentes capas en altura. Sin embargo, el sistema presentaba numerosos fallos ya que se trataba de una versión muy poco testada.

Para poder subsanar estos fallos, como se explica en la entrevista (Anexo I), el sistema creado por el Subteniente Miguel Ángel es entregado al personal de la CRAV. En este punto y durante más de 200 saltos, en la modalidad específica de salto a alta cota con navegación, se fueron corrigiendo dichos fallos a través del método heurístico ensayo-error. La CRAV utilizaba el sistema en un salto real y se extraían conclusiones, tanto positivas como negativas, de ese salto.

Posteriormente, el Brigada Cantero, como portavoz de la CRAV para esta actividad, trasladaba las conclusiones al Subteniente Miguel Ángel, que corregía los aspectos señalados por los usuarios en ese salto para devolver a la CRAV una nueva versión del sistema que sería testada en el siguiente salto. Empleando este mismo procedimiento durante numerosos saltos, se consiguió llegar hasta la versión actual.

Hoy en día, el sistema permite planear saltos a alta cota de modo que se maximizan las ventajas tácticas que este tipo de saltos proporciona. Es capaz de calcular de manera automática el HARP. Entre sus diferentes herramientas, el sistema permite realizar el cálculo maximizando la distancia de infiltración⁷ o estableciendo la navegación óptima.

⁷ **Infiltración:** forma de maniobra ofensiva en la que una fuerza, generalmente de pequeña entidad, penetra sin ser detectada en el dispositivo defensivo del enemigo para atacar posiciones o alcanzar objetivos en su retaguardia (3).



3.2. Funcionamiento del sistema

En la explicación del uso del sistema, tiene gran importancia la apreciación visual. Es por ello, por lo que se utilizarán capturas de pantalla acompañando a la explicación para poder otorgar al lector una mayor comprensión.

El sistema, creado a partir de una hoja de Excel, basa su funcionamiento en una base de datos, en las variables a establecer según el salto y en unas herramientas habilitadas para realizar el planeamiento. Como resultado de los cálculos, el sistema nos proporciona unos documentos que son clave para la realización de un salto paracaidista a alta cota con los sistemas tecnológicos actuales.

1. Base de Datos

Esta es la fuente de información que nutre los cálculos que el sistema realiza. La información que contiene ya está introducida y el usuario no interviene en ella. En esta base de datos se encuentran diferentes tablas que definen los siguientes parámetros:

- Los DIP y las D/Z: se definen a través de las coordenadas del DIP y de los cuatro puntos que delimitan el rectángulo que compone la D/Z.
- Las B/A o Z/E: definidas con las coordenadas de un punto característico de la B/A en sistema MGRS, incluyendo la altura del punto.
- Constantes técnicas de los paracaídas: distancia de apertura, constante de planeo y velocidad de avance del paracaídas, entre otros.
- Velocidad de la aeronave, en función del tipo de aeronave utilizado (medido en KIAS).
- Fiabilidad de la meteorología: variable que depende de la anticipación con la que se planea el salto.
- NOTAM⁸: definido a través de coordenadas de los puntos que lo delimitan.

2. Variables a establecer

Dependiendo del salto, se utilizarán unos datos u otros, de modo que en la primera pantalla del sistema (figura 6) aparecen en amarillo todas las celdas modificables que el usuario tiene que rellenar para que el sistema realice el cálculo del HARP. En ellas aparece un desplegable con las diferentes opciones a elegir, dependiendo del contenido de cada celda.

El sistema permite modificar la hora a la que se sale del avión (TOT), la unidad que realiza el ejercicio, la altura del salto y la altura a la que el sistema ubicará el punto final, si se sigue el track, de modo que proporciona un margen de error en caso de que las condiciones meteorológicas cambien durante el salto.

⁸ **NOTAM**: aviso que contiene información relativa al estado actual, el funcionamiento, las características o modificaciones de cualquier instalación aeronáutica, servicio, procedimiento o peligro, cuyo conocimiento oportuno es esencial para el personal encargado de las operaciones de vuelo (notice to airmen) (3).



3. Herramientas habilitadas para el planeamiento del salto

El sistema incorpora herramientas que facilitan el proceso de cálculo ya que tienen un uso muy recurrente durante la utilización del mismo. Estas se encuentran en la barra superior según se indica en la siguiente imagen (figura 7).

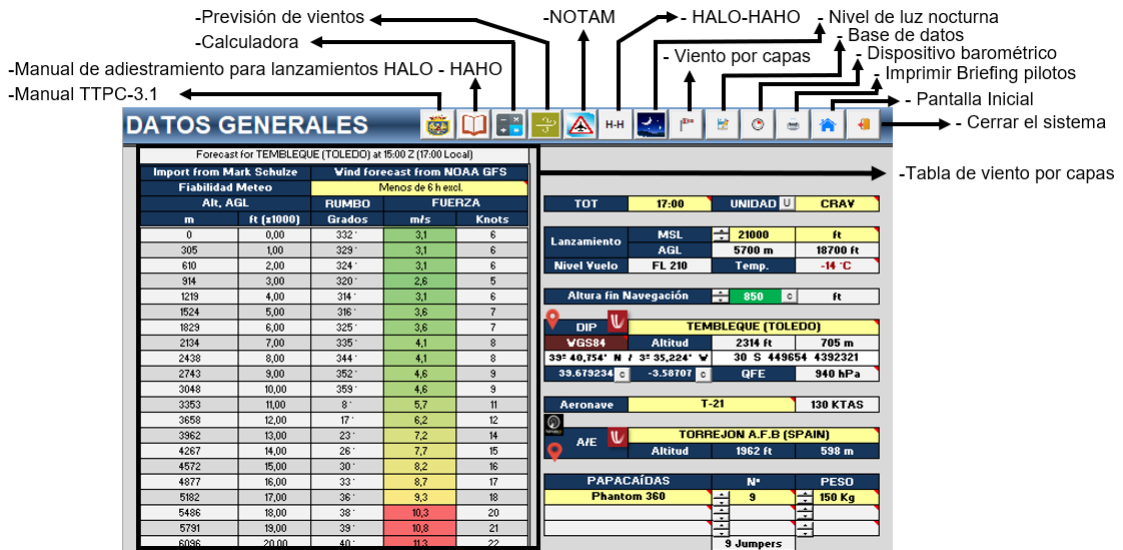


Figura 7: Herramientas disponibles en la vista inicial. Captura de pantalla SACO 3D.

Visualizando de izquierda a derecha la barra de herramientas, las dos primeras opciones nos trasladan al manual TTPC-3.1 (Normas sobre lanzamientos paracaidistas desde aeronaves militares) y al manual de adiestramiento para lanzamientos HALO-HAHO, de uso interno en las fuerzas armadas. Posteriormente, se encuentra la herramienta de calculadora.

Una de las herramientas más importantes en este punto es la que permite importar la predicción del viento por capas. Al utilizar esta herramienta se abre una ventana (figura 8) que permite seleccionar la fuente de donde se va a sacar la predicción y la hora de la predicción que se necesita, la cual tiene que coincidir con la TOT establecida. El sistema permite, dentro de esta misma ventana, seleccionar diferentes fuentes para importar la predicción meteorológica, WindsAloft, Arome, GFS o WRF.



Figura 8: Ventana para importar la predicción meteorológica. Captura de pantalla SACO 3D.

Con la siguiente herramienta se puede seleccionar el NOTAM. Al hacer uso de esta, se abre una ventana (figura 9) que permite introducir las coordenadas de los puntos que delimitan el polígono de la zona NOTAM.



Figura 9: Ventana para definir el NOTAM. Captura de pantalla SACO 3D.

Si se sigue avanzando en la barra de herramientas, se encuentra el botón “Nivel de luz nocturna” que permite importar, en caso de que la operación sea en ambiente nocturno, una tabla en la que se refleja la visibilidad (Anexo VI). Con esta información se podrá planear la inserción y conocer de antemano las condiciones a las que se enfrentarán en el salto.

A la derecha del botón “Nivel de luz nocturna”, se encuentran dos herramientas que permiten acceder a la tabla de viento por capas y a la base de datos, respectivamente. En general, estas no se utilizan de manera habitual ya que la información que contienen no se suele modificar.

La última herramienta relevante es la que permite ajustar el dispositivo barométrico individual y facilita la corrección en el altímetro. De cara a conseguir la máxima seguridad en la realización de un salto paracaidista, se utilizan los dispositivos barométricos, que abren el paracaídas a una altura establecida si el paracaidista se queda inconsciente y no es capaz de abrirlo por sus propios medios. Esta altura a la que el barométrico se activa, varía en función de la zona en la que se encuentre el DIP, ya que el sistema funciona por presión atmosférica.

El dispositivo barométrico hay que encenderlo en la Z/E y este establece de manera automática esa altura como “suelo cero”. Debido a la diferencia de alturas que puede haber entre la Z/E y el punto en el que el paracaidista sale del avión (HARP), se debe introducir una corrección. Esta sirve para que el barométrico no abra paracaídas antes de tiempo si la zona del HARP está más baja que la Z/E, o demasiado tarde si la zona del HARP se encuentra a mayor altura que la Z/E. Con una fórmula similar y debido a la misma circunstancia, esta herramienta facilita también la corrección que hay que introducir en el altímetro.

El siguiente paso que se debe dar es pulsar el botón “Calcular”. El sistema pasa a mostrar unos resultados iniciales (figura 10) y, de manera automática, guarda un archivo en formato csv, que posteriormente servirá para ver el planeamiento en Google Earth.

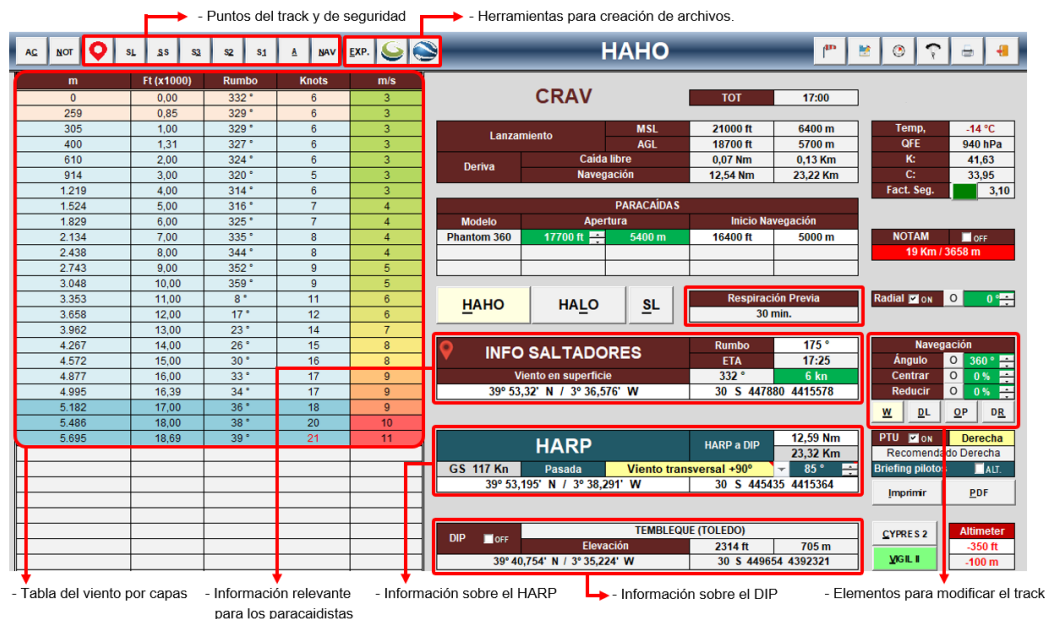



Figura 10: Resultados iniciales obtenidos. Captura de pantalla SACO 3D.

Esta información permite a los saltadores tener una idea inicial del salto que se va a realizar ya que facilita datos relevantes como el rumbo de navegación, el tiempo estimado de llegada al DIP desde la salida del avión, la dirección y velocidad del viento en superficie, y la distancia de navegación a recorrer.

En este punto, el sistema permite modificar el ángulo de pasada del avión. De este modo, en función de la necesidad táctica que se precise, se establecerá un ángulo u otro. Habitualmente se establece transversal +90° o -90° para que el avión no sobrevuele el territorio enemigo, que es donde se va a saltar.

Después de establecer las últimas condiciones del salto solo falta que el usuario que está realizando los cálculos introduzca los puntos de seguridad en el mapa a lo largo del track. Para esto, el sistema requiere que el usuario abra el mapa dentro de la propia hoja de Excel e importe uno a uno los siguientes waypoints:

- Puntos de verificación del track: a través del botón superior "NAV".
- Punto Alpha: punto de pérdida de altura, con el botón "A". En caso de que un paracaidista vaya muy alto, siempre que sea posible, utiliza este punto para realizar una maniobra, perder altura e incorporarse a la patrulla, al igual que el resto de los miembros.
- Punto OSO: punto calculado por el sistema, en el que un paracaidista inconsciente se encontraría si su sistema barométrico le abriera el paracaídas, a través del botón .
- Seguridad corto: punto planeado por el usuario para realizar la toma en caso de quedarse demasiado corto en la navegación y no llegar al DIP.
- Seguridad largo: punto planeado por el usuario para realizar la toma en caso de ir largo en la navegación y sobrepasar con demasiada altura el DIP.
- S1-S2-S3: puntos planeados por el usuario, distribuidos a lo largo del track, para realizar la toma en caso de que sea necesario, si se sufre algún incidente durante la navegación.



Una vez introducidos todos los waypoints descritos anteriormente, el cálculo se ha realizado en su totalidad y es en esta última fase cuando el sistema ofrece toda la información (figura10)

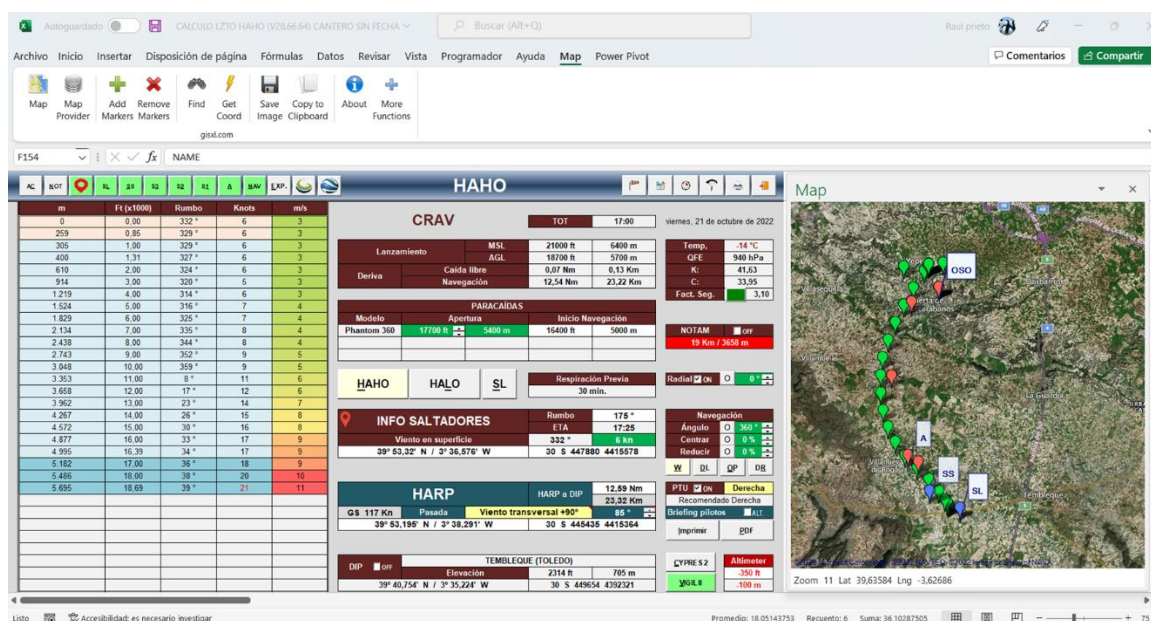




Figura 11: Vista final con los waypoints introducidos. Captura de pantalla SACO 3D.


4. Resultados obtenidos

Los resultados del cálculo realizado por el sistema se proporcionan en forma de documentos, útiles para el usuario de cara al salto. Estos documentos son dos archivos gpx para exportar a los dispositivos gps de los usuarios, un documento pdf para los pilotos y un documento en Google Earth, útil para el briefing del salto.

Para obtener estos documentos, se hace uso de las herramientas para creación de archivos, señaladas en la figura 10.

El botón  permite exportar los resultados del cálculo a dos archivos con extensión gpx que se guardan en el ordenador, uno con los waypoints y el otro con los tracks que el paracaidista utiliza durante su navegación.

El botón  permite abrir los archivos de waypoints y tracks directamente en el programa "Global Mapper" si este programa se encuentra instalado en el ordenador desde el que se ejecuta el sistema.

El botón  permite abrir una página en internet que da la posibilidad de cambiar de formato y abrir en "Google Earth" el documento que el sistema guarda de manera automática en formato csv, tras pulsar el botón "calcular".

Los botones "Imprint" y "PDF" (figura 11) permiten imprimir y guardar el briefing que el sistema genera para los pilotos. Este briefing contiene todos los datos que el piloto de la aeronave necesita para llevar a los paracaidistas al HARP establecido (Anexo VII).

3.3. Análisis DAFO

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Deficiente maniobrabilidad de la aplicación en la transferencia de los archivos (de Gpx a GPS) • Necesidad de mejorar la interfaz para disponer del mapa • Fallos en la introducción de los waypoints (un error en uno de ellos supone empezar desde el principio) • El barométrico, el altímetro, el radial y el OSO no se calculan automáticamente • Es un sistema informático que necesita conexión a internet • El manejo del sistema no es muy intuitivo • Necesita completarse con tareas que hay que hacer manualmente • La interfaz no se puede convertir a Android 	<ul style="list-style-type: none"> • Cierre repentino de la aplicación al necesitar conexión a internet • Existe incompatibilidad con algunas versiones de Excel • No todo el personal de la CRAV tiene el mismo nivel de instrucción del sistema • El sistema está desarrollado por una persona externa de la CRAV y actualmente no se realizan actualizaciones • No existe personal con los conocimientos/formación necesaria para mejorar el sistema • No es una App, utilizable en móviles y tablets • Es un sistema que no está registrado por el Ejército de Tierra
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Permite ver toda la ruta • Permite ver los diferentes waypoints • Permite el uso del GPS con su tracks • Permite saber a qué altura se encuentra un paracaidista en cada momento gracias a los waypoint de altura • Proporciona mucha seguridad y tranquilidad al paracaidista • Es un sistema muy fiable, está muy testado • El procedimiento de calculo se realiza de manera rápida y eficaz • Tiene gran utilidad a nivel táctico ya que permite realizar diferentes tipos de cálculo (optimo, windy...) 	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema te permite realizar con garantía y de manera satisfactoria inserciones nocturnas por medios paracaidistas a alta cota • Permite realizar navegaciones nocturnas con mucha seguridad • El sistema te proporciona de manera muy precisa el 100% de la información que se necesita para realizar un salto • El hecho de seguir escrupulosamente un procedimiento te garantiza seguridad en el lanzamiento • Utilizar las jornadas actuales para formar en el uso de la aplicación • Registrable por el Ejército de Tierra

Tabla 2: Análisis DAFO del Sistema. Elaboración propia.



3.4. Análisis CAME

Para poder hacer un análisis completo del sistema SACO se ha realizado un análisis DAFO (ver Tabla 2) a partir de las entrevistas realizadas a distintos perfiles de usuarios del sistema que pertenecen a la CRAV. Una vez realizado el análisis DAFO, que es en definitiva una herramienta de planificación, se ha completado el estudio con una herramienta de acción, el análisis CAME, descrito en la figura 12.

El análisis DAFO permite estudiar el sistema de una forma objetiva, buscar soluciones a los problemas encontrados y, tomar decisiones sobre los datos que se obtienen. En este análisis se han podido determinar las características internas del sistema, extraídas a partir de las Fortalezas y Debilidades, y las características externas, deducidas a través de las Oportunidades y Amenazas.

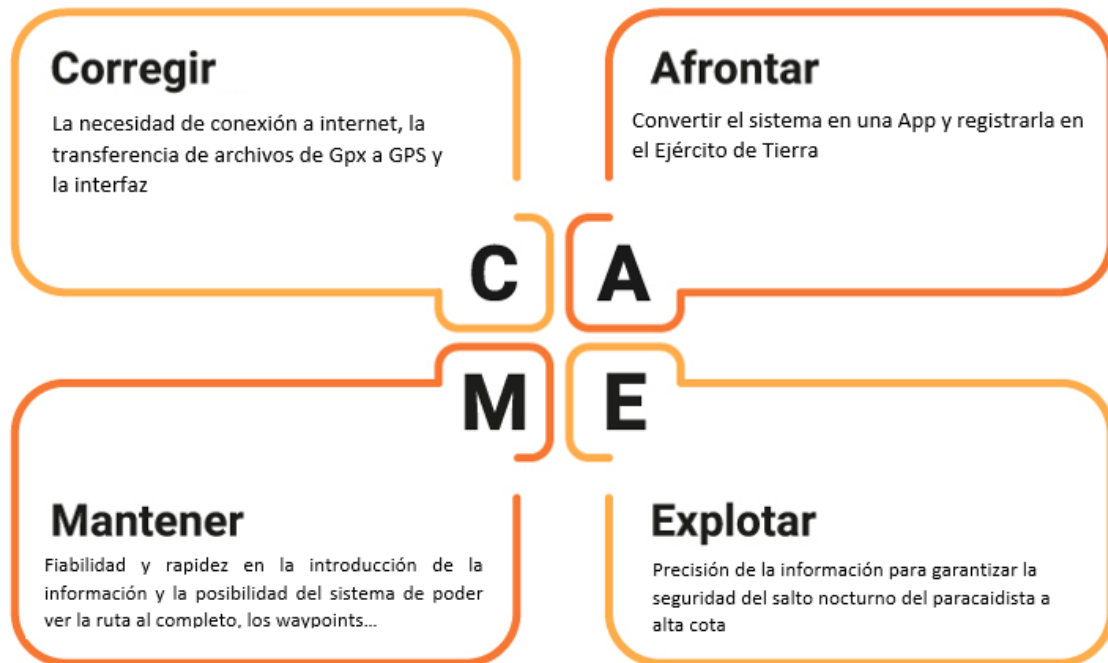


Figura 12: Gráfico del análisis CAME. Elaboración propia.

Posteriormente se ha cruzado la información de las dos herramientas con el objetivo de ver dónde está fallando el sistema, determinar qué estrategias se deben desarrollar y aplicar para reorientar el proyecto y analizar de esta manera, cómo desarrollar de la forma más correcta el sistema. Las conclusiones obtenidas son:

- Las fortalezas son factores internos del sistema que se deben mantener ya que son los que ayudarán a impulsar el proyecto. Entre ellos destacan las posibilidades que tiene el sistema de poder ver la ruta al completo, los diferentes waypoints y de saber a qué altura se está en cada momento. Es importante mantener también la fiabilidad y rapidez con la que se realizan los cálculos ya que le proporcionan mucha seguridad y tranquilidad al paracaidista.

- Las debilidades determinan las características internas del sistema que se deben corregir porque lo limitan. Las más relevantes son la necesidad de conexión a internet y la automatización de todas las tareas que el sistema necesita para su funcionamiento (cálculo del barométrico, altímetro, OSO, radial). Así mismo, otro punto importante a corregir es la interfaz y la transferencia de archivos de gpx a GPS.



- Detectadas las oportunidades que tiene el sistema SACO 3D sería conveniente explotarlo para convertirlas en ventajas competitivas. Para que todo el personal tenga el mismo nivel de instrucción se deben mantener las Jornadas de Formación como actualmente existen. Se debe aprovechar el hecho de que el sistema proporcione una información tan precisa que permita realizar de manera muy satisfactoria y con gran seguridad las inserciones nocturnas por medios paracaidistas a alta cota.

- Con las amenazas se consigue detectar cuáles son las características externas que se deben afrontar para conseguir el éxito del proyecto. Entre ellas se necesitaría evitar el cierre repentino del sistema al precisar conexión continua a internet convirtiéndolo en una App. Así mismo, sería adecuado conseguir registrar la App en el Ejército de Tierra. Otro punto importante es poder afrontar las actualizaciones con personal habitual del sistema.

Tras analizar toda esta información y considerando que para desarrollar un proyecto se pueden utilizar estrategias defensivas⁹, de cambio o reorientación¹⁰, ofensiva¹¹ y de supervivencia¹², se ha optado por utilizar una estrategia de cambio o reorientación para desarrollar el proyecto objeto de estudio. Esta estrategia lleva a plantear las propuestas de mejora que se sugieren en el punto 4 y que se desarrollan en profundidad en el siguiente apartado de la memoria.

⁹ **Estrategia defensiva:** es una estrategia que consiste en utilizar las fortalezas para disminuir las amenazas del mercado.

¹⁰ **Estrategia de cambio o reorientación:** es una estrategia que consiste en superar las debilidades para aprovechar las oportunidades del mercado.

¹¹ **Estrategia ofensiva:** es una estrategia que consiste en utilizar las fortalezas para aprovechar las oportunidades.

¹² **Estrategia de supervivencia:** es una estrategia que consiste en minimizar las debilidades para evitar las amenazas.



4. Propuestas de mejora

A partir de la información adquirida tras el estudio del sistema, de su funcionamiento y de las opiniones de sus usuarios, extraídas a través de encuestas y entrevistas (Anexos I-V) , y de relacionar los resultados obtenidos en el análisis DAFO y análisis CAME (Tablas 2-3), se plantean cuatro mejoras que pueden ser implementadas en versiones futuras del sistema.

4.1. Mejoras en la interfaz del sistema

La dificultad de uso del sistema provoca que se busquen modificaciones en la interfaz de manera que se facilite al usuario el empleo del mismo. Debido a la complejidad del sistema, no se plantean mejoras de fuente propia ya que no se ha utilizado el sistema lo suficiente como para extraer mejoras realistas y útiles para los usuarios. Estas modificaciones están basadas en las opiniones que los usuarios entrevistados y encuestados, señaladas cuando se les pregunta acerca de posibles mejoras sobre el sistema.

Esta mejora está compuesta por diversos cambios de menor entidad. Estos cambios tienen su máxima utilidad al ser implementados todos juntos ya que de manera individual no supondrían un cambio significativo en el sistema. Por esta razón, se incluyen en una sola mejora y no se tratan de manera aislada.

- Mapa en Excel

En la versión actual, cuando se hace uso del sistema, después de introducir los primeros parámetros y pulsar el botón calcular, el sistema no abre de manera automática el mapa. Es el usuario quien debe pulsar la pestaña mapa y añadirlo a la hoja. Una vez abierto de manera manual, el mapa se abre en el punto de latitud y longitud 0, punto que se encuentra en medio del Océano Atlántico.

Como mejora, se pretende que el mapa se abra directamente después de pulsar el botón calcular. Así mismo, cuando se abra de manera automática debe hacerlo con un zoom en el DIP, en vez de abrir en el punto en el que lo hace actualmente. De esta manera, el usuario tiene una visión directa de la zona donde se va a saltar y tiene que realizar menos pasos en el proceso de planeamiento.

- Waypoints del track y punto OSO

En la versión actual, los waypoints en altura que componen el track (Anexo VIII) y el punto OSO, punto en el que se encontraría un paracaidista inconsciente si el sistema barométrico abriera su paracaídas, se tienen que introducir manualmente. Estos waypoints no son modificables ni calculables por el usuario. Es el sistema el que los genera de manera automática, en función del HARP calculado y la previsión del viento por capas.

Como mejora, se pretende que tanto los puntos que componen el track como el punto OSO se incluyan de manera automática en el mapa. De este modo, el usuario después de introducir los datos iniciales y pulsar el botón calcular, encontraría el sistema con los waypoints del track y el punto OSO ya colocados en el mapa, reduciendo de esta manera, el número de pasos a realizar durante el proceso de planeamiento. Como característica específica, el punto OSO aparecería en color rojo y los waypoints que componen el track en verde, según NOP interna de la CRAV.



- Paracaídas y liberadores de campana

En la versión actual, el sistema permite seleccionar el tipo de paracaídas que se va a emplear cuando se introducen los valores iniciales para el salto (figura 6). Con la selección de esta característica, el sistema extrae de la base de datos la distancia que necesita cada paracaídas para abrir la campana desde que se acciona su apertura. De este modo, calcula la altura de apertura en función de si un paracaídas necesita más o menos pies para abrir la campana, lo que afecta directamente al HARP y por tanto al punto donde se quiere caer. Así mismo, el sistema da la opción de introducir un nuevo paracaídas, de modo que, si se realiza un salto con un paracaídas que no se encuentra contemplado en la base de datos, no se podrían introducir sus especificaciones.

Como mejora, se plantea que, además de incluir el tipo de paracaídas, se incluya el tipo de apertura como, por ejemplo, “drogue” o “catapulta” (tipos de apertura más utilizados en la CRAV). Después del estudio de las características de estos dos liberadores de campana, se establecen como datos necesarios para implementar esta mejora, conocer las distancias de apertura de los sistemas en función del tipo de salto realizado.

El sistema “drogue” necesita 900ft para abrir la campana y tiene limitada por seguridad su apertura a 1000ft después de salir del avión. En un salto HAHO el sistema drogue limita el inicio de la navegación a 1900ft menos que la altura del salto. Sin embargo, en un salto HALO el sistema drogue solo necesita 900 ft para abrir la campana al completo desde que se activa, ya que la limitación de los 1000ft de caída después del salto para abrirlo no le afecta al ser una apertura a baja cota. Para combatir esta limitación es necesario destacar la gran ventaja que permite el sistema drogue, que es dar la posibilidad de que el saltador realice el salto con hasta 170 kilos ya que el drogue o pilotillo estabiliza al paracaidista y permite una apertura más suave del paracaídas, la cual, si se realizase con catapulta, podría suponer la ruptura del paracaídas principal.

El sistema por “catapulta” requiere de 900ft para completar la apertura de la campana. Al contrario que el sistema drogue, no tiene limitaciones de apertura, de modo que tanto en un salto HALO como HAHO, su distancia de apertura son 900ft.

- Nuevas Z/E y un nuevos DIP

En la versión actual, tanto la selección de las Z/E como los DIP se realiza a través de un desplegable en la pantalla inicial (figura 6). De este modo, las coordenadas del punto que definen la Z/E y las coordenadas del DIP ya están incluidas en la base de datos y solo se permite seleccionar los puntos ya creados que aparecen en el desplegable.

Como mejora, se plantea que haya una casilla dentro del desplegable, que permita crear nuevas Z/E o nuevos DIP. Después de pulsar en esa casilla, se abriría una ventana que permitiría introducir los siguientes parámetros:

- Tipo de punto: Z/E o DIP
- Nombre: nombre del aeródromo o nombre habitual del DIP
- Formato de coordenadas: MGRS, Latitud-Longitud, UTM

Posteriormente, en función del formato elegido, se abriría otra ventana con las casillas a rellenar necesarias según el formato. Como medida de seguridad de cara a no dañar la base de datos, el sistema debería preguntar al usuario antes de realizar algún cambio definitivo, mostrando el conjunto de datos, si está seguro de la información introducida.



• **Análisis de riesgos**

Se han analizado los posibles riesgos que pueden aparecer a lo largo de la implementación de esta mejora. Estos riesgos, detallados en la tabla 3, se clasifican según dos criterios: el impacto que tiene en el desarrollo de la mejora y la probabilidad de que suceda. De este modo se identifica cada riesgo con una letra según tenga un impacto alto (H), medio (M) o bajo (L). Así mismo, cada riesgo se clasifica con un número (1, 2 o 3) según la probabilidad de que suceda, siendo 1 poco probable y 3 bastante probable.

ID	Descripción del riesgo	Clase riesgo
1	Aumento de lentitud en el sistema	2L
2	No mejorar los 4 aspectos	2M
3	Utilidad de la mejora menor de la esperada	1M
4	Rechazo de la mejora	1H
5	Retraso en la implementación de la mejora	3M
6	Coste mayor del permitido	1M

Tabla 3: Riesgos de la mejora de la interfaz. Elaboración propia.

Análisis cualitativo:

Según el estudio realizado en el análisis de riesgos que se muestra en la tabla 3, cabe destacar la existencia de un riesgo de impacto alto determinado por el rechazo de la mejora, sin embargo, la probabilidad de que esto suceda es baja. Por lo tanto, su importancia es menor que los riesgos que tienen un impacto medio ya que la probabilidad que tienen de que suceda es mayor.

Estos otros dos riesgos son el retraso en la implementación de la mejora y el hecho de no conseguir implantar las cuatro mejoras anteriormente descritas. Debido a su impacto medio y a su probabilidad alta y media respectivamente, se busca eliminar o mitigar estos dos riesgos a través del desarrollo de un proyecto que permita implantar los cuatro aspectos al mismo tiempo y cuya planificación permita cumplir los periodos establecidos.

Probabilidad	3	-	1	-
	2	1	1	-
	1	-	2	1
		Low	Medium	High
		Impacto		

Clase de Riesgo	Nº
Críticos	1
Altos	1
Medios	4
Bajos	0
Total	6

Tabla 4: Resumen de los riesgos de la mejora de la interfaz. Elaboración propia.

Respecto a los cuatro riesgos medios, color amarillo según tabla 4, han sido mitigados a través de la realización de un estudio en profundidad de las necesidades de los usuarios, del posible coste de implantación de la mejora y de las capacidades técnicas del sistema. A diferencia de las medidas descritas anteriormente para combatir los riesgos críticos y altos, estas medidas mitigadoras ya han sido empleadas para evitar los riesgos medios.



- **Análisis de costes**

Debido al tipo de mejora, se precisan conocimientos de informática, exactamente sobre el programa Excel de Microsoft y el uso de macros. Como todo proyecto, se busca reducir al máximo los costes de llevar a cabo el mismo. En este caso, el 85% de los costes para implementar esta mejora se derivan de la contratación de un equipo de desarrolladores informáticos. Se estima que la entidad necesaria y óptima del equipo de desarrolladores sea de dos personas y que el proceso de desarrollo informático sea de 3 semanas, sin embargo, se alarga hasta 4 para tener un margen para hacer frente a posibles incidencias en el proceso.

La estimación del coste de contratación del equipo de desarrolladores, durante 4 semanas y 40 horas semanales, asciende a 6.000€. A esta cifra se le añade un pequeño fondo de contingencias valorado en 1.000€. Por lo citado anteriormente, la estimación del coste del desarrollo de esta mejora ascendería a 7.000€.

4.2. Selección de waypoints

A pesar de ser una mejora que afecta a la interfaz, su implementación se estudia de manera aislada respecto a las anteriores debido a la importancia que los usuarios le dan (Anexo V). Pese a que se trata de una modificación del sistema para hacer más fácil su uso, esta modificación aplicada individualmente supondría un gran cambio para los usuarios.

En la versión actual, para seleccionar los waypoints (figura 11), el sistema obliga a realizar el siguiente proceso:

1. Pulsar botón “NAV”,
2. Pulsar botón “Add Markers”, seleccionar las características del punto (coordenadas del punto, nombre, color, tipo de etiqueta y visual de la etiqueta) y añadir waypoints.

En este momento, se deben añadir todos los waypoints del track al mapa.

3. Pulsar el botón “A”,
4. Pulsar botón “Add Markers”, seleccionar el waypoint del track sobre el que se va a crear y la distancia a izquierda o derecha donde se va a crear el “punto A”, y pulsar el botón “ALFHA” (Anexo IX) ,
5. Pulsar el botón del “Punto OSO”,
6. Pulsar botón “Add Markers”, seleccionar las características del punto (coordenadas del punto, nombre, color, tipo de etiqueta y visual de la etiqueta) y añadir waypoints.

En este momento, se deben añadir los puntos “Alfa” y “OSO”

7. Pulsar el botón “SS” (waypoint de seguridad corto),
8. Pulsar el botón “Get Coord” de la barra de herramientas de Excel en la pestaña map,
9. Hacer Click en el punto del mapa donde queremos crear el Waypoint,
10. Pulsar botón “Add Markers”, seleccionar las características del punto (coordenadas del punto, nombre, color, tipo de etiqueta y visual de la etiqueta) y añadir waypoint,
11. Repetir pasos 7-10 para los puntos SL, S1, S2 y S3.



Es muy importante insistir en la importancia de realizar el proceso anteriormente descrito ya que en caso de equivocación en tan solo uno de los pasos, el sistema se bloquea y adjudica valores incorrectos a los datos que componen un waypoint. Si se quiere modificar un waypoint el sistema no lo permite y se deben borrar todos mediante el botón “AC” y “Remove markers”, y se tiene que empezar otra vez el proceso desde el paso 1. Incluso, hay veces que el sistema se bloquea de tal manera, que no valen ni los puntos ya calculados, y hay que cerrarlo, abrirlo y volver a introducir los datos iniciales para que calcule nuevamente el HARP.

Como mejora, se plantea una modificación de la aplicación que permita guardar los waypoints por separado. Esto se realizaría a través de un desplegable similar a la tabla 5, donde se organicen los waypoints modificables por el usuario. La descripción del color del waypoint debería realizarse a través de un desplegable donde el usuario seleccionara un color de los disponibles.







Nombre	Color	Coordenadas			
		MGRS			
		Zona	Cuadrícula	Coordenadas	
Seguridad 1	Rojo	30S	VK	4620211900	
Seguridad 2	Rojo	30S	VK	4421004830	
Seguridad 3	Rojo	30S	VJ	4672096510	
Seguridad Corto	Azul	30S	VJ	4785593647	
Seguridad Largo	Azul	30S	VJ	5079092020	

Tabla 5: Posible formato de la tabla de los waypoints. *Elaboración propia.*

Además de poder introducir las coordenadas de los waypoints manualmente, se debería incluir un botón, que permitiera coger las coordenadas de un punto del mapa y las guardara como las nuevas coordenadas del waypoint creado. De manera adicional, el sistema debería permitir seleccionar el formato de las coordenadas del punto, y en función del formato elegido, el programa leería dichas coordenadas.

Una vez guardadas las coordenadas de los waypoints, la idea es que se puedan añadir de manera independiente al mapa. Por ello, una posible solución al problema planteado es que todo waypoint que esté en la tabla se añada en el mapa con las características con las que aparece en la tabla (nombre color y coordenadas). De este modo, si se quiere modificar un waypoint solo se tendrían que modificar sus características dentro de la tabla y de manera automática se actualizarían en el mapa.

- **Análisis de riesgos**

Se han analizado los posibles riesgos que pueden aparecer a lo largo de la implementación de esta mejora. Estos riesgos se clasifican según dos criterios: el impacto que tiene en el desarrollo de la mejora y la probabilidad de que sucedan. De este modo se identifica cada riesgo con una letra según sea un impacto alto (H), medio (M) o bajo (L). Así mismo, cada riesgo se clasifica con un número (1, 2 o 3) según la probabilidad de que suceda, siendo 1 poco probable y 3 bastante probable.



ID	Descripción del riesgo	Clase riesgo
1	Aumento de lentitud en el sistema	1L
2	No conseguir el objetivo	1H
3	Utilidad de la mejora menor de la esperada	2M
4	Rechazo de la mejora	1H
5	Retraso en la implementación de la mejora	3M
6	Coste mayor del permitido	1M

Tabla 6: Riesgos de la mejora en la selección de los waypoints. Elaboración propia.

Análisis cualitativo:

Según el estudio realizado en el análisis de riesgos que se muestra en la tabla 6, se destacan dos riesgos de impacto alto: rechazo de la mejora y no conseguir el objetivo. Sin embargo, estos riesgos de impacto alto tienen una probabilidad baja de que sucedan, por lo que su importancia queda relegada a los dos riesgos de impacto medio ya que la probabilidad de que sucedan es mayor.

Estos otros dos riesgos, son el retraso en la implementación de la mejora y que la utilidad de la mejora sea inferior a la prevista. Debido a su impacto medio y a su probabilidad alta y media respectivamente, se busca eliminar o mitigar estos dos riesgos a través de una planificación exhaustiva para poder cumplir los periodos establecidos y del diseño previo de la mejora. De modo que se podrá evaluar la utilidad de la mejora antes de implantarla.

Probabilidad	3	-	1	-
	2	-	1	-
	1	1	1	2
		Low	Medium	High
Impacto				

Clase de Riesgo	Nº
Críticos	1
Altos	1
Medios	3
Bajos	1
Total	6

Tabla 7: Resumen de los riesgos de mejorar los waypoints. Elaboración propia.

Respecto a los tres riesgos de clase media, según tabla 7, han sido mitigados a través de la realización de un estudio de las necesidades de los usuarios, de las limitaciones técnicas del programa y de una estimación del coste de implantación de la mejora. El riesgo de clase baja, según tabla 7, se descarta ya que, tras el estudio del sistema, una mejora como la que se plantea no supondría una ralentización de este.



- **Análisis de costes**

Debido al tipo de mejora, se precisan conocimientos de informática, exactamente sobre el programa Excel y el uso de macros. Como todo proyecto, se busca reducir al máximo los costes de llevar a cabo el mismo. En este caso, el 75% de los costes para implementar esta mejora se deben a la contratación de un equipo de desarrolladores informáticos.

Se estima que la mejora se podría llevar a cabo con un único desarrollador. Se ha estimado que el proceso de desarrollo informático sea de 1 semana, sin embargo, se alarga hasta 2 para tener un margen para hacer frente a posibles incidencias en el proceso.

La estimación del coste de contratación del equipo de desarrolladores, durante 2 semanas y 40 horas semanales, asciende a 2.000€. A esta cifra se le añade un pequeño fondo de contingencias valorado en 500€. Por lo citado anteriormente, la estimación del desarrollo de esta mejora ascendería a 2.500€.

4.3. Creación de una aplicación móvil.

Según la información obtenida a través de la realización de las entrevistas y encuestas (Anexos I-V), destaca la necesidad de creación de una aplicación que permita al usuario hacer uso del sistema desde un móvil o tablet. El porcentaje de aprobación de esta mejora asciende hasta un 83,8% (Anexo V, pregunta 11).

Actualmente el sistema está sujeto a su utilización en ordenadores. Esto se debe a que está desarrollado mediante una hoja del programa informático Excel, lo que limita el desarrollo y avance del sistema debido a las propias limitaciones del programa. A pesar de ser un programa muy potente y estar orientado al análisis y cálculo de datos, el manejo del mapa dentro del programa no está suficientemente desarrollado, lo que provoca que se alarguen los procesos en los que se utiliza esta herramienta.

Del mismo modo, el aspecto visual y designación de los waypoints dentro de programa Excel no tienen un uso sencillo ni intuitivo, lo que hace que los usuarios necesiten unas jordanas de instrucción sobre la aplicación para familiarizarse con el proceso de designación de waypoints.

Con la creación de la aplicación se pretende conseguir los siguientes objetivos:

- Mantener las capacidades actuales del sistema.
- Tener acceso al sistema desde el móvil. De esta manera, la limitación actual de tener internet en el ordenador se elimina ya que en el móvil o tablet se puede disponer de acceso a internet a través de tarjetas de datos.
- Incluir las mejoras mencionadas en los apartados 4.1 y 4.2 de esta memoria.
- Reducir el tiempo de planeamiento.



• **Análisis de riesgos**

Se han analizado los posibles riesgos que pueden aparecer a lo largo de la implementación de esta mejora. Estos riesgos se clasifican según dos criterios, el impacto que tiene en el desarrollo de la mejora y la probabilidad de que sucedan. De este modo se identifica cada riesgo con una letra según se un impacto alto (H), medio (M) o bajo (L). Asimismo, cada riesgo se clasifica con un número (1,2 o 3) según la probabilidad de que suceda siendo 1 poco probable y 3 bastante probable.

ID	Descripción del riesgo	Clase riesgo
1	Funcionamiento no óptimo de la aplicación	1H
2	Incompatibilidad con algun sistema operativo	3L
3	Consumo exagerado de la batería del dispositivo donde se ejecuta	1M
4	Falta de pruebas para testar la aplicación	1M
5	Necesidad de nueva formación a los usuarios	1L
6	Rechazo de la mejora	1H
7	Retraso en la creación de la aplicación	3M
8	Coste mayor del permitido	2H

Tabla 8: Riesgos de la creación de la aplicación. Elaboración propia.

Análisis cualitativo:

Según el estudio realizado en el análisis de riesgos que se muestra en la tabla 8, cabe destacar la existencia de dos riesgos, uno crítico y uno alto. De cara a mitigar el riesgo crítico, que es el retraso en la creación de la aplicación, se deberá realizar una programación de las actividades a realizar para llevar a cabo el proyecto. Además, sería bueno plantear los periodos con cierto margen de cara a poder afrontar incidencias, dado que será muy probable que sucedan.

En cuanto al riesgo alto, se deberá minimizar través de la realización de un estudio de los posibles costes del proyecto. Al igual que con el caso anterior, se deberá plantear cierto margen, en este caso económico, a través de la creación de un fondo de contingencias.

Probabilidad	3	1	1	-
	2	-	-	1
	1	1	2	2
		Low	Medium	High
		Impacto		

Clase de Riesgo	Nº
Críticos	1
Altos	1
Medios	5
Bajos	1
Total	8

Tabla 9: Resumen riesgos de la creación de la aplicación. Elaboración propia.



Respecto a los 5 riesgos de clase media, descritos en color amarillo en la tabla 8, el riesgo de que exista incompatibilidad con algún sistema operativo se debería asumir como parte del proyecto, ya que el desarrollo de aplicaciones con funcionamiento en dispositivos IOS es muy costoso frente a las ventajas que tiene dicho desarrollo. Los riesgos con ID 3 y 4, según tabla 8, son asumidos también, debido a que la probabilidad de que sucedan es baja, al existir aplicaciones que corren con estos riesgos de modo que serán fácilmente eliminables.

El riesgo de rechazo de la mejora queda prácticamente descartado según los resultados obtenidos en las encuestas realizadas, ya que el 83,8% de los usuarios considera que esta mejora es de extrema importancia para el sistema. Tanto el riesgo de que la aplicación no funcione correctamente como el riesgo de que se necesite nueva formación están descartados debido a que ya existe un sistema cuyo funcionamiento es correcto y los usuarios saben utilizar, de modo que se trataría de crear una aplicación con características similares al sistema actual.

- **Análisis de costes**

Debido al tipo de mejora, se precisan conocimientos avanzados de informática y programación. Como en todo proyecto, se busca reducir al máximo los costes de llevar a cabo el mismo. Por ello, el proyecto se realizará en las instalaciones de una base militar para aprovechar los medios disponibles en ella, y garantizar de este modo, una mayor seguridad en el desarrollo de la aplicación. En este caso, el 85% de los costes para implementar esta mejora se debe a la contratación de un equipo de desarrolladores informáticos.

Se estima que la entidad óptima y necesaria del equipo de desarrolladores sea de 6 personas. Se ha estimado que el proceso de desarrollo informático sea de 5 meses, sin embargo, se alarga hasta 6 meses para tener un margen para hacer frente a posibles incidencias en el proceso.

La estimación del coste de contratación del equipo de desarrolladores durante 6 meses con jornadas de 40h semanales asciende a 108.000 €. A esta cifra se le añade un fondo de contingencias valorado en 17.000€. Por lo citado anteriormente, la estimación del desarrollo de esta mejora ascendería a 125.000€.

4.4. Creación de un documento normalizado

La constante búsqueda de modificaciones y mejoras que faciliten el uso del sistema exige la existencia de un procedimiento por el cual se estudien los saltos realizados, se analicen, se extraigan conclusiones y se almacenen todos los datos. El objetivo de esta mejora es crear una fuente de información con lo único que puede favorecer la evolución de un sistema de uso práctico, las pruebas reales del mismo.

Actualmente, en la CRAV se realizan pequeños estudios de los saltos realizados, estos son conocidos como “debrifings”. En ellos se expone de manera verbal cómo ha acontecido el salto y si alguno de los saltadores ha tenido algún incidente o percance.

Con esta mejora, se plantea crear un método de evaluación del salto, de modo que todo salto realizado sea posteriormente analizado, estudiado y evaluado según un formato y unos criterios estándar. Para ello, es preciso, en primer lugar, determinar los aspectos más críticos de un salto: condiciones iniciales, aeronave, predicción del viento, HARP, apertura del paracaídas navegación y toma.



Una vez determinados los aspectos anteriores, se ha desarrollado cuáles deben ser los puntos a evaluar de un salto de cara a conocer su validez. Estos son:

- A/E, aeronave, nº de saltadores, TOT y paracaídas utilizado.
- Velocidad y rumbo de la aeronave.
- Predicción del viento.
- Coordenadas y altura correcta del HARP según planeamiento.
- Incidentes entre la salida del avión y la apertura del paracaídas.
- Altura de inicio de navegación, visibilidad, acogida de la patrulla al track, uso de punto OSO o algún punto de seguridad, uso de punto Alpha, uso punto corto o largo, incidentes durante la navegación y altura fin de navegación.
- Orientación del giro para la toma, líneas L2 y L1, viento en superficie y DIP.

• Análisis de riesgos

Se han analizado los posibles riesgos que pueden aparecer a lo largo de la realización de todo el proyecto. Estos se clasifican según dos criterios, el impacto que tiene en el desarrollo del proyecto y la probabilidad de que sucedan. De este modo se identifica cada riesgo con una letra según sea de impacto alto (H), medio (M) o bajo (L). Del mismo modo cada riesgo se clasifica con un número (1, 2 o 3) según la probabilidad de que suceda, siendo 1 poco probable y 3 bastante probable.

ID	Descripción del riesgo	Clase riesgo
1	Utilidad de la mejora menor de la esperada	1H
2	Rechazo de la mejora	1H
3	Necesidad de modificación de la estructura del documento	3M
4	Falta de comprensión del documento	1M
5	Retraso en la implementación de la mejora	1L

Tabla 10: Riesgos de la creación del documento normalizado. Elaboración propia.

Análisis cualitativo:

Según el estudio realizado en el análisis de riesgos que se muestra en la tabla 10, cabe destacar la existencia de un riesgo crítico. De cara a mitigar este riesgo, que es la modificación de la estructura del documento, la única solución posible es plantear una revisión estricta, por parte de los usuarios, antes de entregar el modelo final del documento. Con esta medida se pretende eliminar esa diferencia de opinión que suele haber entre el desarrollador de un proyecto y los usuarios que se van a beneficiar del mismo, evitando numerosas modificaciones futuras. El riesgo de falta de comprensión del documento se ve reducido, debido también a lo citado anteriormente.



Probabilidad	3	-	1	-	Clase de Riesgo	Nº	
	2	-	-	-		Críticos	1
	1	1	1	2		Altos	0
		Low	Medium	High	Medios	3	
		Impacto			Bajos	1	
					Total	5	

Tabla 11: Resumen de los riesgos de creación del documento normalizado. Elaboración propia.

En cuanto a los riesgos de clase media según tabla 11, tanto el rechazo de la mejora como la obtención de una utilidad menor a la esperada se mitigan a través del estudio realizado en el que se analizan las necesidades y requerimientos de los usuarios, expresados en forma de opinión a través de entrevistas y encuestas. El riesgo de clase baja, descrito en color verde en la tabla 10, se ignora ya que la creación de este documento limita su duración a la obtención del conocimiento necesario. Este periodo puede extenderse aproximadamente 3 semanas.

- **Análisis de costes**

Los costes de desarrollo de esta mejora son bastante reducidos. De hecho, se podría implementar a coste 0. Se trata de una mejora que requiere un conocimiento básico de ofimática. Gracias a que el cometido principal de la Brigada Paracaidista es el desarrollo de actividades paracaidistas, un paracaidista experimentado podría crear un documento que permita al usuario describir las condiciones iniciales del salto y los resultados obtenidos.



5. CONCLUSIONES

Después de haber hecho un análisis detallado del Sistema de Ayuda para la Concepción de Operaciones (SACO 3D) utilizado en los saltos paracaidistas, sobre todo en el salto a alta cota con oxígeno, denominado salto HALO-HAHO, se puede concluir que este sistema implantado hace años, aunque es mucho más fiable que cuando los cálculos para obtener el punto de impacto deseado se hacían de manera manual, es susceptible de mejorar.

Actualmente, hay personal en el Ejército Español con suficiente experiencia en este sistema y en los saltos paracaidistas a alta cota que sugieren mejoras en el sistema. Por ello, es necesario hacer una actualización del sistema actual de cara a buscar mejoras para conseguir una mayor fluidez en su uso, además de una mayor precisión en los cálculos.

Las propuestas de mejora del SACO 3D planteadas en el apartado 4, son propuestas realistas y con escaso coste económico. Al tratarse de un sistema informático, las mejoras propuestas no van más allá de poner un equipo de desarrolladores informáticos a ejecutar las mejoras planteadas. Estos necesitarán mayor o menor disponibilidad de tiempo y conocimiento, en función de la dificultad de la mejora planteada.

Si bien es cierto que cada mejora se puede realizar por separado y que el coste conjunto de tres de ellas no es de más de 10.000€, lo ideal sería poder abordarlas en su totalidad con la propuesta más compleja, que es la creación de una App disponible para móvil, lo que se elevaría a un coste de 125.000€. Supondría una gran ventaja en la precisión del salto a alta cota ya que permitiría, entre otras cosas, adaptar el salto a condiciones meteorológicas cambiantes y podría sustituir al actual sistema en el cálculo del HARP.

En conclusión, la actual versión del SACO 3D, se utiliza de manera exitosa en dos unidades de las Fuerzas Armadas (FAS) que realizan saltos paracaidistas con necesidad de navegación, pero necesita unas mejoras consistentes en perfeccionar el sistema. Estas mejoras están propuestas en esta memoria y son dignas de tener en consideración ya que los beneficios reportados pueden ser de gran utilidad, no solo al Ejército de Tierra (MOE y BRIPAC), sino también al Ejército de Aire y a la Armada.



Referencias bibliográficas

1. **Stte Miguel Ángel García Hernández.** *Manual del Sistema de Ayuda para la Concepción de Operaciones 3D.* 2015.
2. **Brigada de Infantería Ligera Paracaidista "Almogávares IV".** *Manual de adiestramiento para lanzamientos HALO-HAHO.* 2015.
3. **Mando de Adiestramiento y Doctrina.** *PD0-000 Glosario Términos Militares.* 2014.
4. **Estado Mayor de la Defensa.** *TTPC-3.1 Normas sobre lanzamientos paracaidistas desde aeronaves militares.* 2018.



ANEXOS

1. Anexo I: Entrevista Brigada Cantero

Ficha técnica	
NOMBRE	ALFONSO JIMÉNEZ CANTERO
EMPLEO	BRIGADA
PUESTO TACTICO	JEFE DE LA SECCION DE PLEGADOS DE LA COMPAÑÍA DE LANZAMIENTO. MIEMBRO COMPAÑÍA DE RECONOCIMIENTO AVANZADO DEL 2012-2021
LUGAR	BASE PRÍNCIPE, BRIGADA PARACAIDISTA "ALMOGÁVARES" VI (PARACUELLOS DEL JARAMA)
FECHA Y HORA	11/10/2022 a las 11:15h

1. ¿De dónde nace el SACO 3D?

El Subteniente Miguel Ángel del Mando de Operaciones Especiales (MOE) y antiguo componente de la BRIPAC, tras el ejercicio «Lone Paratrooper 2018/19», ve la necesidad, al igual que hacían los franceses con su aplicación CASPER, de integrar los cálculos de saltos paracaidistas a alta cota en una aplicación. De este modo con las herramientas con las que disponía crea en base a una hoja de Excel el SACO 3D.

2. En sus inicios ¿Cuáles son los fallos de la aplicación a los que se ha enfrentado durante el uso de la aplicación? ¿Cómo los ha solventado?

Inicialmente hubo muchos errores y se trabajaba con el sistema mediante error/corrección. Empezó siendo una tabla de Excel al que se le metió una programación. Yo era muy reacio a utilizar ese programa ya que el principal error que le veía era que no podías acceder a la meteorología, no existía ningún enlace ni hipervínculo por internet, eso suponía que tenías que ir con un pendrive a la torre de control para que te descargasen la meteorología en un TXT enriquecido o sin enriquecer. Posteriormente se mejoró y se consiguió coger el parte meteorológico del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Yo he formado parte del equipo que ha desarrollado el programa, detectaba el error al realizar un salto, se informaba al informático, se mejoraba y lo probaba. Para llegar a la versión actual se han tenido que hacer más de 200 saltos y la forma de trabajo, como he dicho anteriormente, ha sido ensayo-error.

3. ¿En qué situación legal se encuentra ahora mismo el sistema?

La aplicación ha sido desarrollada por el Subteniente, no está registrada por el Ejército de Tierra. Bien es cierto, que la fórmula que utiliza la aplicación está sacada del manual de infiltración a alta cota de la brigada paracaidista. Lo que la aplicación ha hecho es incluir la fórmula en un programa informático.

4. Si tuviera que cuantificar la importancia del sistema en el planeamiento de un salto ¿Qué porcentaje 0-100% le daría? ¿Podría realizar un salto HALO-HAHO sin el uso del sistema?

Un 99%. Lo he probado y confío plenamente en el programa. Sí es posible hacer un salto HALO-HAHO sin el sistema, se puede hacer utilizando la fórmula y haciendo los cálculos a mano. Pero la fórmula matemática te da muchos menos datos solo da rumbo y distancia. Al final, la aplicación te da el track que tienes que seguir, con waypoints en altura, mucha más información que al paracaidista le es útil para realizar su navegación.

5. ¿Cuáles cree que son las principales fortalezas y debilidades del SACO 3D a la hora de realizar un ejercicio táctico con el sistema?

En cuanto a las fortalezas son que te proporciona unos datos bastante precisos para el lanzamiento y esta testado. Te genera un track que te da seguridad y te permite poder saltar de noche según el procedimiento de la CRAV.

En cuanto a sus debilidades, destaca que es informático, requiere unos soportes que no tienes por qué tener en cualquier lado, se puede caer el sistema, las fórmulas no se te abren, tiene que estar doblado en varios pendrives o en varios ordenadores por si uno falla.

6. ¿Cuál ha sido el proceso de mejora de la aplicación?

Ensayo-error, ensayo-error e ir corrigiendo



- 7. ¿Dispone el personal de su (CIA/PRP) de la instrucción y el adiestramiento necesario para poder trabajar con esta aplicación? ¿Sería necesario realizar un curso de formación específica para el uso de la aplicación**
Deberían, aunque depende de cada jefe. Yo me he vuelto un fiel defensor de la aplicación en el momento que he creído en ella.
Sí sería necesario realizar un curso de formación. Yo personalmente solicite a mi capitán una semana de formación específica, con parte teórica y con parte práctica, para poder transmitir todo el conocimiento de la aplicación al resto de la gente. El sistema te permite ganar distancia de navegación y eso es muy importante de cara al planeamiento de una operación con inserción paracaidista.
- 8. ¿Cree usted que la Brigada dispone de personal suficiente para realizar las actualizaciones que todo sistema informático necesita debido al paso del tiempo?**
Seguramente si hay personal que esté preparado para ello. Aunque yo creo que es nuestro talón de Aquiles. Hay gente del MOE que no siendo especialistas en paracaidismo se ha implicado más en el desarrollo de la aplicación, he sido yo el que en la Brigada ha tratado de que el sistema se siga actualizando.
- 9. ¿Cuál cree que son los aspectos más importantes que quedan por desarrollar?**
Queda poco para mejorar a nivel usuario. De hecho, yo me he quedado con una versión que no es la última porque creo que se han introducido variables que ya complican el programa en exceso.
- 10. ¿Si tuviese los medios necesarios, cuál sería la primera mejora que implementaría?**
Que sea una aplicación oficial y que se pueda utilizar en cualquier dispositivo como una Tablet o un teléfono móvil con Android, al igual que la aplicación ATAK.
- 11. Cuantifique la efectividad de la aplicación del 0-100% en función de si el HARP calculado nos lleva al DIP deseado.**
Un 99%, esta versión está muy testada, no es virtual. El 1% restante son fallos debidos a cambios meteorológicos de última hora o por un fallo de apertura a una cota menor debido a la actuación del paracaidista.
- 12. ¿Cuál es el mayor problema al que se enfrenta cuando quiere implementar una mejora en la aplicación?**
Meter demasiados parámetros para los saltadores.
El creador era el Subteniente Miguel Ángel, yo he sido el portavoz de la CRAV y de la Brigada paracaidista, el conejillo de indias que iba probando y diciendo lo que había que mejorar según íbamos actualizando las versiones.
- 13. ¿Ve factible el uso de la aplicación para lanzamiento de cargas? ¿Y para salto en Automático?**
Sí se podría, pero los lanzamientos de cargas al no estar guiados, se necesitaría mejorar aún más la aplicación. Habría que meter los parámetros del paracaídas que se va a utilizar, el peso de la carga, etc. Para salto automático está el apartado static line.
- 14. ¿Ve factible la creación de una app para móvil o Tablet en base al SACO 3D?**
Sería lo ideal. Es en lo que debería derivar el sistema.
- 15. De cara a la certificación del T-23 como aeronave militar para uso en salto paracaidista, ¿ve posible que, gracias a su gran envergadura, se instale un dispositivo en el interior del avión que permita hacer uso del SACO 3D en pleno vuelo para corroborar los datos obtenidos previamente?**
Sí, podría ser posible, pero cuando ya subes al avión debe estar todo tan planeado que cualquier cambio es complicado.
- 16. ¿Estaría dispuesto, como miembro de la brigada que más conoce el sistema, a participar en un proyecto de mejora de la aplicación, que permita con el uso de desarrolladores especializados, cubrir la mayor parte de las necesidades que tiene actualmente la brigada (trabajo conjunto entre miembros de la CRAV, miembros de la Compañía de Lanzamiento e ingenieros informáticos)?**
Por supuesto. Pero sería necesario el apoyo de personal con conocimiento técnico en informática que de forma a esas mejoras que planteamos desde la compañía de lanzamiento y la CRAV.



2. Anexo II: Entrevista Cabo León

Ficha técnica	
NOMBRE	JOSE ENRIQUE GONZALEZ LEON
EMPLEO	CABO
PUESTO TACTICO	MIEMBRO DE LA BASE DE TRANSMISIONES DE LA CRAV
LUGAR	BASE PRÍNCIPE, BRIGADA PARACAIDISTA "ALMOGÁVARES" VI (PARACUELLOS DEL JARAMA)
FECHA Y HORA	12/10/2022 a las 12:45h

- 1. ¿Qué uso le da al sistema? ¿Cuánto tiempo necesita para realizar el planeamiento de un salto HALO-HAHO?**

El uso que le damos al sistema es para realizar el cálculo de las coordenadas de suelta, navegación y llegada al punto de impacto de un salto HALO-HAHO según la modalidad.

El tiempo que necesitamos para realizar el planeamiento si lo hacemos real teniendo en cuenta todos los factores que envuelven el lanzamiento podría llegar a 2 horas
- 2. Si tuviera que cuantificar la importancia del sistema en el planeamiento de un salto ¿Qué porcentaje 0-100% le daría? ¿Podría realizar un salto HALO-HAHO sin el uso del sistema?**

Le daría un 100% por que el sistema nos da la garantía de llegar con vida o que la misión se realice satisfactoriamente gracias al calculo que realiza la aplicación. Si no tuviéramos ese cálculo no sería posible un lanzamiento tan preciso.

Sí podría realizarse el salto, pero sería mediante los cálculos que se han hecho siempre y al final lo que te acaba dando es un punto de suelta del paracaidista, una dirección, un rumbo y una distancia de manera que si por ejemplo las predicciones no se cumplen y vamos alto o bajo no lo sabemos hasta que no llegamos al punto de impacto.

La aplicación lo que te permite es poder navegar y poder usar los elementos de navegación del paracaídas para poder perder altura o no según las necesidades.
- 3. ¿Qué beneficios aporta a los paracaidistas de la CRAV el uso de la aplicación?**

Poder saltar de noche. Poder realizar una inserción nocturna por medios paracaidistas a alta cota
- 4. ¿Cuáles cree que son las principales fortalezas y debilidades del SACO 3D a la hora de realizar un ejercicio táctico con el sistema?**

La principal fortaleza es que nos permite el uso del GPS con su tracks y su waypoint de altura. También nos permite saber y comprobar a que altura vamos en cada sitio. Además, teniendo en cuenta que el sistema se aplica fundamentalmente de noche, el hecho de tener un track nos permite que la patrulla vaya en línea por ese track evitando de esta manera el choque de campana en un tema nocturno.

Como debilidad, la forma de trabajar el programa no es muy intuitiva y además tiene déficits en cosas que hay que seguir haciendo a mano y que se podrían hacer automáticamente.
- 5. ¿Cuáles son los fallos de la aplicación más habituales a los que se enfrenta un usuario durante el uso de la aplicación?**

Cierre repentino de la aplicación y que en caso de equivocarse con un waypoint de los 8-9 que ponemos, se tiene que borrar todos y empezar de cero.
- 6. ¿Dispone el personal de su (CIA/PRP) de la instrucción y el adiestramiento necesario para poder trabajar con esta aplicación? ¿Sería necesario realizar un curso de formación específica para el uso de la aplicación?**

Todo el personal HALO-HAHO sí dispone del adiestramiento y la instrucción necesaria para trabajar con esta aplicación.

No es necesario un curso específico, pero si tiene gran importancia las jornadas que realiza toda la compañía para poder utilizar dicho programa.



7. ¿Cree usted que la Brigada dispone de personal suficiente para realizar las actualizaciones que todo sistema informático necesita debido al paso del tiempo?

Se que la brigada dispone de personal que esta instruido, pero desconozco si está capacitado o no para hacer las actualizaciones del sistema.

8. ¿Qué mejoras ha tenido el sistema desde que lo usó por primera vez hasta la actualidad?

Ha habido mejoras, pero el programa base es prácticamente el mismo. Ha habido mejoras de la interfaz, visuales y alguna cosa más, pero lo que es el funcionamiento ha cambiado muy poco.

9. ¿Cuál cree que son los puntos a mejorar más importantes?

El barométrico, el altímetro, el radial, el OSO no se hacen automáticamente

10. ¿Si tuviese los medios necesarios, cuál sería la primera mejora que implementaría?

Crearlo en App para el móvil

11. De cara a la certificación del T-23 como aeronave militar para uso en salto paracaidista, ¿ve posible que, gracias a su gran envergadura, se instale un dispositivo en el interior del avión que permita hacer uso del SACO 3D en pleno vuelo para corroborar los datos obtenidos previamente?

Al final estamos hablando de previsión, y la previsión me le va a dar prácticamente igual en el suelo, 2 horas antes del salto, que a media hora del lanzamiento.

En un vuelo de larga duración, transoceánico no es ninguna tontería ya que, si la previsión la hago 12 horas antes, obviamente no es tan precisa como hacerla 1-2 horas antes. Lo idóneo es hacer la previsión, lo más cercano a la hora de suelta ya que nos permite hacer un cálculo más real.



3. Anexo III: Entrevista Capitán de la Casa

Ficha técnica	
NOMBRE	JUAN LUIS DE LA CASA BELTRÁN
EMPLEO	CAPITÁN
PUESTO TACTICO	ANTIGUO JEFE DE PATRULLA DE RECONOCIMIENTO PRP2
LUGAR	BASE PRÍNCIPE, BRIGADA PARACAIDISTA "ALMOGÁVARES" VI (PARACUELLOS DEL JARAMA)
FECHA Y HORA	10/10/2022 a las 13:45h

- 1. ¿Qué uso le da al sistema? ¿Cuánto tiempo necesita para realizar el planeamiento de un salto HALO-HAHO?**
Como antiguo miembro de la CRAV, el uso que se le daba era en el día a día, en función de la instrucción que teníamos. Solo se utilizaba cuando se iba a hacer un salto con navegación. Si llevábamos mucho tiempo sin utilizar el programa hacíamos una actualización, para refrescar el uso del sistema.

Si el salto es por la tarde se utilizaba como unas 5-6 h antes para hacer un cálculo previo y ver más o menos donde íbamos a salir. Además, también se realizaba el cálculo 3-4 h antes del lanzamiento. El tiempo de uso medio se establece en unos 30-45 min si el programa no daba problemas a la hora de crear los waypoints, o cargar los tracks GPS.

- 2. Si tuviera que cuantificar la importancia del sistema en el planeamiento de un salto ¿Qué porcentaje 0-100% le daría? ¿Podría realizar un salto HALO-HAHO sin el uso del sistema?**

Hoy en día, con el procedimiento que tenemos el programa tiene una importancia del 100% ya que nos da el 100% de la información que necesitamos para saltar.

Actualmente si es posible realizar un salto HALO-HAHO sin el programa, pero asumiendo que la fiabilidad del lanzamiento y la probabilidad de caer en el punto de impacto se reduce mucho y además deberíamos ser mucho más conservadores en los cálculos.

El programa perfecciona los cálculos y los obtiene de manera más rápida y eficaz que al realizarlos a mano. Lo que el programa ha conseguido es pasar todos esos cálculos que se hacían sobre papel a una aplicación informática.

- 3. ¿Qué beneficios aporta a los paracaidistas de la CRAV el uso del sistema?**

Sobre todo, seguridad, tranquilidad del paracaidista ya que en todo momento sabe que tiene que hacer y cómo tiene que hacerlo. Ante un lanzamiento complicado el hecho de que exista un procedimiento que sigues escrupulosamente te garantiza una seguridad en el lanzamiento y por consiguiente te da mucha tranquilidad. Resumiendo, seguridad y eficiencias al existir un procedimiento que determina lo que tienes que hacer en cada momento.

- 4. ¿Cuáles cree que son las principales fortalezas y debilidades del SACO 3D a la hora de realizar un ejercicio táctico con el sistema?**

Las fortalezas son la fiabilidad y eficiencia en el procedimiento de cálculo.

Respecto a las debilidades, todavía existen muchos pequeños aspectos que se podrían mejorar por ejemplo falla la maniobrabilidad del sistema (pasar los Gpx a GPS), tener el mapa y meter los waypoints, en general, mejoras en la interfaz. En una palabra, darle el toque fino al sistema.

- 5. ¿Cuáles son los fallos de sistema más habituales a los que se enfrenta un usuario durante el uso del sistema?**

Cierre repentino del sistema sobre todo si tienes poco tiempo para planificar el salto, fallos a la hora de poner los waypoints (se borran, desaparecen y te cuesta ponerlos), compatibilidad con ciertas versiones de Excel (no era compatible con la versión de Windows 10) y la transferencia de los archivos a los GPS (aunque tienes la opción de pasarlo desde el ordenador al GPS por cable hay muchos tipos de GPS y eso dificulta la transferencia de los archivos y hay que pensar en otras formas de meterlos).



6. ¿Dispone el personal de su (CIA/PRP) de la instrucción y el adiestramiento necesario para poder trabajar con este sistema? ¿Sería necesario realizar un curso de formación específica para el uso del sistema?

Normalmente, los cálculos se realizan entre 2 personas, el más antiguo de la patrulla que hace los cálculos y otro que revisa que se está realizando correctamente. La tropa más moderna al no tener que hacer el cálculo, cuando hace instrucción con el sistema no le presta la misma atención que el segundo más antiguo (que sería al que le correspondería hacerlo si el más antiguo no pudiera hacerlo)

No todo el mundo tiene el mismo nivel de instrucción del sistema. Suelen ser los mandos y los que hacen de líder los que si saben manejar el sistema.

Curso como tal no, completo no. No hay que burocratizar todo, no creo necesario que se cree un curso específico al uso. Actualmente existen unas jornadas de una semana para explicar el funcionamiento y uso del sistema y se aprovecha para recordar todos los procedimientos de navegación, punto alfa, punto oso, etc.

No se necesita ni una guía de puesto táctico, ni ningún curso oficial.

7. ¿Cree usted que la Brigada dispone de personal suficiente para realizar las actualizaciones que todo sistema informático necesita debido al paso del tiempo?

NO, el programa lo ha desarrollado una persona diferente de la unidad. Las actualizaciones de mejora que antes se hacían en base a los saltos que se realizaban usando el sistema se han dejado de recibir.

No creo que tengamos personal con la formación y los conocimientos necesarios para tener capacidad de mejorar y actualizar el sistema.

8. ¿Sería necesario que se aprobara un plan específico para desarrollar el sistema (contratación de personal...)?

Depende del coste. El perfeccionamiento al 100% nunca se conseguiría. El sistema te aporta mucha eficiencia, pero luego hay variables humanas que interfieren en que un salto salga bien o no. Esas variables humanas el sistema no las controla, por ello habría que analizar la rentabilidad de la inversión.

9. ¿Qué mejoras ha tenido el sistema desde que lo usó por primera vez hasta la actualidad?

Pequeños fallos de colocación de los waypoints, fallos en la interfaz de cómo se presentaban los datos, en los desplegados (más información metida en los DZ), hipervínculos (que te manda a windy y Google maps para punto de impacto).

Durante el periodo de instancia en la CRAV de mayo 2019- 2021 el sistema prácticamente no ha cambiado y las mejoras que se han realizado han sido de pequeña proporción. Las mejoras se han reflejado por parte de los usuarios y realizadas por Subteniente Miguel Ángel.

10. ¿Cuál cree que son los puntos a mejorar más importantes?

La interfaz, sería ideal que se pueda convertir a Android (Tablet, móviles) dado que proporcionaría mucha velocidad. Buscar un procedimiento que reduzca el tiempo de cálculo y la fiabilidad (que no se caiga el sistema cerrándose de manera repentina y perdiendo los cálculos introducidos.

11. ¿Si tuviese los medios necesarios, cuál sería la primera mejora que implementaría?

Tal y como está el sistema, integrarla en el sistema operativo de Android. Hacer una App de manera que este en Windows y en Android.

12. De cara a la certificación del T-23 como aeronave militar para uso en salto paracaidista, ¿ve posible que, gracias a su gran envergadura, se instale un dispositivo en el interior del avión que permita hacer uso del SACO 3D en pleno vuelo para corroborar los datos obtenidos previamente?

Si tienes más de 3 horas de vuelo sí. En caso contrario, no lo veo recomendable ya que metería más nervios y no aporta gran beneficio al uso del sistema.

Lo único que si es interesante es incorporar una Pantalla en el avión para ver el HARP y la posición GPS a tiempo real de la aeronave.

Sugerencias

El sistema no es más que la respuesta a una necesidad, adaptarse a los tiempos actuales. Consigue mejorar la seguridad, los procedimientos y la forma de actuar.



4. Anexo IV: Entrevista Sargento Buyoso

Ficha Técnica	
NOMBRE	JOSE ANTONIO BUYOSO MARTINEZ
EMPLEO	SARGENTO
PUESTO TACTICO	TIRADOR SELECTO DE LA PRPV
LUGAR	BASE PRÍNCIPE, BRIGADA PARACAIDISTA "ALMOGÁVARES" VI (PARACUELLOS DEL JARAMA)
FECHA Y HORA	13/10/2022 a las 12.30h

- 1. ¿Qué uso le da al sistema? ¿Cuánto tiempo necesita para realizar el planeamiento de un salto HALO-HAHO?**

El sistema, si nos referimos al programa, se trata de un Programa específico para calcular el punto de suelta del primer paracaidista en un lanzamiento ya sea de modalidad HALO-HAHO o si es en una APM cuando realizamos una navegación.

El tiempo es relativo ya que hay que hacer bastantes cálculos, hay que mirar un planeamiento desde diversos puntos. Por ejemplo, hay que tener en cuenta: el punto alfa, que es el punto de pérdida de altura, el punto de seguridad 1,2 y 3 que son los puntos que utilizamos para tomar de forma segura en caso de quedarme corto. Ese cálculo con todos los datos tenemos que haberlo realizado como mínimo 15 min antes del briefing del director de lanzamiento de los pilotos. A partir de aquí necesitamos en torno a una hora
- 2. Si tuviera que cuantificar la importancia del sistema en el planeamiento de un salto ¿Qué porcentaje 0-100% le daría? ¿Podría realizar un salto HALO-HAHO sin el uso del sistema?**

Le daría un 100%. Si podemos saltar sin el uso del sistema, en este caso se hace con un sistema de fórmulas.
- 3. ¿Qué beneficios aporta a los paracaidistas de la CRAV el uso de la aplicación?**

Todos, pero especialmente que se pueden realizar navegaciones con mucha seguridad. En saltos nocturnos, saber que voy a estar sobre el punto de impacto a 850 pies y no voy a estar pajareando de noche y no me voy a chocar con nada en el aire me da seguridad.
- 4. ¿Cuáles cree que son las principales fortalezas y debilidades del SACO 3D a la hora de realizar un ejercicio táctico con el sistema?**

Todo son fortalezas, pero podemos destacar que se puede ver toda la ruta, se pueden ver los diferentes waypoints, y eso da mucha seguridad al paracaidista según va navegando.

En cuanto a las debilidades, no le encuentro ninguna.
- 5. ¿Cuáles son los fallos de la aplicación más habituales a los que se enfrenta un usuario durante el uso de la aplicación?**

Que necesita internet p. ejemplo para bajarse la actualización de los vientos. Que en el 0,1% de posibilidades de que se vaya el internet, si se va internet no funciona.
- 6. ¿Qué capacidades operativas pueden ofrecer la aplicación? ¿Qué utilidad táctica le proporciona a un jefe de PRP contar con la app para el planeamiento de su maniobra?**

Entre otras cosas, el programa me da la posibilidad de hacer un radial. Esto significa que, si el track no me sale por la zona que yo quiero, me da la seguridad de que dentro de ese radial voy a llegar al punto. Entonces puedo mover el track según mi conveniencia en función de las zonas.

La utilidad táctica son los diferentes tipos de cálculo: Optimo, windy, pata de perro o radial. Aunque normalmente utilizo el óptimo o el windy.
- 7. ¿Dispone el personal de su (CIA/PRP) de la instrucción y el adiestramiento necesario para poder trabajar con esta aplicación? ¿Sería necesario realizar un curso de formación específica para el uso de la aplicación?**

Sí, se dispone del adiestramiento necesario para usar la aplicación.

No creo necesario realizar curso de formación específico. Con las jornadas que se dan es suficiente.



8. ¿Cree usted que la Brigada dispone de personal suficiente para realizar las actualizaciones que todo sistema informático necesita debido al paso del tiempo?

No, porque el programa se quedó en operaciones especiales.

9. ¿Qué mejoras ha tenido el sistema desde que lo usó por primera vez hasta la actualidad?

Lo empecé a utilizar hace 4 meses, durante este tiempo no ha habido mejoras

10. ¿Cuál cree que son los puntos a mejorar más importantes?

Con mi nivel de conocimiento de momento, ninguno

11. Si tuviese los medios necesarios, ¿cuál sería la primera mejora que implementaría?

Que se pueda trabajar sobre una tablet o sobre un móvil

12. De cara a la certificación del T-23 como aeronave militar para uso en salto paracaidista, ¿ve posible que, gracias a su gran envergadura, se instale un dispositivo en el interior del avión que permita hacer uso del SACO 3D en pleno vuelo para corroborar los datos obtenidos previamente?

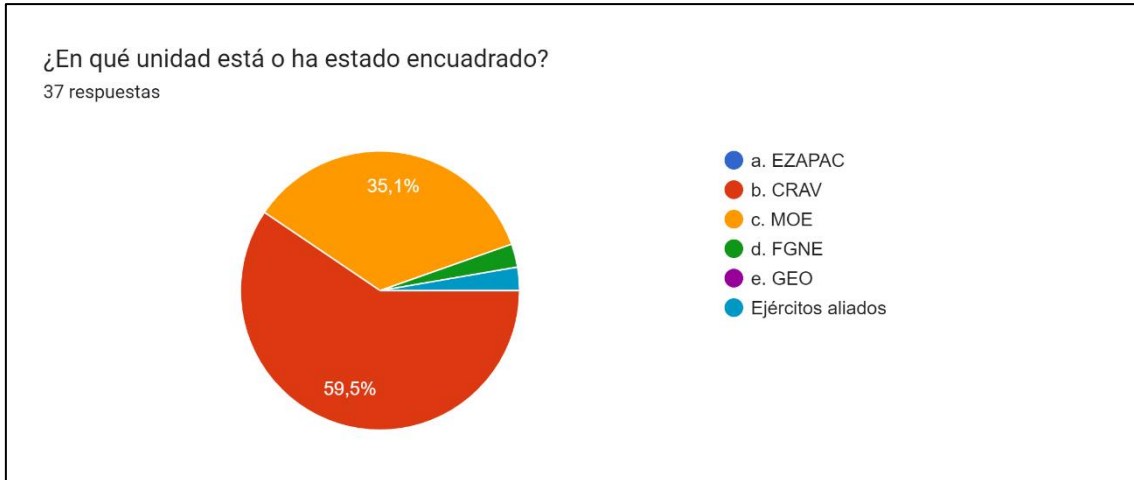
Yo creo que no. Antes de realizar el salto hay un briefing. Todo lo que se trata en el briefing va a misa y cualquier cambio a posteriori que se tenga que hacer de cara a modificar el salto no es posible.

Si los datos obtenidos son utilizados para cancelar el salto porque no se va a llegar o se debe ir al alternativo si fuera de utilidad.

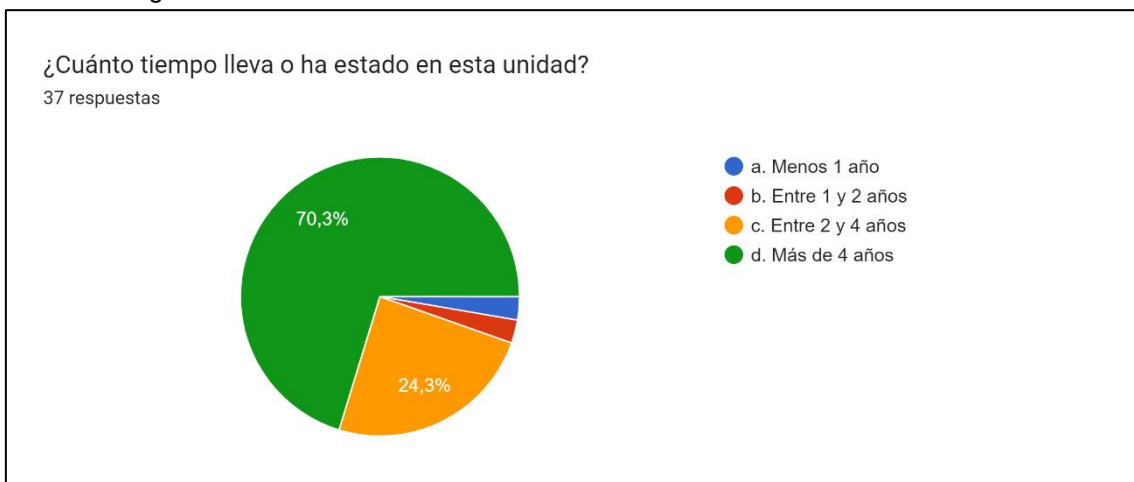


5. Anexo V: Resultados de la Encuesta Google Forms

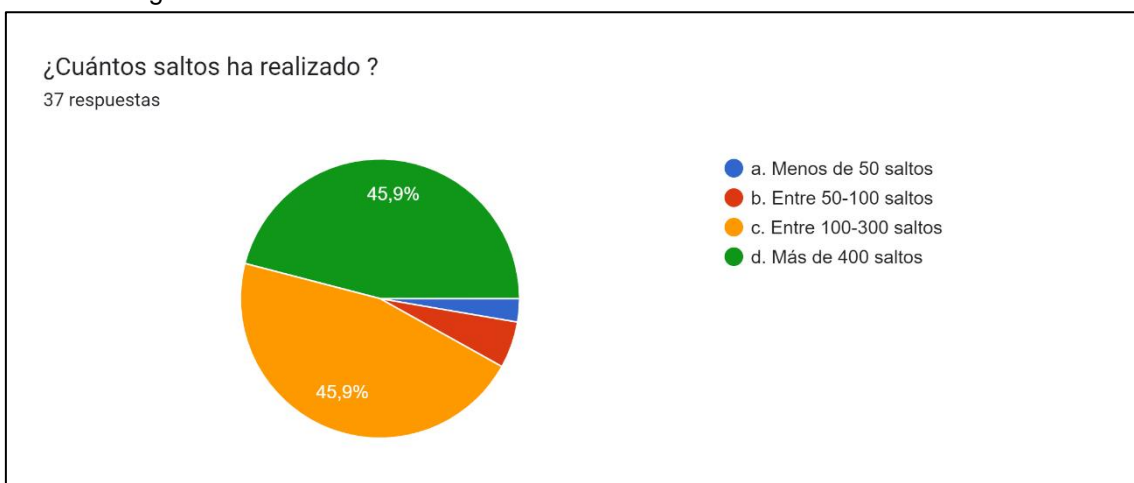
- Pregunta 1



- Pregunta 2



- Pregunta 3

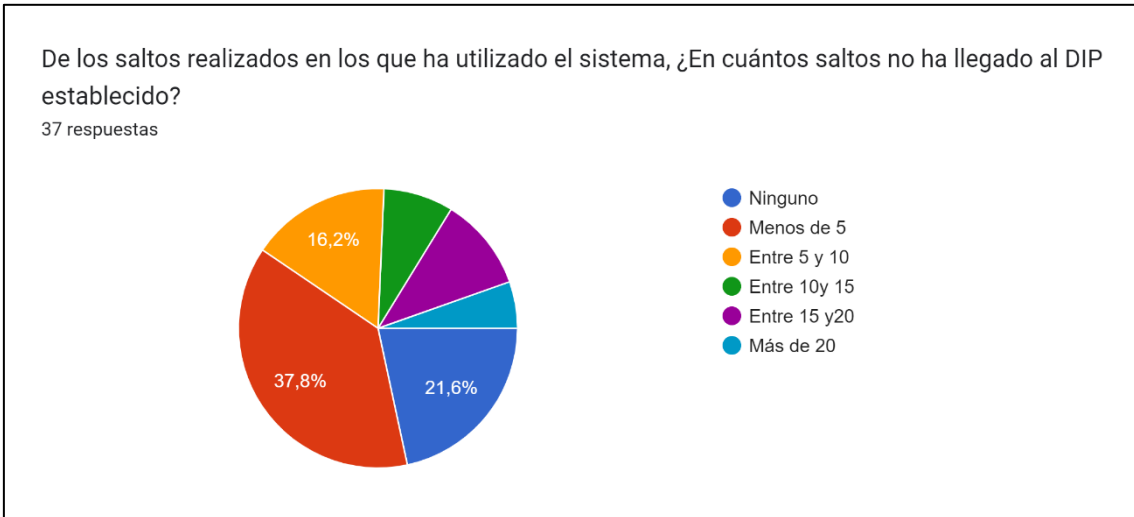




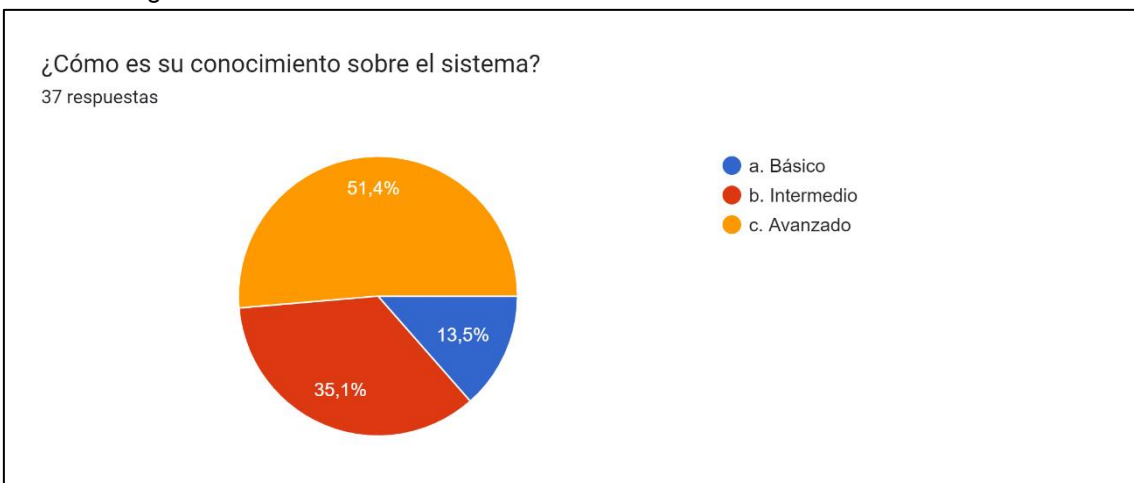
• Pregunta 4



• Pregunta 5

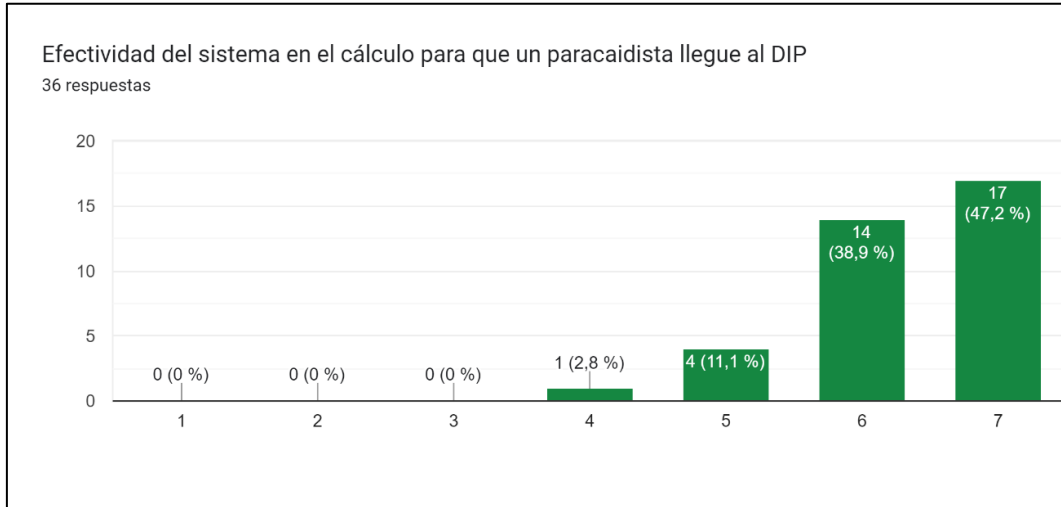


• Pregunta 6

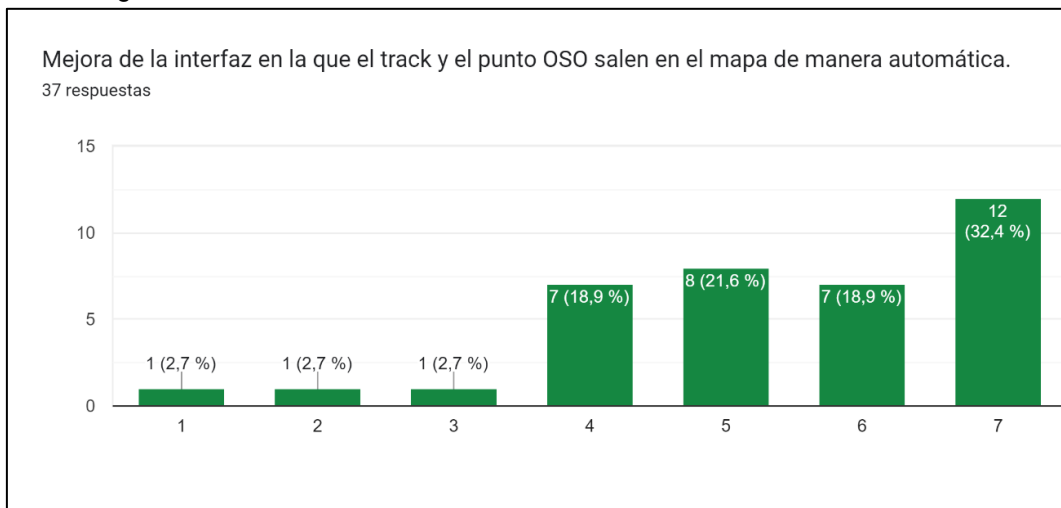




• **Pregunta 7**



• **Pregunta 8**

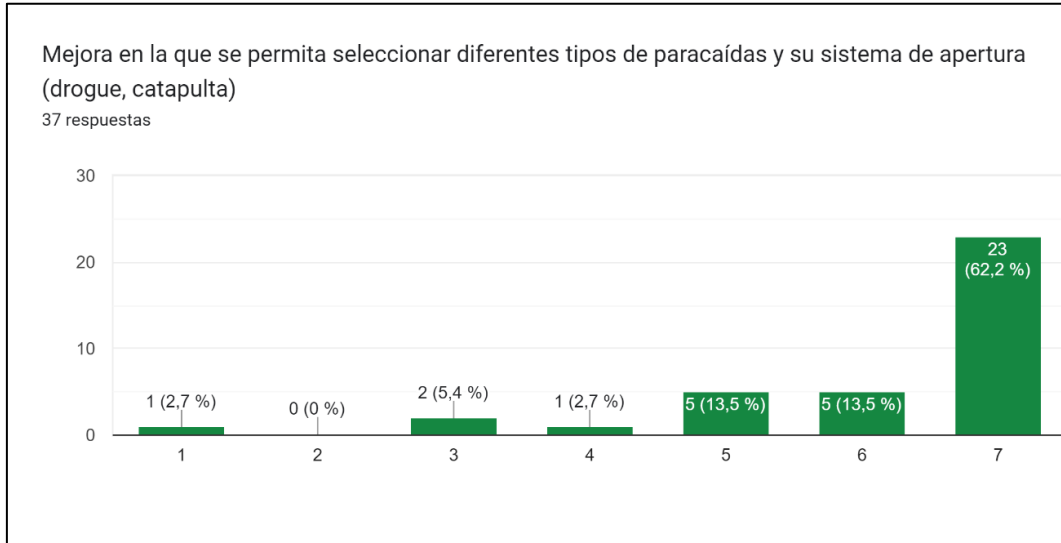


• **Pregunta 9**

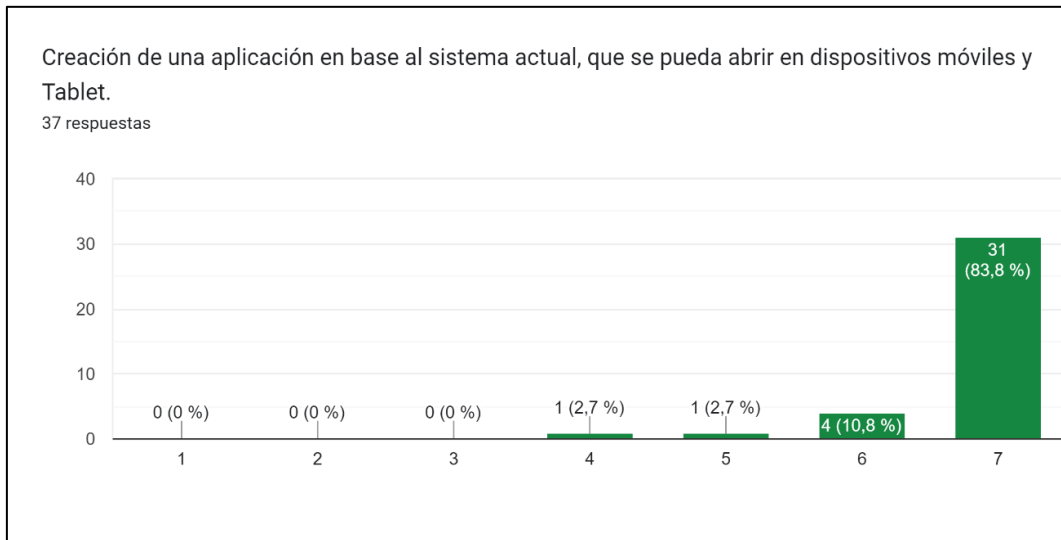




- **Pregunta 10**



- **Pregunta 11**





6. Anexo VI: Tabla de visibilidad nocturna

Tabla en la que se refleja la visibilidad en función de la altura

NIVEL DE LUZ NOCTURNA						
NIVEL DE LUZ A LA TOT		1			TOT	
ALCANTARILLA (MU) (UTC): -0200						
Día	Hora	Acimut (°)	Inclinación (°)	Superficie (%)	Intensidad (lux)	Nivel
21 Oct 2202	10:00	330,8	-44	0,87	0,00000	1
21 Oct 2202	10:30	340,3	-46,4	0,87	0,00000	1
21 Oct 2202	11:00	350,5	-48	0,87	0,00000	1
21 Oct 2202	11:30	1,2	-48,5	0,87	0,00000	1
21 Oct 2202	12:00	11,9	-48	0,87	0,00000	1
21 Oct 2202	12:30	22,1	-46,5	0,87	0,00000	1
21 Oct 2202	13:00	31,7	-44	0,87	0,00000	1
21 Oct 2202	13:30	40,3	-40,8	0,87	0,00000	1
21 Oct 2202	14:00	48,1	-37	0,87	0,00000	1
21 Oct 2202	14:30	55	-32,7	0,87	0,00000	1
21 Oct 2202	15:00	61,2	-27,9	0,87	0,00000	1
21 Oct 2202	15:30	66,9	-22,9	0,87	0,00000	1
21 Oct 2202	16:00	72,2	-17,7	0,87	0,00000	1
21 Oct 2202	16:30	77,1	-12,3	0,87	0,00000	1
21 Oct 2202	17:00	81,8	-6,8	0,87	0,00000	1
21 Oct 2202	17:30	86,4	-1,2	0,87	0,00030	1
21 Oct 2202	18:00	91	4,6	0,87	0,00390	1
21 Oct 2202	18:30	95,6	10,2	0,87	0,01000	2
21 Oct 2202	19:00	100,3	15,7	0,87	0,01800	1
21 Oct 2202	19:30	105,3	21,2	0,87	0,02700	1
21 Oct 2202	20:00	110,7	26,6	0,87	0,03690	1
21 Oct 2202	20:30	116,6	31,8	0,87	0,04680	1
21 Oct 2202	21:00	123,1	36,7	0,87	0,05640	1
21 Oct 2202	21:30	130,5	41,2	0,87	0,06470	1
21 Oct 2202	22:00	138,9	45,2	0,87	0,07200	3
21 Oct 2202	22:30	148,5	48,5	0,87	0,07850	3
21 Oct 2202	23:00	159,2	50,9	0,87	0,08330	3
21 Oct 2202	23:30	170,8	52,3	0,87	0,08630	3
21 Oct 2202	0:00	182,9	52,5	0,87	0,08720	3
21 Oct 2202	0:30	194,7	51,5	0,87	0,08610	3
21 Oct 2202	1:00	205,7	49,4	0,87	0,08290	3
21 Oct 2202	1:30	215,6	46,3	0,87	0,07780	3
21 Oct 2202	2:00	224,4	42,5	0,87	0,07120	3
21 Oct 2202	2:30	232	38,1	0,87	0,06360	3
21 Oct 2202	3:00	238,8	33,2	0,87	0,05440	3
21 Oct 2202	3:30	244,8	28,1	0,87	0,04400	3
21 Oct 2202	4:00	250,2	22,7	0,87	0,03330	3
21 Oct 2202	4:30	255,2	17,1	0,87	0,02300	3
21 Oct 2202	5:00	259,9	11,5	0,87	0,01360	3
21 Oct 2202	5:30	264,4	5,8	0,87	0,00590	3
21 Oct 2202	6:00	268,8	0,4	0,87	0,00100	4
21 Oct 2202	6:30	273,1	-5,9	0,87	0,00000	1
21 Oct 2202	7:00	277,5	-11,7	0,87	0,00000	1
21 Oct 2202	7:30	282,1	-17,3	0,87	0,00000	2
21 Oct 2202	8:00	287	-22,9	0,87	0,00000	1



7. Anexo VII: Briefing pilotos

Documento que genera el sistema que se entrega al piloto de la aeronave desde la que se va a realizar el salto.

PILOTS' BRIEFING FL 210

Date: October 21, 2022
TOT: 5:00 PM
Unit: CRAV
DIP: TEMBLEQUE (TOLEDO) 39° 40,754' N / 3° 35,224' W
B/A: TORREJON A.F.B (SPAIN)
Parachute: Phantom 360



HARP FL 210 HAHO		
39° 35,173' N / 3° 49,838' W		
Aircraft Course	148 °	
True Airspeed / Ground speed	130 Kt / 135 Kt	
HARP to DIP	12,52 Nm	23,19 Km
Jumpers Heading	58 °	
Flight Time	0:17:37	
N° Jumpers	9	
MaximunTime of Dropping	60,5 "	
Constants	K = 42	C = 34

Datum: WGS84
Time: Local

V: 28.66.64 CANTERO / JAN-21

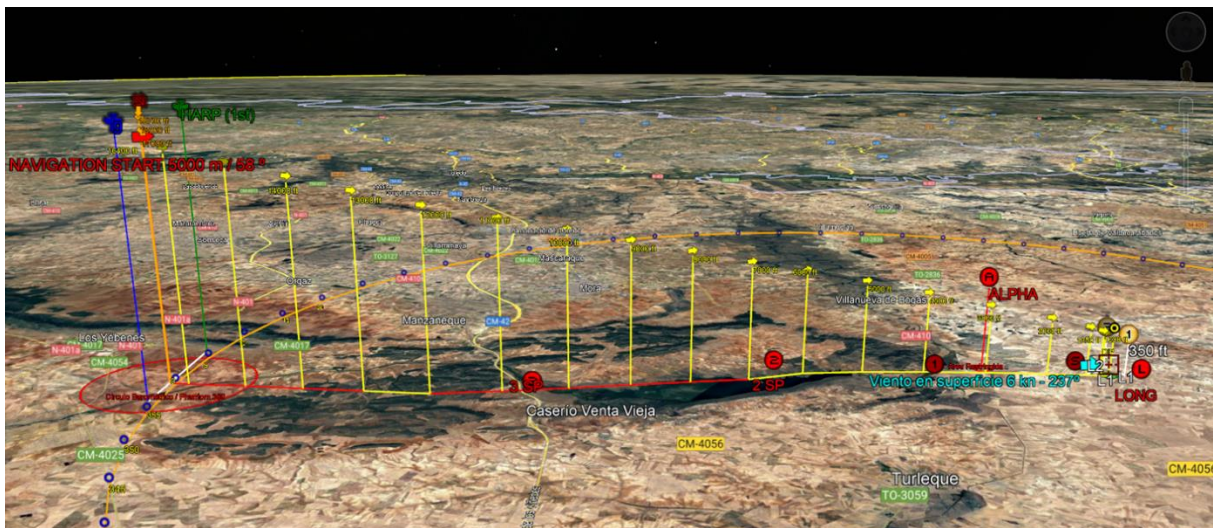


8. Anexo VIII: Capturas de Google Earth

Capturas de pantalla del documento en Google Earth que el sistema genera con todos los waypoints creados. En amarillo se ven los waypoints en altura que se encuentran a lo largo de todo el track, se suele establecer cada 1000 ft a partir de la altura establecida como altura de inicio de navegación.



En rojo, se visualizan, los puntos de seguridad 1, 2 y 3, el punto Alpha y los puntos de seguridad corto y largo.





9. Anexo IX: Ventana de selección del Punto Alpha

Ventana que el sistema muestra para determinar los parámetros que determinan la posición del waypoint Alpha.

The image shows a software dialog box titled "PUNTO ALPHA". It contains three rows of input fields:

- WP DE PASO:** A dropdown menu showing "3000" and a unit dropdown showing "ft".
- POSICIÓN:** A dropdown menu showing "Izquierda".
- ALTURA:** A text input field showing "500" and a unit dropdown showing "m".

At the bottom of the dialog box is a button labeled "ALPHA".

