



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Estudio de la alimentación del CC LEO 2E para posibilitar la instrucción estática de torre.

Autor

ANGEL SANTIAGO BELLIDO DÍAZ-CRESPO

Director/es

Director académico: Inés García Rubio

Director militar: Ignacio Navarro García-Gutiérrez

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2021

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer especialmente al Cap. De Inf. D. Ignacio Navarro García-Gutiérrez y a la Dra. Dña. Inés García Rubio por la entrega y dedicación recibido durante todo el proceso de realización de este trabajo, así como por facilitarme numerosas herramientas e información imprescindibles para la realización de este trabajo.

Agradecer también al Cap. De Inf. D. Gerardo Torres Díaz-Madroñero y al Tte. De Inf. D. Carlos Cadenas Poblador por su dedicación y entrega al enseñarme todos los medios a su disposición que me fueron imprescindibles para realizar este trabajo.

Agradecer en tercer lugar a todos los profesores del CUD que en algún momento participaron en mi formación y en especial al Dr. D. Joaquín Mur Amada y al Tcol. D. Carlos Ruiz López por su participación en este trabajo, dándome numerosas ideas y herramientas que contribuyeron en gran medida con mis objetivos.

En cuarto lugar, agradecer a todos los componentes del BICC "Mérida I/16", en especial a la 2ª Cía. "Jabalí", por el cariño y el afecto recibido durante toda mi estancia en el periodo de prácticas, mostrándome todas las ventajas y el honor de pertenecer a una unidad acorazada.

Por último, agradecer a mi familia, compañeros y amigos todo el apoyo y confianza depositado siempre en mí durante todo el proceso de formación. En especial, al Tcol. D. Antonio Bellido Alonso, mi padre, que además de ayudarme en este trabajo, siempre ha sido una guía en valores haciendo mi formación más sencilla y completa.

CAC. Inf. D. Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo

RESUMEN

Las diversas misiones llevadas a cabo por el ET (Ejército de Tierra) se sustentan en la constante búsqueda de la máxima operatividad de nuestros medios y de la mejora de los sistemas de instrucción, permitiendo dotarle de sistemas de armas muy complejos pero resolutivos en cualquier conflicto.

Es por ello por lo que, este trabajo propone la implementación de una fuente de alimentación que sea capaz de proporcionar al CC (Carro de Combate) Leopard 2E energía suficiente para mover la torre y, por ende, realizar instrucción a motor parado sin el consumo de combustible. Esta implementación supondría enfrentar la necesidad de sistemas de instrucción más realistas y evitando el uso de un recurso tan limitado como el combustible.

Para determinar la fuente más adecuada se ha llevado a cabo una serie de encuestas y entrevistas, análisis de proveedores y un análisis de elección multicriterio de donde finalmente se extraerán una serie de conclusiones como por ejemplo la posibilidad de reducir el combustible durante la instrucción a motor parado y la posibilidad de que sea interoperable entre los vehículos del Ejército de Tierra gracias a las estandarizaciones existentes en las entradas de corriente permitiendo valorar las ventajas del proyecto y las líneas futuras a desarrollar.

Para la elección de la fuente de alimentación se ha realizado un análisis multicriterio en el que se ha tenido en cuenta una serie de aspectos técnicos y varias alternativas, llegando a la conclusión de que la fuente de alimentación SC20 de la empresa francesa Guineault es la que mejor cumplía con los criterios establecidos.

Palabras clave

- Operatividad.
- Sistemas de instrucción.
- GPU (Ground Power Unit).
- CC (Carro de Combate).
- Consumo de combustible.

ABSTRACT

The various missions carried out by the Army are based on the constant search for the maximum operativeness of our means and the improvement of the training systems, allowing it to provide it with very complex but resolute weapons systems in any conflict.

That is why, this work proposes the implementation of a GPU (Ground Power Unit) that is capable of providing the MBT (Main Battle Tank) with enough energy to move the tower and, therefore, perform instruction to a stopped engine without fuel consumption. This implementation would mean addressing the need for more realistic instructional systems and avoiding the use of a limited resource as fuel.

To determine the most appropriate source, a series of surveys and interviews, supplier analysis and a multi-criteria choice analysis have been carried out from which a series of conclusions will finally be drawn such as the possibility of reducing fuel during the instruction to engine stopped and the possibility that it is interoperable between the vehicles of the Army thanks to the existing standardizations in the current inputs allowing to assess the advantages of the project and the future lines to be developed.

For the choice of the power supply, a multi-criteria analysis has been carried out in which a series of technical aspects and several alternatives have been taken into account, reaching the conclusion that the SC20 power supply of the French company Guineault is the one that best met the established criteria.

KEYWORDS

- Operativeness.
- Instruction systems.
- GPU (Ground Power Unit).
- MBT (Main Battle Tank).
- Fuel consumption.



ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>Agradecimientos</i>	3
<i>RESUMEN</i>	4
Palabras clave	4
<i>ABSTRACT</i>	5
KEYWORDS	5
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	8
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	9
<i>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</i>	10
<i>1. INTRODUCCIÓN</i>	11
<i>2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</i>	15
2.1. Objetivos y alcance	15
2.2. Metodología	15
2.2.1. Encuestas	16
2.2.2. Recopilación documental	16
2.2.3. Entrevistas	17
2.2.4. Plan de adquisición	17
2.2.5. Análisis multicriterio	18
<i>3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO (ESTADO DEL ARTE)</i>	20
3.1. Procedimiento de instrucción del CC Leopardo 2E	20
3.2. Sistemas de instrucción por simulador	23
3.2.1. STEEL BEAST	23
3.2.2. STO (Simulador de Torre)	24
3.2.3. SPT (Simulador de Puesto Táctico)	25
3.2.4. AIMTEST subcalibre 12,70 mm	25
3.2.5. Sistemas de duelo Láser	25
3.3. Sistemas de alimentación que nos ayudan a realizar instrucción en vehículo sin simuladores.	26



Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo

3.3.1. EBI-TRON	26
3.3.2. UPA (Unidad de Potencia Auxiliar)	27
3.4. Ejército Francés. Innovaciones y proyectos en vías de desarrollo.	28
4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS	29
4.1. Resultados de encuestas.	29
4.2. Resultados y conclusiones de las entrevistas con personal experto.	29
4.3. Elección multicriterio	31
4.3.1. Primera etapa: formulación del problema.	31
4.3.2. Segunda etapa: Evaluación de criterios	33
4.3.3. Tercera etapa. Evaluación de las alternativas.	37
4.3.4. Cuarta etapa: Jerarquización de alternativas	38
5. CONCLUSIONES	40
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXO A – FICHA TÉCNICA DE LAS ENCUESTAS Y RESPUESTAS.	42
ANEXO B. PROPUESTAS COMERCIALES Y FICHAS TÉCNICAS	44
ANEXO C. ENCUESTAS ALTERNATIVAS.	54



ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Leopardo 2E. Fuente: Elaboración propia</i>	11
<i>Figura 2: Par de baterías Leopardo 2E. Fuente: Elaboración propia</i>	13
<i>Figura 3. Ejemplo de GPU. Fuente: Airport Suppliers</i>	14
<i>Figura 4. VCR 8X8 Dragón. Fuente: ABC</i>	14
<i>Figura 5. VCI Pizarro. Fuente: Defensa.com</i>	14
<i>Figura 6. Esquema del funcionamiento del método AHP. Fuente: Máster de “Dirección y gestión de adquisiciones de sistemas para la Defensa”</i>	18
<i>Figura 7. Interfaz Steel Beast. Fuente: Elaboración propia.</i>	23
<i>Figura 8. Controladores del Steel Beast. Fuente: Elaboración propia.</i>	23
<i>Figura 9. Simulador STO situado en el CENAD San Gregorio (Zaragoza). Fuente: Elaboración propia.</i> ...	24
<i>Figura 10. Sala de control para realizar el seguimiento de los ejercicios STO. Fuente: Elaboración propia.</i>	24
<i>Figura 11. Conjunto del simulador SPT situado en el CENAD San Gregorio (Zaragoza). Fuente: Elaboración propia</i>	25
<i>Figura 12. Sistema de simulación de duelo láser. Fuente: Defensa.com</i>	26
<i>Figura 13. Esquema eléctrico de generación de energía en el Leopardo 2E. Fuente: Manual de tripulación para el Leopardo 2E MT6-049</i>	27
<i>Figura 14. UPA (Unidad de Potencia Auxiliar). Fuente: SAPA</i>	27
<i>Figura 15. Entrada de la toma de cable esclavo. Fuente: Elaboración propia.</i>	30
<i>Figura 16. Especificaciones técnicas GPU Guineault SC20 y oferta comercial</i>	45
<i>Figura 17. Especificaciones técnicas GPU SINEDCGPU y oferta comercial.</i>	47
<i>Figura 18. Especificaciones técnicas GPU ITW GSE 1400 y oferta comercial.</i>	49
<i>Figura 19. Especificaciones técnicas GPU ITW GSE 7400 JetEx y oferta comercial.</i>	51
<i>Figura 20. Especificaciones técnicas GPU AERO Specialties PS300 y oferta comercial.</i>	53



ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Confrontación de objetivos y metodologías. Fuente: Elaboración propia.</i>	16
<i>Tabla 2. Fases de la instrucción en unidades acorazadas nivel individual. Fuente: Manual IAT Leopardo 2E MI6-103.</i>	21
<i>Tabla 3. Niveles de instrucción para tripulaciones. Fuente: Manual IAT Leopardo 2E MI6-103.</i>	22
<i>Tabla 4. Características principales GPUs. Fuente: Elaboración propia.</i>	31
<i>Tabla 5. Sistema de puntuación para el método AHP. Fuente: Máster de “Dirección y gestión de adquisiciones de sistemas para la Defensa”.</i>	34
<i>Tabla 6. Ejemplo de encuesta realizada. Fuente: Elaboración propia.</i>	34
<i>Tabla 7. Frecuencias procedentes de las encuestas a los expertos sobre la ponderación de criterios principales. Fuente: Elaboración propia.</i>	35
<i>Tabla 8. Pesos resultantes de la ponderación de criterios principales por los expertos. Fuente: Elaboración propia.</i>	36
<i>Tabla 9. Resultado de encuestas sobre importancia de subcriterios. Fuente: Elaboración propia.</i>	36
<i>Tabla 10. Resultados del programa para la asignación de pesos a los subcriterios. Fuente: Elaboración propia.</i>	37
<i>Tabla 11. Ponderación final de criterios y subcriterios. Fuente: Elaboración propia.</i>	37
<i>Tabla 12. Valoración del grupo de expertos de las alternativas según subcriterios (1). Fuente: Elaboración propia.</i>	38
<i>Tabla 13. Valoración del grupo de expertos de las alternativas según subcriterios (1). Fuente: Elaboración propia.</i>	38
<i>Tabla 14. Matriz de decisión obtenida por el Software AyudaDecisión_AHP_net_4.0. Fuente: Software AyudaDecisión_AHP_net_4.0.</i>	39
<i>Tabla 15. Resultados de las encuestas realizadas a miembros del BICC “Mérida”.</i>	43



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AHP	Analytic Hierachy Process
BICC	Batallón de Infantería Carros de combate
BMS	Battle Management System
CC	Carro de combate
CENAD	Centro de Adiestramiento
Cia	Compañía
COTS	Comercial Off The Shelf
CPX	Command Post Exercise
EMAN	Escalón Mantenimiento
ET	Ejército de Tierra
GPU	Ground Power Unit
IAT	Instructor Avanzado de Tiro
LIVEX	Live Exercise
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PAP	Plan Anual de Preparación
PCMASA	Parque y Centro de Mantenimiento de Sistemas Acorazados
PEXT	Prácticas Externas
PT	Puesto Táctico
RAC	Regimiento Acorazado
SPT	Simulador de Puntería y Tiro
STO	Simulador de Torre
TRP	Tripulación
UPA	Unidad de Potencia Auxiliar
VCI	Vehículo Combate Infantería
VCR	Vehículo Combate Ruedas



1. INTRODUCCIÓN

El carro de combate leopardo 2E es un sistema de armas de origen alemán de la empresa KMW (Krauss-Maffei Wegman), fabricado bajo licencia en España por la empresa Santa Barbara Dynamics European Land Systems. Se trata de una variante del Leopard 2A6 alemán al que se le han incrementado las capacidades de supervivencia con aspectos destacables como es la mejora del blindaje de la torre y la implementación del sistema de mando y control BMS LINCE. Estos sistemas hacen de este vehículo el sistema de armas más potente del ejército español. Sus características más destacables son las siguientes:



Figura 1: Leopard 2E. Fuente: Elaboración propia

- Peso en orden de combate: 62 toneladas.
- Tripulación: 4 militares (jefe de carro, tirador, cargador y conductor).
- Autonomía: 340 km a una velocidad de 50 km/h
- Velocidad máxima: 70 km/h.
- Dimensiones:
 - Altura: 3 metros.
 - Anchura: 3.75 metros
 - Longitud: 9.67 metros.
- Armamento principal: cañón Rheinmetall L55 de 120 mm con una dotación de 42 disparos.
 - Armamento secundario: 2 ametralladoras MG 3 de 7,62 mm. Una coaxial al cañón y la otra antiaérea sobre escotilla cargador.
- Motor: MTU MB 873 Ka-501Friedrichshafen de 1500 CV a 2600 rpm.
- Relación potencia/peso: 24,1 CV/Tn.
- Capacidad de combustible de 1060 L
- Consumo medio a campo abierto de 500 L/100 km
- Consumo al ralentí: 12,5 L a la hora.

De estos datos se destaca el gran consumo de combustible, al suponer un factor clave en los costes de operación en este sistema de armas. Por lo tanto, los créditos de combustible asignados a una unidad de CC supone un gran limitador a la hora de ejecutar su programa de instrucción anual, siendo este hecho el motivo por el cual se propone este trabajo, ya que su implementación



Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo

permitiría reducirlo. Este ahorro se podría dedicar a realizar otras actividades de mayor importancia, como son los ejercicios LIVEX¹.

Las actividades de instrucción sobre las que se podría reducir el consumo de combustible son todas aquellas que se realizan en los hangares con el vehículo parado y que requieren del accionamiento de los controles de la torre usando la corriente eléctrica, identificándose las siguientes:

- Instrucción puesto táctico jefe Vehículo: identificar mandos, consolas y práctica de procedimientos.
- Instrucción puesto táctico Tirador: identificar mandos, consolas y práctica de procedimientos.
- Instrucción puesto táctico Cargador: identificar mandos, consolas y práctica de procedimientos.
- Utilización, planeamiento y Carga de datos sobre el Battle Management System (BMS, sistema de mando y control)

Actualmente, las unidades de carros se ven sujetas a las restricciones impuestas por el mantenimiento correctivo que es necesario realizar en estos vehículos y por la asignación de créditos para combustible. Conociendo el dato del consumo del CC al ralentí, que es la situación en la que se realizaría la instrucción a motor parado, podemos realizar el cálculo de cuanto combustible gasta mensualmente cada uno de estos vehículos y, por lo tanto, nos ayudará a conocer cuál es realmente el ahorro que se produciría.

Según el PAP (Plan anual de preparación), un Leopard 2E realiza aproximadamente 320 horas de instrucción al año. De esas 320 horas, 200 horas serían al ralentí, pero hay que tener en cuenta que todas esas horas no se realizan en los hangares, sino que también se realizan en el campo de maniobras en ejercicios, donde una GPU no tendría capacidad de suministrar esa energía para realizar el movimiento de la torre. En los hangares se realiza aproximadamente 100 horas de instrucción a motor parado, es decir, al ralentí. Teniendo en cuenta que un batallón de carros dispone generalmente de 41 carros de combate podemos calcular que se realizan 4100 horas de instrucción con el motor al ralentí. Sabiendo que el precio del combustible² aproximado es de 1,23 €/L y que el carro consume 12,5 L/hora, calculamos:

$$12,5 \text{ L/h} \times 1,23 \text{ €/L} \times 4100 \text{ horas} = 63.037,5 \text{ €}.$$

Si tenemos en cuenta que actualmente el Ejército de Tierra, dispone de 4 batallones de carros de combate, con una cantidad de horas de instrucción muy similar, podemos saber que el consumo total y el ahorro producido de estos 4 batallones sería de $4 \times 63.037,5\text{€} = 252.150 \text{ €}$.

Conocer el dato del gasto aproximado en el Ejército de Tierra en las condiciones presentadas, nos ayudará a justificar este trabajo de tal manera que podremos conocer el ahorro real que supondría su implementación.

El carro de combate Leopard 2, predecesor del Leopard 2E, cuyo diseño y concepto se remonta a finales de los años 70 y principios de los 80, ha evolucionado hasta nuestros días en varios aspectos. Uno de los mayores cambios en lo que atañe a nuestro proyecto es la electrónica del vehículo. La versión anterior que poseía España, el Leopard 2 A4, alimentaba su electrónica por 8 baterías conectadas en serie 2 a 2 y a su vez estas parejas en paralelo. De este modo se conseguía una mayor resiliencia en el diseño, ya que, si un grupo de baterías era dañado por un impacto o mal funcionamiento, el carro de combate podía seguir funcionando con el resto de las baterías.

¹ LIVEX. "Live Exercise". Son aquellos en los que participan Fuerzas o Unidades.

² Precio de combustible a fecha 10 de diciembre de 2022.



Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo

Sin embargo, la introducción de mayores sistemas electrónicos (como electroóptica, vetrónica, sistema mando y control, etc), así como la sustitución del sistema hidráulico de movimiento de la torre por un sistema eléctrico de movimiento, mucho más seguro en caso de penetración del blindaje, ha conllevado un incremento sustancial del consumo eléctrico de los distintos sistemas y subsistemas del carro. Esto impide que se pudieran alimentar todos los sistemas eléctricos del carro únicamente con las baterías, ya que se tendría que incrementar su número, lo que conlleva un incremento de peso y volumen, con los inconvenientes que tendría en la capacidad de carga del vehículo y en la movilidad. Por lo que el juego de baterías está diseñado para proporcionar energía para arrancar el motor en todo tipo de condiciones climáticas, así como alimentar determinados sistemas vitales (Sistema contraincendios y anti-explosiones, sistemas comunicaciones, etc.).



Figura 2: Par de baterías Leopard 2E. Fuente: Elaboración propia.

Para alimentar de energía eléctrica a todos los sistemas del CC LEO 2E, esta se obtiene del alternador que alimenta el motor térmico de 1500 CV. Sin embargo, como medida de ahorro de combustible y para disminuir su firma acústica, cuando el CC se encuentra en situaciones estáticas, la energía eléctrica se obtiene de la Unidad Potencia Auxiliar (UPA), que es un grupo electrógeno de reducidas dimensiones que produce la energía eléctrica suficiente para alimentar a todos los sistemas eléctricos del carro necesarios en situaciones estáticas con un consumo combustible reducido, evitando tener encendido el motor principal de 1500 CV para producir unos 7.500 W. Dadas las restricciones de espacio que todo CC tiene, la UPA ha sustituido un par de baterías, de tal manera que el CC LEO 2E tiene en la actualidad 6 baterías. La UPA da la capacidad al CC de mover la torre y los sistemas eléctricos del CC, además permite recargar las baterías y arrancar el motor principal.

Sin embargo, como otros grupos electrógenos, la UPA tiene un consumo de combustible de 4 Lts/hora, que pese a ser un consumo muy reducido respecto al GMP (Grupo Moto Propulsor), la intención de este trabajo es reducirlo a cero para situaciones de instrucción a motor parado, evitando así el desgaste de esta, ya que su uso en un futuro escenario de combate sería imprescindible. La UPA necesita de una serie de mantenimientos preventivos cada 200 horas de uso según manual. Además, la UPA tiene una disponibilidad operativa relativamente baja, así como un tiempo de reparación alto, por lo que el desarrollo de un sistema que permita disminuir la necesidad de encender la UPA, redundará en un menor consumo de combustible y menor carga de mantenimiento en las diferentes unidades acorazadas del ejército, lo cual siempre ha sido un factor limitante a la hora de realizar instrucción con este sistema de armas.

Durante la investigación realizada a lo largo del presente trabajo, se ha llegado a la conclusión de que el mejor sistema para reducir el uso de la UPA y poder realizar instrucción a motor parado es un generador del tipo conocido como GPU (Ground Power Unit). Las GPU son generadores de electricidad muy utilizados en el mundo de la aeronáutica cuya función principal es la de proveer de energía a los sistemas eléctricos del avión sin necesidad de tener encendido el motor principal. Además, estas GPU pueden ser alimentadas tanto por combustible como por electricidad siendo esta última la opción elegida para nuestro trabajo debido al ahorro económico producido por no



Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo

utilizar combustible, la eficiencia energética conseguida, que es mayor en los generadores eléctricos, y por motivos medioambientales que ayudaran a reducir las emisiones contaminantes. La implementación del uso de la GPU tiene como objetivo facilitar la instrucción de las tripulaciones a motor parado cumpliendo con los requisitos recién mencionados.



Figura 3. Ejemplo de GPU. Fuente: Airport Suppliers (GSE, 2017)

La implementación de este sistema no sería exclusiva al CC LEO 2E, sino que sería aplicable a otros vehículos acorazados como el VCI Pizarro o el CC Centauro debido a que tiene características eléctricas que hacen que nuestro sistema sea compatible con los mismos. EL futuro VCR 8X8 “Dragón” también podría verse beneficiado por este sistema ya que las entradas eléctricas utilizados por los vehículos acorazados del ET siguen las estandarizaciones marcadas por la OTAN en el STANAG “AEP – 4074”.



Figura 4. VCR 8X8 Dragón. Fuente: ABC (Villarejo, 2020)



Figura 5. VCI Pizarro. Fuente: Defensa.com (García, 2016)



2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. Objetivos y alcance

El objetivo principal de este trabajo es permitir la instrucción de las tripulaciones en el uso de la torre de los carros de combate Leopard 2E del Ejército de Tierra español (E.T.) en estático y con el motor principal y la UPA parados, evitando el consumo de combustible y disminuyendo la carga de mantenimiento. Para lograr dicho objetivo se han marcado los siguientes objetivos parciales:

1. Analizar las herramientas de las que disponen las unidades acorazadas para realizar la instrucción de torre a motor parado hasta la fecha.
2. Determinar cuáles son las características técnicas necesarias para alimentar los sistemas electrónicos de la torre del CC con el GMP apagado para definir qué solución comercial es más apropiada en nuestro proyecto.
3. Realizar un plan de adquisición basándose en la herramienta de elección multicriterio AHP.

Con la realización de este trabajo, también se pretende posibilitar la implementación de un sistema asequible que permita a las tripulaciones instruirse en su propio vehículo sin la necesidad de utilizar simuladores, puesto que estos siempre tendrán pequeñas variaciones en cuanto a sensaciones y tacto en el manejo de los sistemas de movimiento frente a los propios de un carro de combate real. Por ello es necesario que las tripulaciones se adapten a los mandos reales, tanto para ejercicios de fuego real como su posible empleo en combate.

El alcance de este trabajo de fin de grado se ha limitado al CC Leopard 2E en dotación en los Batallones de Infantería de Carros de Combate y los Grupos de Caballería de las Brigadas pesadas. Sin embargo, estudios similares se podrían realizar para otros vehículos acorazados en dotación en el ET, como son los VCI Pizarro y el futuro VCR 8x8 Dragón.

2.2. Metodología

Para la realización de este proyecto, se han empleado diversas metodologías llevadas a cabo principalmente durante las prácticas Externas (PEXT) en el RAC "Castilla 16". Han consistido principalmente en:

- Encuesta a personal experto del RAC "Castilla" 16 y más concretamente al personal del BICC "Mérida I/16" que poseen una dilatada experiencia empleando este sistema de armas con el fin de determinar las necesidades y las ventajas que podría suponer la implementación de un nuevo sistema para realizar la instrucción de tripulación en torre a motor parado.
- Recopilación de información de los distintos manuales técnicos de tripulación, y de mantenimiento de los distintos escalones de mantenimiento, catálogos ilustrados, etc. que han permitido recabar información sobre el funcionamiento y los datos técnicos del CC Leopard 2E, incluidos los manuales específicos de la UPA. También se ha acudido a estudios realizados previamente sobre este CC con el objetivo de identificar vulnerabilidades que puedan presentar estos sistemas.
- Entrevistas a expertos, tanto formales como informales a personal experto del RAC "Castilla" 16 y más concretamente al personal del BICC "Mérida I/16" que poseen una dilatada experiencia empleando este sistema de armas.
- Un estudio de mercado, en el que se ha contactado con diferentes empresas proveedoras de sistemas de alimentación de energía con gran demanda eléctrica para ver qué soluciones COTS (Commercial off the Shelf) disponen, sus características principales y precio, de tal modo que se haya podido tener un listado de diferentes posibilidades.
- Análisis multicriterio para elegir entre las distintas opciones comerciales de sistemas de alimentación de energía. Para ello se ha utilizado la herramienta de análisis multicriterio AHP.



	OBJETIVO 1	OBJETIVO 2	OBJETIVO 3
Encuesta personal experto			X
Recopilación de información	X	X	
Entrevistas a expertos	X	X	X
Estudio de mercado			X
Análisis multicriterio			X

Tabla 1. Confrontación de objetivos y metodologías. Fuente: Elaboración propia.

2.2.1. Encuestas

El trabajo comienza con un estudio de necesidades entre algunos de los grupos de interés que en este caso son los usuarios y encargados del mantenimiento de los CC. Para conocer las necesidades y las opiniones referentes a la motivación del proyecto se realizó una encuesta cualitativa a través de la aplicación Google forms vía online y de manera anónima a algunos componentes del BICC “Mérida”. Se pueden ver las preguntas y respuestas en el Anexo A.

En la encuesta se explica brevemente la motivación de nuestro trabajo contextualizando al encuestado. Además, se procuró seguir una secuencia lógica en las preguntas agrupando los distintos tipos de preguntas y evitando ambigüedades.

La población de la encuesta consta de 10 suboficiales y 5 oficiales, de los que destaca un suboficial con el curso de IAT (Instructor Avanzado de Tiro).

En lo referente a los objetivos específicos de la encuesta se destaca:

1. Conocer la opinión del personal destinado en el BICC “Mérida”, buscando saber si consideraban que era necesaria una mejora de los sistemas de instrucción.
2. Determinar la utilidad de los sistemas de simulación existentes.
3. Conocer si la implementación de este sistema ayudaría a reducir las horas de mantenimiento de los CC.

2.2.2. Recopilación documental

Para conocer mejor el sistema de armas CC LEO 2E se ha tenido que estudiar en profundidad diversos manuales que se detallan a continuación:

- Manual de electrónica de torre y barcaza: Estos dos manuales contienen toda la información necesaria en lo relativo al funcionamiento electrónico y ayudan a conocer las entradas eléctricas del CC que nos interesan para la consecución de este proyecto. Además, nos permite conocer cuanta energía necesita ser suministrada para realizar el movimiento de la torre. (MADOC, 2021)
- Manual de tripulación: Este es el manual más importante a nivel usuario. En él se detalla la descripción, función, manejo y mantenimiento de los componentes básicos del CC. Además, incluye los procedimientos para el manejo, uso en combate y todo lo relativo a operaciones de mantenimiento de primer escalón. (MADOC, 2021)
- Manual IAT (Instructor Avanzado de Tiro): Describe los procedimientos del tiro y su posterior evaluación. Además, los IATs son los encargados de la puesta en marcha de los sistemas de simulación existentes en las unidades. El IAT sería el encargado de organizar, proponer y corregir los



2.2.3. Entrevistas

Estas entrevistas han permitido definir en primer lugar que necesidad real existe en cuanto a los sistemas que se quieren proponer para mejorar la operatividad de la unidad. En segundo lugar, establecer si es viable en cuanto a electrónica y mecánica se refiere.

Las entrevistas realizadas son de carácter cualitativo debido a que se busca la opinión de los usuarios. Estas entrevistas fueron presenciales y se fueron recogiendo las ideas principales.

El perfil de los entrevistados ha sido el siguiente:

- Capitán jefe de Compañía de carros, encargado de programar y ejecutar el programa de instrucción de su unidad, además de ser jefe de carro.
- Oficiales jefes de SC y suboficiales jefes de CC, ya que son los encargados de supervisar la instrucción de sus tripulaciones. Además, como jefes de carro también forman parte de la ejecución de la instrucción.
- IAT, que es el encargado de la instrucción de tiro en las unidades. La figura del IAT existe en la mayoría de los ejércitos y también es conocido como “Master Gunner”. El personal con el curso de IAT tiene la capacidad y el conocimiento para realizar el seguimiento del programa de instrucción de tiro, evaluar los resultados obtenidos en el tiro y asesorar al escalón superior.
- Profesores de Electrónica y Logística del CUD (Centro Universitario de la Defensa)
- Especialistas del segundo escalón de mantenimiento (2º EMAN) del regimiento, que poseen los conocimientos técnicos necesarios para valorar la viabilidad del proyecto y la mejora que supondría respecto a lo existente hasta el momento.
- Ingeniero politécnico destinado en el PCMASA nº1 en Madrid, el cual conoce en profundidad todos los sistemas electrónicos del CC y nos habla sobre la viabilidad del proyecto en su aspecto más técnico.

2.2.4. Plan de adquisición

Para la adquisición de la GPU, se ha decidido pedir presupuestos a proveedores externos al Ministerio de Defensa debido a que actualmente no existe una fuente totalmente eléctrica con las características establecidas y esta tecnología se encuentra muy desarrollada en el mercado. Se ha seguido el siguiente protocolo:

1. Reunir y clasificar las especificaciones técnicas: Tras reunir las características principales que debería tener la fuente de alimentación, se ha determinado la necesidad de contratar un proveedor externo para cubrir nuestra demanda, se ha detallado que características eran las más importantes para realizar nuestra adquisición.

Estas características y criterios de selección han sido decididas en consenso con el grupo de expertos entrevistados y encuestados.

2. Investigar la oferta existente en el mercado y selección de proveedores: Se ha realizado un proceso de selección de proveedores analizando su valoración financiera en el mercado y los productos que ofertan. Tras analizar datos y experiencia en el mercado, se ha procedido a realizar una selección de proveedores para solicitarles una propuesta formal.

3. Desarrollo de una solicitud de propuesta: Esta parte del proceso de adquisición se ha realizado ofreciendo información a los miembros de la lista corta de proveedores sobre el proyecto a realizar como los términos generales, los antecedentes del proyecto, criterios de evaluación, problema a resolver y las características técnicas del mismo.



Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo

4. Evaluación de propuestas: Los proveedores interesados en el proyecto, enviaron sus propuestas. Estas propuestas fueron evaluadas con los criterios establecidos por los grupos de expertos y la posterior aplicación de la metodología de análisis multicriterio.

5. Toma de decisión: El proveedor cuyo cumplimiento de los criterios haya obtenido una mejor puntuación es el que mejor cumple con las necesidades de nuestro proyecto. Se ha decidido tener una primera y segunda opción.

Durante la realización de esta fase del trabajo, se ha contactado con múltiples proveedores facilitándonos tanto fichas de características técnicas de las GPUs como un presupuesto detallado. Estas fichas y presupuestos se adjuntan en el anexo B.

2.2.5. Análisis multicriterio

Todas las herramientas mencionadas en los apartados anteriores se fusionan en el análisis multicriterio realizado. Para la realización de este análisis se ha decidido utilizar una metodología cuantitativa como es el AHP (Analytic Hierachy Process). Este sistema nos ayudará a determinar que solución es la que nos aportará más ventajas según los criterios consensuados con el grupo de expertos.

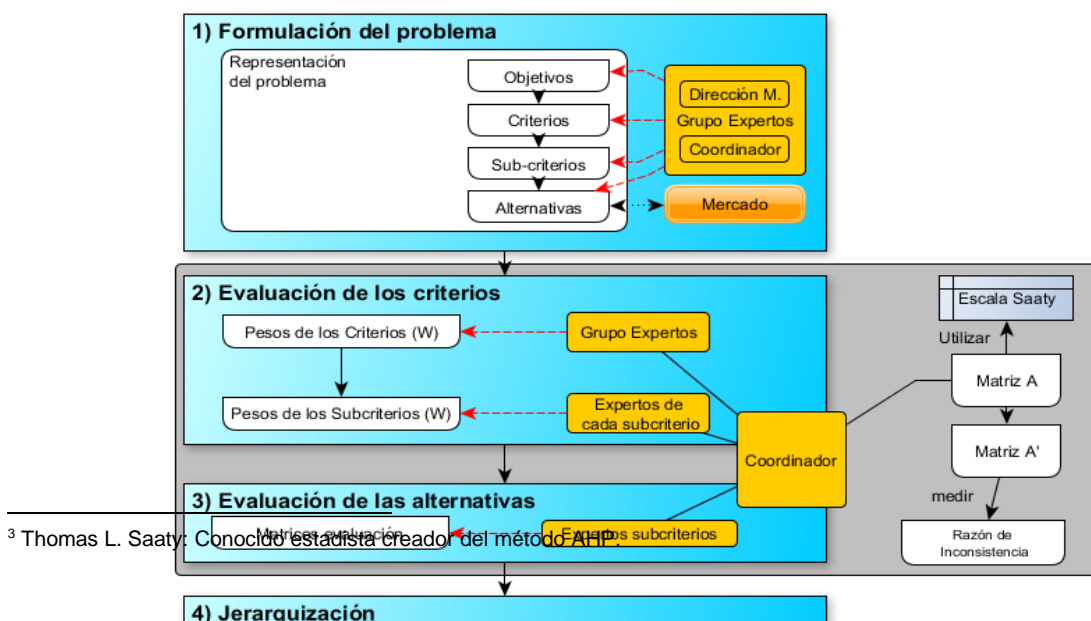
La metodología multicriterio ha sido extraída de la asignatura “Métodos cuantitativos de ayuda a la decisión” impartida en el Máster en “Dirección y gestión de adquisiciones de sistemas para la defensa” de UNIZAR.

Esta herramienta está destinada a la toma de decisiones de una manera objetiva y eficaz que apoyándose en el método científico busca resolver problemas y decisiones complejas eliminando errores producidos por las conjeturas improvisadas, el pensamiento intuitivo e injustificado y en general todo aquello que no se valga de un modelo metodológico claro que pueda perturbar la toma de decisiones en situaciones complejas.

En la formulación de esta herramienta, destacan una serie de elementos que nos servirán para llegar a la decisión óptima en función de los criterios de los expertos. Estos elementos son las alternativas, los criterios y la matriz de decisión.

Las alternativas se presentan como las posibles soluciones (acciones a tomar, proyectos, objetos...) que establecerá el encargado de llevar a cabo el proyecto en cuestión. Estas alternativas son mutuamente excluyentes.

El método desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty³ conocido como AHP o proceso de jerarquización analítica permite de manera eficiente y gráfica organizar la información respecto a un



³ Thomas L. Saaty. Conocido estadista creador del método AHP.

Figura 6. Esquema del funcionamiento del método AHP. Fuente: Máster de “Dirección y gestión de adquisiciones de sistemas para la Defensa” (Ruiz López, 2019)



Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo

problema de decisión, descomponiéndolo y analizándolo por partes.

El método AHP consta de cuatro etapas y aplicadas a nuestro trabajo son:

1. Formulación del problema: Para la formulación del problema se determinarán por un lado las alternativas que en nuestro caso serán las GPUs y por otro lado los criterios y subcriterios que deberán cumplir. La alternativa que mejor cumpla nuestros requisitos es en la que se basará nuestra decisión.

Los criterios son aquellos parámetros que van a permitir evaluar las alternativas. Estos criterios pueden evaluarse y medirse. Es imprescindible que los criterios sean especificados antes incluso de elegir las alternativas ya que así evitaremos que se manipulen consciente o inconscientemente en beneficio de alguna de las alternativas. Estos criterios son elegidos por el que lleva a cabo el proyecto quién los elige en base a su conocimiento del problema y las necesidades que busca solventar.

2. Evaluación de los criterios: Mediante la evaluación de los criterios y los subcriterios, el grupo de expertos y el coordinador determinan los más significativos y utilizando esta metodología, le asignan sus pesos. Estos criterios y subcriterios serán unas características técnicas que favorecerán en mayor o menor medida la instrucción a motor parado.

3. Evaluación de las alternativas: Expertos de cada uno de los subcriterios evalúan las diferentes alternativas entre sí, de tal forma que se puedan establecer matrices de evaluación donde podremos observar las puntuaciones obtenidas por cada GPU.

4. Jerarquización: Finalmente, el coordinador construye la matriz de decisión y se extraen las conclusiones. La matriz de decisión es la forma gráfica de cómo están relacionados los criterios y las alternativas entre sí. Gracias a esta, podemos observar el peso final de cada una de las alternativas y ver en que destaca cada una de ellas.

A lo largo de todo el proceso de investigación, el apoyo de los grupos de expertos en las distintas etapas es fundamental para un resultado final acorde al método científico.

Para la primera parte, donde se precisaba de una opinión más técnica se encuestó a dos suboficiales del 2º EMAN de la Base General Menacho situada en Bótoa y a un ingeniero electrónico destinado en el PCMASA nº1 situado en Madrid. Este grupo de expertos ayudó mediante encuestas a la ponderación final de los criterios y subcriterios.

Para la segunda parte, que consiste en la elección de unas alternativas frente a otras, se encuestó a oficiales y suboficiales jefes de carro, donde cada uno podía reflejar que alternativa era más idónea conociendo todas las características de GPU, de tal manera que ellos priorizaron unas frente a otras de manera personal.



3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO (ESTADO DEL ARTE)

Con la implementación del Leopardo 2A4 y su predecesor, el actual Leopardo 2E, los costes de operación de este sistema de armas se incrementaron sustancialmente. Esta situación unida a la bajada de créditos para combustible y piezas para operar y reparar estos vehículos ha provocado que se les dé una mayor importancia a los sistemas de simulación. Estos han conseguido reducir sustancialmente los gastos ofreciendo a cambio un rendimiento muy alto.

Por ello se considera de vital importancia hablar en primer lugar del método de instrucción realizado en las unidades de carros y, por otro lado, los sistemas de simulación existentes. Es de vital importancia para este trabajo conocer estos sistemas debido a que cada uno de ellos presenta una serie de ventajas y unas desventajas respecto a la instrucción llevada a cabo en el propio vehículo ya que no es lo mismo realizar todos los procedimientos propios del vehículo en un simulador que en el vehículo donde luego se realizarán los ejercicios LIVEX y con el que se va a combatir.

Algunas de estas diferencias serían los controladores de movimiento de la torre, el propio movimiento de la torre y el conjunto de sensaciones recibidas por el usuario tanto de espacio como de temperatura y cansancio.

En este apartado se va a intentar dar conocimiento sobre lo existente hasta la fecha en dos vertientes que van íntimamente ligadas entre sí en este trabajo. Por un lado, dar conocimiento sobre lo que existe ahora mismo en el ET para realizar instrucción de CC donde se incluyen varios tipos de simuladores, y, por otro lado, dar a conocer los sistemas eléctricos que pueden permitirnos realizar la instrucción a motor parado.

3.1. Procedimiento de instrucción del CC Leopardo 2E

No se puede empezar a explicar los sistemas de instrucción que existen en el ET sin previamente explicar cómo funciona exactamente el proceso de formación de las tripulaciones, el cual está muy detallado.

La instrucción de las tripulaciones de los CC Leopardo 2E está regulada dentro del ET en el Manual de Instrucción MI-015 "Procedimiento de Instrucción del CC LEOPARDO 2E". En él se realiza un análisis de las distintas competencias que deben tener los diferentes miembros de la tripulación de manera individual.

Por otro lado, se establece un escalonamiento de la instrucción de manera que sirva de referencia según un orden lógico ascendente:

1. PT (Puesto táctico): adquisición de conocimientos teóricos generales.
2. PT: tareas individuales específicas (puesto táctico) del conductor, tirador, cargador y jefe de carro en sistemas de simulación.
3. PT: tareas individuales específicas (puesto táctico) del conductor, tirador, cargador y jefe de carro en campo de tiro.
4. TRP (Tripulación): tareas colectivas (tripulación) en sistemas de simulación.
5. TRP: tareas colectivas (tripulación) en campo de tiro.

De tal manera que vemos que se empieza por unos conocimientos básicos de los sistemas y subsistemas del Carro de combate que debe manejar cada tripulante para luego pasar a realizar las tareas colectivas, primero en simuladores y luego en el campo de tiro. En el siguiente cuadro se puede apreciar los distintos recursos que se utilizan para cada uno de los distintos escalones de instrucción, en los que no sólo se realiza un uso profuso de los distintos simuladores, sino que también se utiliza el CC Leopardo real. Esto es así, para garantizar que las tripulaciones estén habituadas a su CC real, que es



Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo

dónde al final tendrá que combatir, objetivo último de toda la instrucción.

ORDEN PT-TRP	Subcategoría de INSTRUCCIÓN	CONTENIDO	INSTRUCCIÓN EN SIMULADORES VIRTUALES DE LA UNIDAD	INSTRUCCIÓN EN SISTEMAS VIRTUALES DEL GIUACO	INSTRUCCIÓN EN SIMULADORES REALES/CC LOPARDO REAL
PT-1	Conocimiento teórico del CC Leopardo 2E (nivel I y II)	Generalidades del CC Leopardo 2E	Aula EAO/STO/SCA/Steel Beast	Aula EAO/SCA	CC Leopardo 2E (Real)
PT-2	Instrucción complementaria y de mandos (Nivel III)	Tareas individuales de la tripulación y del jefe de carro	Aula EAO/STO/SCA/Steel Beast	SCO	CC Leopardo 2E (Real)
PT-3	Instrucción complementaria (Niveles II y III) en CAMPO DE TIRO	Tareas individuales de la tripulación y del jefe de carro			TIRO CON LÁSER (CT) TIRO CON FUEGO REAL (CT) EVALUACIÓN EN CT
TRP-4	Instrucción de aplicación y mandos	Tareas colectivas de la tripulación y cometidos de SC.	Steel Beast/STO	STO (JC, AT, RC) STO Y SCO (JC, AT, RC, CD) SPT (Instrucción de aplicación con JC, AT, RC, CD) TVITRP en simulador (TRP)	CC Leopardo 2E (Real) SIMULADOR DE DUELO LÁSER
TRP-5	Instrucción de aplicación en CAMPO DE TIRO	Tareas colectivas de la tripulación			TIRO CON LÁSER (CT) TIRO CON FUEGO REAL (CT) EVALUACIÓN EN CT

Tabla 2. Fases de la instrucción en unidades acorazadas nivel individual. Fuente: Manual IAT Leopardo 2E MI6-103

Una vez realizadas las tareas de instrucción a nivel individual, se realiza la instrucción conjunta de la tripulación. Cabe destacar que hasta que cada miembro de la tripulación no tenga su nivel exigido de cada puesto táctico, este no podrá pertenecer a una tripulación.

La instrucción a nivel tripulación, se realiza de manera conjunta entre todos los miembros de la tripulación, de tal manera que los niveles adquiridos en las pruebas establecidas son para una tripulación en concreto.

Además, si uno de ellos dejara de formar parte de esa tripulación, el resto del personal del CC deberá volver a obtener el nivel con el nuevo miembro.

Esto supone un gran coste a la hora de obtener el nivel más alto de las tripulaciones ya que el personal en las distintas unidades va rotando y el tiempo para adquirir los distintos niveles es elevado.

Como se explica en la siguiente tabla, los niveles de instrucción están escalonados por niveles (Básico, Intermedio y Avanzado). Cada uno de estos niveles va lógicamente asociado a un nivel de dificultad en cuanto a procedimientos y destrezas.



FASE/NIVEL TCITRP	TEORÍA	SISTEMAS DE SIMULACIÓN		CAMPO DE TIRO (CT)
		P. TÁCTICO	TRIPULACIÓN	
FASE PRIMERA HASTA ADQUIRIR NIVEL BÁSICO (TVITRP-2)	Alcanzar los requisitos marcados en las fichas generales y de seguridad	Alcanzado el nivel Básico de teoría. Superados los ejercicios mínimos según el anexo correspondiente y superar la ficha de evaluación correspondiente.	Alcanzado el Nivel Básico de Puesto Táctico. Superados los ejercicios mínimos según el anexo correspondiente y superar la ficha de evaluación correspondiente. (TVITRP-2 en sistemas de simulación GIUACO)	Alcanzado el Nivel Básico de teoría y preferible en Sistemas de Simulación. (TVITRP-2 en CT)
FASE SEGUNDA HASTA ADQUIRIR NIVEL INTERMEDIO (TVITRP-1)	Alcanzar los requisitos marcados en las fichas específicas de puesto táctico (se encuentra detallado en el manual)	Alcanzado el Nivel Intermedio de teoría y el Básico de Puesto Táctico. Superados los ejercicios mínimos según el anexo correspondiente y superar la ficha de evaluación correspondiente.	Alcanzado el Nivel Intermedio de Puesto Táctico. Superados los ejercicios mínimos según el anexo correspondiente y superar la ficha de evaluación correspondiente (TVITRP-1 en sistemas de simulación GIUACO)	Alcanzado el Nivel Intermedio de teoría y preferiblemente en Sistemas de Simulación. Superar el 100% de los ejercicios marcados en cada nivel. (TVITRP-1 en CT)
FASE TERCERA HASTA ADQUIRIR NIVEL AVANZADO (TVITRP 0)	Alcanzar el 100% de las fichas del manual de instrucción	Alcanzado el Nivel Avanzado de teoría y el Intermedio de Puesto Táctico. Superados los ejercicios mínimos según el anexo correspondiente y superar la ficha de evaluación correspondiente.	Alcanzado el Nivel Avanzado de Puesto Táctico. Superados los ejercicios mínimos según el anexo correspondiente y superar la ficha de evaluación correspondiente. (TVITRP o sistema de simulación GIUACO)	Alcanzado el Nivel Avanzado de teoría y preferiblemente en sistema de simulación. Superar el 100% de los ejercicios marcados en cada nivel.

Tabla 3. Niveles de instrucción para tripulaciones. Fuente: Manual IAT Leopardo 2E MI6-103



3.2. Sistemas de instrucción por simulador

En cuanto a los medios de simulación las unidades disponen de los siguientes medios:

- Steel Beast
- STO
- SPT
- Subcalibre AIMTEST12,70
- Sistema de duelo láser

3.2.1. STEEL BEAST

El Steel Beast es un simulador virtual basado en una aplicación comercial de uso civil. Esta aplicación se instala en un ordenador personal, al que se le pueden conectar réplicas exactas de los mandos del jefe de Carro y del Tirador. Esta aplicación permite practicar procedimientos de identificación, adquisición, seguimiento de objetivos y de tiro. También, permite desarrollar distintos procedimientos, técnicas y tácticas específicas de las unidades acorazadas y mecanizadas. También permite realizar ejercicios de adiestramiento desde nivel sección hasta Grupo Táctico del tipo CPX (Command Post Exercise)

Cuenta con la posibilidad de realizar tanto ejercicios individuales, contra el ordenador, como en modo colectivo, con otros usuarios en red.

Dada su componente comercial, esta aplicación no está considerado como simulador por la OTAN, sino más bien como un “serious game”, es decir, no cumple con las funciones que debería cumplir un simulador en cuanto a controladores, sino que se aproxima más a un videojuego comercial.

Desde su implementación en el año 2004, el Steel Beast es una herramienta fundamental para instruir a las tripulaciones de las unidades tanto de infantería mecanizada y acorazada como de caballería.

En todas las Brigadas que tienen en dotación CC Leopard cuentan con un aula Steel Beasts, con unos 40 puestos cada una.



Figura 7. Interfaz Steel Beast. Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. Controladores del Steel Beast. Fuente: Elaboración propia.



3.2.2. STO (Simulador de Torre)

El STO es un simulador que consta de una torre con todos los elementos de una torre real y con seis asientos exteriores con auriculares para que otras tripulaciones puedan seguir el desarrollo de los ejercicios de otras tripulaciones.

Este simulador tiene la capacidad de permitir a la tripulación realizar todas las operaciones que se realizan en el carro, incluida la carga y disparo de proyectiles lastrados. Además, reproduce los movimientos de la torre y el cañón de una manera muy similar a la realidad.

En los elementos ópticos del sistema aparecen imágenes virtuales del terreno, pudiéndose elegir diversos escenarios y diversas situaciones climatológicas. El simulador también nos permite representar fallos en el carro y en la dirección de tiro para obligar a la tripulación a utilizar procedimientos establecidos ante este tipo de situaciones.



Figura 9. Simulador STO situado en el CENAD San Gregorio (Zaragoza). Fuente: Elaboración propia.



Figura 10. Sala de control para realizar el seguimiento de los ejercicios STO. Fuente: Elaboración propia.

Cada Regimiento acorazado dispone de una torre de este tipo. Además, el CENAD San Gregorio (Zaragoza) en el GIUACO (Grupo de Instrucción de Unidades Acorazadas) dispone de cuatro simuladores de este tipo.

En los STO de las Unidades se realiza la instrucción de los puestos tácticos y tripulaciones realizando una serie de ejercicios que certifica supervisa y acredita el IAT (Instructor Avanzado de Tiro) de la Unidad.

En el GIUACO, es dónde se validan los niveles de instrucción alcanzados en las unidades mediante los IAT de este Centro, asegurando la homogeneidad de procedimientos y el nivel alcanzado entre todas las tripulaciones del ET.

Este simulador es de vital importancia gracias a su gran realismo y permitir realizar todas las acciones de un carro. Sin embargo, la disponibilidad de este simulador es limitado, por lo que debe utilizarse para realizar instrucción y no para adquirir los conocimientos teóricos generales del vehículo.



3.2.3. SPT (Simulador de Puesto Táctico)

Este simulador está integrado por un conjunto de 5 contenedores dobles transportables. Cuatro de ellos son simuladores individuales para las tripulaciones que van a instruirse. El quinto contenedor es la Unidad de Gestión y análisis. En este último, se puede observar y oír toda la actividad desarrollada por las tripulaciones en sus respectivos contenedores.



Figura 11. Conjunto del simulador SPT situado en el CENAD San Gregorio (Zaragoza). Fuente: Elaboración propia.

Cada contenedor tiene en su interior un habitáculo muy similar al que hay en el carro de combate, incluyendo los mandos y elementos existentes en el mismo, dotando al sistema de un gran realismo al tener que realizar las mismas operaciones que en el carro de combate.

El simulador permite realizar ejercicios de forma independiente, a nivel sección o incluso enfrentar un carro a otro. La Unidad de Gestión y análisis permite que tras realizarse los ejercicios pertinentes se puedan escuchar y ver las grabaciones realizadas a lo largo de todo el ejercicio para así analizarlos y corregir lo que fuera necesario.

Por lo tanto, el SPT se plantea como una potente herramienta para realizar ejercicios a nivel táctico y no como simulador para instruir las tareas individuales y colectivas de la tripulación.

3.2.4. AIMTEST subcalibre 12,70 mm

El AIMTEST es un dispositivo subcalibre de 12.70 que permite mejorar la instrucción de tiro de la tripulación del carro de combate.

Este dispositivo consiste en un mecanismo de culata con cerrojo, basado en un cañón de ametralladora Browning estándar, que se instala fácilmente en la recámara del cañón, de manera ágil y rápida, sin necesidad de que el operador tenga que hacer ningún ajuste. Permitiendo realizar ejercicios de tiro con munición de 12,70 x 99 mm, utilizando los mismos elementos de puntería, dirección de tiro y mandos del carro de combate, lo que permite practicar procedimientos de tiro con el CC real, con un menor coste de la munición, así como menores exigencias en cuanto a las distancias de seguridad del campo de tiro.

3.2.5. Sistemas de duelo Láser

El simulador de Duelo permite entrenarse en las técnicas de disparo sin munición real bajo condiciones realistas de ejercicios tácticos de combate Force-on-force.⁴

El empleo del simulador dota a los carros de la capacidad de enfrentarse en situaciones similares a la realidad con la motivación y estrés que supone la posibilidad de ser destruido en combate lo que produce una mejora en el empleo del Carro de combate/VCI y del aprovechamiento del terreno.

⁴ Force on Force: Instrucción realizada que se caracteriza por tener una elevada aproximación a la realidad.



Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo



Figura 12. Sistema de simulación de duelo láser. Fuente: Defensa.com (Pau, 2020)

Es un sistema de entrenamiento basado en la tecnología GPS con transmisores ópticos de alta velocidad, escáneres láser y comunicadores de datos por radio frecuencia.

Este sistema requiere la colocación de una serie de elementos y cables tanto en el exterior como en el interior del carro. El procedimiento de instalación es muy laborioso en un hangar. Tras su instalación requiere realizar unas pruebas para comprobar su correcta instalación y funcionamiento.

Los sistemas hasta aquí vistos son en los que se basa la instrucción de los distintos puestos tácticos. En un primer lugar, los tres primeros sistemas nos ayudan a afianzar los procedimientos en simuladores, de tal forma que el usuario se acostumbre a ellos con unas sensaciones de controladores muy similares. Por otro lado, el sistema de duelo láser y el AIMTEST son simuladores que nos permiten realizar esos mismos procedimientos, vistos en los simuladores virtuales, en el vehículo con el que posteriormente se combatirá sin la necesidad de realizar tiro con munición real.

3.3. Sistemas de alimentación que nos ayudan a realizar instrucción en vehículo sin simuladores.

3.3.1. EBI-TRON

El EBI-TRON es un grupo electrógeno que funciona con un motor diésel. Este grupo electrógeno tiene la capacidad de suministrar al carro de combate una tensión de 28 V y un amperaje de 250 A. El EBI-TRÓN se conecta al carro de combate por la toma del cable esclavo que tiene el mismo.

Este sistema es utilizado para cargar baterías del CC y además permite entrar en modo observación⁵. Este grupo electrógeno tiene la capacidad de suministrar la tensión necesaria para mover la torre con velocidad suficiente para poder llegar a hacer instrucción. La potencia suministrada por esta fuente de alimentación es de 7,3 KW, energía suficiente para realizar todas las operaciones de torre a motor parado.

El consumo del EBI-TRON es de 1,3 L/h, muy inferior al de cualquier vehículo mecanizado/Acorazado del Ejército. Este sistema es utilizado por el Leopard 2E, el TOA y el VCI Pizarro. Su uso se ha limitado a la carga de baterías y no a la instrucción a motor parado.

Este sistema será la referencia en nuestro proyecto ya que se perseguirá una idea muy parecida, pero evitando la utilización de combustible, con una fuente 100% eléctrica. Además, se buscará un cambio de tendencia en cuanto al uso de estos sistemas para realizar instrucción.

⁵ Modo observación: El citado modo permite al CC Leopard 2E realizar el movimiento veloz de la torre y utilizar los elementos de puntería.



Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo

3.3.2. UPA (Unidad de Potencia Auxiliar)

El Carro de combate Leopard 2E posee la UPA. La UPA es un grupo electrógeno auxiliar integrado en el Carro de Combate que tiene un motor Diesel. La UPA controlada desde el puesto del conductor proporciona corriente a la torre con el motor principal parado ofreciendo una potencia total de 7,5 kW.

Los componentes principales son: unidad motor-generator (arranque eléctrico o manual por manivela), sistema de admisión (contiene filtros de aire), sistema de refrigeración (compuesto por ventilador y radiador), Sistema de escape y sistema eléctrico (con sistema de alarma: si el motor sobrepasa 120 ° C, se para).

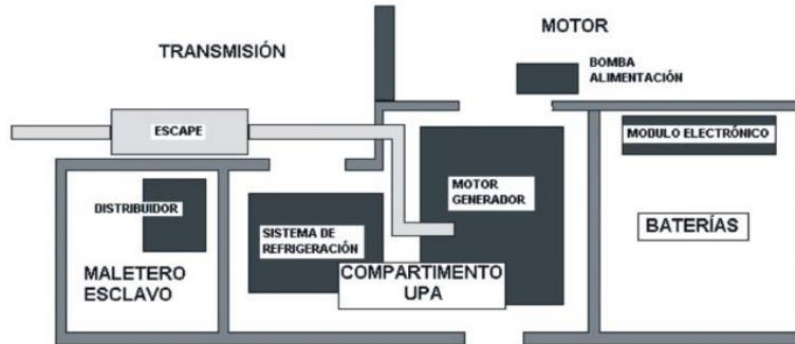


Figura 13. Esquema eléctrico de generación de energía en el Leopard 2E. Fuente: Manual de tripulación para el Leopard 2E MT6-049

Su rango de temperaturas es de -31° a 49°. El generador lleva una sonda de temperatura, si hay sobrecalentamiento, baja la velocidad de giro del motor y aumenta la de los ventiladores de su sistema de refrigeración.

La UPA es un elemento fundamental del CC ya que ofrece un excelente servicio como elemento de protección pasiva al hacer funcionar la torre y con ella sus elementos de fuego sin el ruido que genera el motor del vehículo. Además, este elemento podría integrarse en otros sistemas eléctricos del carro para no sobrecargar el sistema eléctrico central.

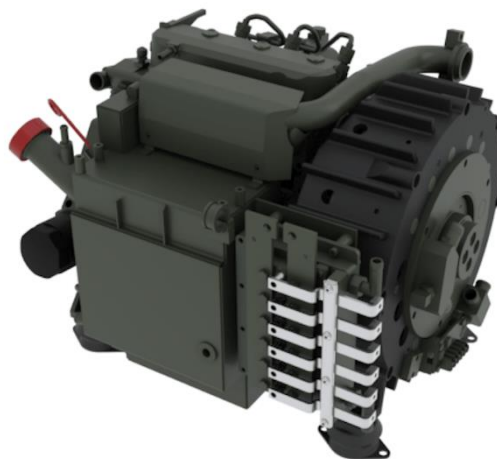


Figura 14. UPA (Unidad de Potencia Auxiliar). Fuente: SAPA (SAPA, 2021)

El mantenimiento que requiere la UPA de manera estándar es cada 200 horas de uso. Uno de los fallos que más suele presentar la UPA es el sobrecalentamiento producido por las altas temperaturas. Uno



Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo

de los objetivos que se han propuesto en lo referente a la UPA es la mejora de este rango de temperaturas.

Los datos técnicos más relevantes de la UPA son:

- Peso: 220 kg
- Dimensiones: 1 025 x 600 x 400 mm
- Potencia nominal: 7 500 W a 3 000 r/min
- Temperatura de trabajo: $-31^{\circ} + 49^{\circ}$ C
- Tensión a la salida del rectificador: 28 Vcc

La UPA junto con el EBI-TRON, son los conceptos en los que se basa el trabajo, una fuente de alimentación capaz de suministrar la energía suficiente a nuestro CC. Los datos facilitados por el manual de la UPA nos sirven para destacar varias cosas:

- La salida eléctrica y por lo tanto la de entrada al carro que nos da la UPA es de 28 Vcc.
- La potencia nominal que necesita recibir el carro para poder ejercer el movimiento de la torre de manera rápida para posibilitar la instrucción es de 7,5 kW.
- Alimentación por corriente alterna trifásica.

Con estas conclusiones podemos conocer otros datos eléctricos como el amperaje necesario para llegar a ese mínimo de 7,5 kW. Según la fórmula de la potencia $P= I \times V$ (Potencia es igual a la multiplicación del valor de la tensión por el de la intensidad) podemos despejar el valor de la intensidad ya que tenemos el valor necesario de la potencia y la tensión de entrada, resultando un amperaje mínimo de 267, 85 A.

Tanto la UPA como el EBI-TRON nos suministran una potencia nominal muy similar y que nos permiten realizar todas las operaciones de torre.

3.4. Ejército Francés. Innovaciones y proyectos en vías de desarrollo.

Durante la fase de selección de proveedores, se contactó con numerosas empresas tanto españolas como extranjeras. Una de ellas fue la empresa francesa Guineault, que ofrece en su catálogo la GPU SC20. Esta GPU está siendo ya testada por el Ejército francés con la intención de desarrollar un sistema idéntico al propuesto en este trabajo. Tras contactar con dicha empresa, se le realizó una serie de preguntas entre las que destaca qué tipo de pruebas están realizando para homologar y estudiar la viabilidad del proyecto. La respuesta fue negativa debido a que dichas pruebas son de carácter reservado por el momento.

Además, el ejército francés está desarrollando un sistema de simulación embebida, es decir, está instalando en sus carros de combate un programa con el que poder hacer instrucción dentro del carro de combate. Este sistema funciona de manera tal, que genera imágenes virtuales en las ópticas y sistemas de mando y control del vehículo para generar un ambiente real, pero sin el movimiento del carro, evitando así el gasto de combustible.

Estos dos proyectos que se están realizando en el ejército francés son muy interesantes para nuestro proyecto debido a que aúna nuestros dos objetivos a la perfección: Evitar el gasto de combustible y realizar instrucción de torre a motor parado.



4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. Resultados de encuestas.

Para conocer mejor las necesidades que puedan presentar las unidades de carros en el Ejército español, se han realizado una serie de encuestas y de entrevistas a distintos grupos de interés.

En primer lugar, fueron entrevistados doce cuadros de mando destinados en el BICC “Mérida I/16”. Todos ellos poseen el Curso Integral de Mando de Unidades Acorazadas conocido por sus siglas como CIMA. Este curso da al jefe de vehículo los conocimientos técnicos y tácticos necesarios para poder manejar el CC LEO 2E con su tripulación. De estas entrevistas se extraen una serie de conclusiones:

1. La implementación de un sistema donde la tripulación pudiera instruirse a motor parado sin necesidad de arrancar el vehículo sería muy beneficioso. Además, la instrucción del puesto táctico del tirador y del jefe de vehículo serían las más beneficiadas con este sistema.
2. Sería muy beneficioso para la instrucción de las tripulaciones en el uso del BMS-LINCE⁶ y en su configuración.
3. Se considera una fuerte ventaja el ahorro de combustible que se produciría al no tener la necesidad de arrancar el motor.
4. Se considera que los mandos de la torre del CC no tienen apenas similitud con el simulador Steel Beast. Por el contrario, se considera que los mandos de la torre tienen mucha similitud con el movimiento ofrecido por el simulador STO utilizado para la validación de tripulaciones.
5. El mantenimiento del vehículo podría mejorar considerablemente utilizando este sistema al sufrir menos desgaste.
6. Se demuestra mucho interés por la posibilidad de instruir a las tripulaciones con este sistema en un entorno simulado donde se plantee un escenario con maquetas o algún tipo de elemento que favorezca la instrucción estática de torre. Por ejemplo, un sistema de simulación embebido similar al que se encuentra en pruebas en el ejército francés.
7. Se considera que sería muy beneficioso para poder entrenar a las tripulaciones de cara a su validación en los simuladores STO del CENAD San Gregorio.
8. Se considera que aumentaría considerablemente el tiempo de instrucción sobre el carro utilizando este sistema.
9. Se considera que la UPA se avería con mucha frecuencia y que se tarda mucho en realizar su reparación.

Con la realización de las encuestas y el análisis del Estado del Arte, conseguimos cumplir el primer objetivo del trabajo, analizar las herramientas de las que disponen las unidades acorazadas para realizar la instrucción de torre a motor parado hasta la fecha.

Además, se detecta la necesidad de aumentar las horas de instrucción sobre el CC sin aumentar mucho los gastos.

4.2. Resultados y conclusiones de las entrevistas con personal experto.

A lo largo de todo el proceso de investigación realizado en las PEXT, se han realizado una serie de entrevistas al personal tanto interesado en su aplicación como al que tiene los conocimientos técnicos para decidir la viabilidad del proyecto.

En un primer lugar se preguntó a los jefes de carro si la implementación de un sistema de alimentación totalmente eléctrico y sin dependencia de combustible, muy similar al EBI-TRON, sería útil

⁶ BMS-LINCE: Sistema de Mando y control que permite a los jefes de vehículo conocer la situación en el terreno de unidades aliadas en un dispositivo topográfico electrónico.



Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo

para realizar todas las actividades de instrucción a motor parado. La respuesta general a esta pregunta fue que la implementación de este sistema podría ser muy beneficiosa. También argumentan en la mayoría de los casos que este sistema debe de ir acompañado de un plan de instrucción para complementar al ya existente y haría falta formar al personal destinado en estas unidades en el uso de este nuevo método.

Seguidamente y tras detectar una posible necesidad, se realizó una entrevista al profesor de la Universidad de Zaragoza Dr. D. Joaquín Mur Amada. En dicha entrevista se buscaba saber qué sistema eléctrico era el más adecuado para dicho objetivo de donde se extrajo la conclusión que una GPU, muy utilizada en el mundo de la aeronáutica, sería la mejor opción. Por lo tanto, la solución comercial sería una COTS, de tal manera que se adquirieran GPUs ya fabricadas.

Pese a tener la solución eléctrica, se necesitaba conocer la opinión del personal perteneciente al 2º EMAN de la Brigada "Extremadura XI". Su opinión es de vital importancia debido a que son los que conocen en profundidad el vehículo y la interferencia de este nuevo sistema en el funcionamiento correcto del mismo. Se preguntó si la implementación de este sistema era en primer lugar posible y en segundo lugar beneficiosa tanto para realizar instrucción como para facilitar el mantenimiento del vehículo ya que el desgaste de los sistemas eléctricos y en especial de la UPA, se vería reducido. Tras observar la propuesta, determinaron que su implementación no comprometería otras partes del CC y que los beneficios producidos en lo que a mantenimiento se refiere serían altos. Seguidamente se les preguntó cuál sería la entrada eléctrica óptima para la GPU determinando la toma de cable esclavo como la única con la capacidad de conectarla.



Figura 15. Entrada de la toma de cable esclavo. Fuente: Elaboración propia.

Sabiendo que la solución propuesta es eficaz y viable, se necesitaban conocer los datos electrónicos que debía suministrar la GPU al CC. La potencia mínima es de 7,5 KW a una tensión de 28 Vcc, de donde podemos calcular su intensidad, 267 A. Para el proceso de búsqueda realizado posteriormente se buscarán COTS que suministren 300 A o más. Además, se consideró muy relevante que tuvieran el menor peso posible para facilitar las operaciones logísticas de transporte y manejo del personal en los hangares, que es donde se realizaría este tipo de instrucción.

Finalmente se buscó la opinión de los ingenieros electrónicos destinados en el PCMASA Nº1. Este personal conoce a un nivel muy técnico todos los componentes electrónicos de los carros y son capaces de demostrar su viabilidad. Para ello se preguntó si se requería algún tipo de modificación en el vehículo y dedujeron que al ser el mismo sistema eléctrico que el EBI-TRON, utilizando el mismo tipo de corriente a la misma frecuencia, no debería de existir ningún problema y no se correría ningún riesgo para el vehículo y su tripulación.

Teniendo sus características eléctricas y su viabilidad, se volvió a preguntar al profesor de la Universidad de Zaragoza, Dr. D. Joaquín Mur Amada sobre empresas que ofrecieran estas soluciones comerciales facilitándose numerosas alternativas.



Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo

Seguidamente se comenzó el proceso de adquisición de la GPU. Se contactó con numerosas empresas ofreciéndose variadas soluciones. A lo largo del proceso de búsqueda de proveedor, se contactó con la empresa francesa Guineault, especialistas en generadores de electricidad de aplicación aeronáutica. Dicha empresa aclaró que el Ejército francés estaba llevando a cabo pruebas con una de sus GPU y que perseguían el mismo objetivo que en el presente trabajo. También se contactó con empresas de numerosos países, entre ellos E.E.U.U y España. Para conocer el precio de las GPUs, se necesitaba plantear una oferta formal ya que el precio de este generalmente no es público ya que viene acompañado de otros complementos como la necesidad de instalación o el transporte. Las GPUs de las empresas contactadas y sus características pueden verse en la siguiente tabla:

	SC20	SINEDCGPU	ITW GSE 1400	ITW GSE 7400 JetEx	PS300
PRECIO	15.000	17.900	16.642	83.167,50	6.243
POTENCIA MÁXIMA	600 A	600A	600A	600A	300A
RESISTENCIA T ^º	30, 50	40, 40	40, 56	10, 45	20, 45
NACIONALIDAD	FRANCIA	ESPAÑA	EEUU	EEUU	EEUU
EFICIENCIA ENERGÉTICA	90%	91%	87%	90%	90%
INDEPENDENCIA	NO	NO	NO	SI	NO
FIABILIDAD	IP 55	IP 55	IP55	IP55	IP55
PESO	400 KG	160 KG	240 KG	740 KG	20 KG
NATO STANAG	SI	NO	NO	NO	SI

Tabla 4. Características principales GPUs. Fuente: Elaboración propia.

Tras realizar la selección de los principales proveedores, se entrevistó al Tcol. D. Carlos Ruiz López. Al existir 5 opciones distintas, se planteaba la necesidad de una herramienta que de manera racional y empleando el método científico, pudiera discernir entre varias opciones la óptima. De esta entrevista se aprendió a utilizar el método AHP de elección multicriterio que posteriormente se aplicó.

Una vez el proceso inductivo de entrevistas se completó y se finalizó el proceso de adquisición, se volvió a preguntar a todos los entrevistados si la solución final era acorde a los requisitos extraídos de cada entrevista siendo la respuesta positiva por todos ellos.

4.3. Elección multicriterio

4.3.1. Primera etapa: formulación del problema.

ALTERNATIVAS

El primer paso que tomar es la elección de las alternativas. Tras llevar a cabo una búsqueda exhaustiva de GPUs que cumplan con los requisitos técnicos especificados (28 VDC, mínimo 300 A y una potencia superior a 7500 W) se han encontrado una serie de GPUs que podrían ser válidas para nuestro cometido.

Las alternativas que se presentan se han escogido debido a que son las que mejor cumplían los requerimientos técnicos más básicos a nivel electrónico y son cinco:

1. Guineault SC20
2. SINEDCGPU
3. ITW GSE 1400
4. ITW GSE 7400 JetEx
5. PS300

Todas las alternativas presentan ventajas e inconvenientes, de tal forma que, si eligiéramos una de



Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo

ellas fijándonos solamente en una de las características o por ejemplo solamente en el precio, podríamos cometer un error de criterio. Por ello se ha decidido introducir la aplicación del sistema de elección multicriterio AHP.

En un primer análisis se han considerado las principales ventajas e inconvenientes de las alternativas presentadas.

- La Guineault SC20 presenta como ventaja sobre el resto que la empresa fabricante está en un proceso de prueba similar a este proyecto con su CC Leclerc por lo que todas las pruebas que llevarían a cabo en nuestro CC LEO 2E ya han sido puestas en práctica con el carro de combate de nacionalidad francesa. Una de sus mayores desventajas podría ser su peso muy superior a otras GPUs de las mismas características que existen en el mercado.
- La SINEDCGPU tiene como ventaja principal que su fabricación es española pero su principal inconveniente es que su precio es algo mayor al resto con características similares.
- La ITW GSE 1400 tiene como ventaja su resistencia a temperaturas y como desventaja su peso y eficiencia siendo más baja que otras de las mismas características.
- La ITW GSE 7400 JetEx tiene como gran ventaja su autonomía ya que puede recargarse mediante baterías eléctricas y ser autónoma pudiéndose transportar y utilizar incluso de maniobras. Sus grandes desventajas son el precio y el peso, ambos muy elevados.
- La PS300 se presenta como una gran GPU debido a su escaso peso y su bajo precio respecto a otras. Su principal inconveniente es que el amperaje máximo es de 300 A y aunque en principio sería suficiente, podría quedarse escaso.

CRITERIOS Y SUBCRITERIOS

Para la elección de los criterios y subcriterios se ha utilizado el grupo de expertos mencionado anteriormente. De estas entrevistas se han extraído los aspectos técnicos y estratégicos más importantes.

Criterio 1: Características funcionales del sistema

El criterio consiste en evaluar las alternativas presentes según la forma de cumplir los aspectos operativos.

Los subcriterios que se han decidido destacar como los más importantes han sido:

- Resistencia a Temperaturas: Es la capacidad presentada por la GPU para soportar tanto altas como bajas temperaturas. Se ha considera un subcriterio fundamental debido a que en proyectos de adquisición anteriores que se han realizado en el Ejército de Tierra, este subcriterio no recibía el peso que debía y muchos sistemas acababan necesitando modificaciones para aumentar la resistencia a temperaturas extremas.
- Eficiencia energética: La eficiencia energética se define como la optimización del consumo energético para alcanzar unos niveles determinados de servicio y se persigue con la intención de evitar un consumo elevado. Al necesitar de un número alto de GPUs el gasto energético acumulado del conjunto adquirido será alto. La diferencia de eficiencia que nos dé una GPU respecto de otra puede suponer un gran ahorro a largo plazo.
- Potencia: La potencia también expresada en este caso en amperios (a misma tensión, un mayor amperaje nos devolverá una mayor potencia ya que $P=V \times I$), es la proporción por unidad de tiempo con la que la energía eléctrica es transferida por un circuito eléctrico. La potencia es fundamental en nuestro proyecto ya que el movimiento de la torre necesita de una potencia mínima aproximada de 280 A. Una mayor potencia asegurará el correcto funcionamiento de los sistemas eléctricos.

Criterio 2: Costes y aspectos logísticos

El criterio consiste en la evaluación de la GPU respecto a los aspectos logísticos y de costes de



adquisición.

Para este criterio se han consensuado tres de los requisitos más importantes a establecer como subcriterios:

- **Coste de adquisición y operación:** Es el criterio económico más visible y es quizás uno de los condicionantes a tener más en cuenta. Se trata de todos los costes asociados a las fases del desarrollo, producción, puesta en servicio, adaptación y mantenimiento. Este coste incluye todos los costes asociados a su ciclo de vida incluyendo el tiempo de servicio en la unidad de destino donde también necesitará recibir un mantenimiento preventivo que incluirá los gastos asociados a repuestos y reposición.
- **Interoperabilidad logística OTAN:** La capacidad de que nuestro sistema sea interoperable por las Fuerzas Armadas pertenecientes a la OTAN, facilitaría tanto su adquisición como la reducción de costes. Además, si el sistema se encontrará en ejercicios conjunto-combinados con otros ejércitos, se facilitaría su interoperabilidad. Muchos de los conectores de entrada y salida de múltiples vehículos de la OTAN vienen ya estandarizados. Así lo refleja el documento AEP-4074 de estandarización OTAN.
- **Fiabilidad y Disponibilidad:** Son las características que presenta la GPU relacionadas con la ausencia de fallos y su relación directa entre las horas totales del vehículo y su operatividad total. Para conocer estos datos antes de adquirir la GPU, podemos fijarnos en la capacidad de resistir a picos de tensión y durante que tiempo o también fijarnos en el nivel de IP que nos describe el nivel de protección contra objetos sólidos (caídas o impactos) y el nivel de protección a líquidos. También se refiere a la solidez de la empresa fabricante y tanto servicio de mantenimiento ofrecido por las misma como por la capacidad de proveer de repuestos.

Criterio 3: Aspectos industriales

Los aspectos industriales son el conjunto de criterios relacionados con la Política Industrial de Defensa que puedan intervenir en la decisión.

- **Contribución al desarrollo de las capacidades industriales estratégicas de Defensa:** El criterio incluye valorar todas las tecnologías y capacidades estratégicas que permiten a España cierta soberanía e independencia tecnológica, dotándole de cierta libertad de acción. La decisión de escoger uno u otro proyecto puede estar políticamente potenciado por cuestiones económicas y sociales.
- **Evitar riesgos tecnológicos:** Es criterio que puede tener el programa en seleccionar una alternativa u otra. Los riesgos tecnológicos pueden ser tales como la posibilidad de desabastecimiento, la calidad presentada en las pruebas de calidad realizadas o la reputación que precede al proveedor.

4.3.2. Segunda etapa: Evaluación de criterios

CRITERIOS

Lo primero que se ha de determinar es el peso concedido a cada uno de los criterios. Para ello se construye una matriz a partir de la comparación de los diferentes criterios dos a dos con el propósito de estimar la importancia relativa entre cada uno de ellos. La escala de Saaty define la siguiente ponderación:



Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo

Comentario	Definición	Valor A/B	Valor B/A
Ambos criterios tienen la MISMA importancia/preferencia	Igual importancia/preferencia	1	1
A es LIGERAMENTE MÁS importante/preferible que B	Importancia/preferencia moderada	3	1/3
A es MÁS importante/preferible que B	Importancia/preferencia grande	5	1/5
A es MUCHO MÁS importante/preferible que B	Importancia/preferencia muy grande	7	1/7
A es EXTREMADAMENTE MÁS importante/preferible que B	Importancia/preferencia extrema	9	1/9

Tabla 5. Sistema de puntuación para el método AHP. Fuente: Máster de “Dirección y gestión de adquisiciones de sistemas para la Defensa” (Ruiz López, 2019)

Para la determinación de la importancia de los criterios y subcriterios se ha encuestado a dos suboficiales del 2º EMAN del RAC “Castilla 16” y un ingeniero electrónico del PCMASA Nº1.

El modelo de encuesta forma parte de una hoja de Excel en la que se extraían directamente los valores a incluir en la matriz para evitar posibles errores de método. Por ejemplo, podemos ver la siguiente figura:

	Extremadamente más importante A	Mucho más importante A	Más importante A	Ligeramente más importante A	Igual de importantes	Ligeramente más importante B	Más importante B	Mucho más importante B	Extremadamente más importante A	
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	
CRITERIOS PRINCIPALES										
A	Colocar una sola x por fila, más cerca del criterio más importante									B
Características funcionales del sistema				X						Costes y aspectos logísticos

Tabla 6. Ejemplo de encuesta realizada. Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se ve una X colocada en la posición “A es ligeramente más importante que B”, lo que significa que, para los encuestados, las características funcionales del sistema son “ligeramente más importantes” que los costes y aspectos logísticos.

En la siguiente figura se reflejan los resultados obtenidos en la encuesta de ponderación propuesta a tres expertos. El recuadro rojo significa que la ponderación final al introducir datos en el Software será la dada por dicho recuadro.



Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo

	Extremadamente más importante A	Mucho más importante A	Más importante A	Ligeramente más importante A	Igual de importantes	Ligeramente más importante B	Más importante B	Mucho más importante B	Extremadamente más importante A	
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	
CRITERIOS PRINCIPALES										
A	Número de votos									B
Características funcionales del sistema			1	2						Costes y aspectos logísticos
Costes y aspectos logísticos			2	1						Aspectos industriales
Aspectos industriales							2	1		Características funcionales del sistema

Tabla 7. Frecuencias procedentes de las encuestas a los expertos sobre la ponderación de criterios principales. Fuente: Elaboración propia.

El número indica la frecuencia en la que los encuestados han elegido cada opción.

Para el cálculo de los pesos de los criterios se ha utilizado el Software AyudaDecisión_AHP_net_4.0 facilitado en el bloque 8 del Módulo 2 del máster. Aritméticamente, el cálculo consiste en:

1. Construir una matriz “A” a partir de la comparación de los diferentes criterios dos a dos, con el propósito de estimar la importancia relativa entre cada uno de ellos. A cada comparación se le asignará una calificación según la escala de Saaty:

- $a(21)$ representa la valoración del segundo criterio respecto del primer criterio según la escala de Saaty.
- El valor del primer criterio respecto al segundo será entonces $a(12) = 1/a(21)$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

2. Se normaliza la matriz A obteniéndose A’:

$$A' = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{12}}{\sum a_{i2}} & \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \frac{a_{21}}{\sum a_{i1}} & \ddots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix}$$

3. Una vez normalizada la matriz, se procede a estimar los correspondientes pesos relativos de los criterios. De esta forma obtenemos los pesos definitivos asignados a cada criterio. El cálculo de estos pesos se realiza calculando la media aritmética de las filas de la matriz normalizada A’.



Evaluación de Criterios				
CRITERIOS	Características Funcionales del Sistema	Costes y Aspectos logísticos	Aspectos industriales	PESOS
Características Funcionales del Sistema	1	3	5	0,61
Costes y Aspectos logísticos	1/3	1	5	0,3
Aspectos industriales	1/5	1/5	1	0,09

Tabla 8. Pesos resultantes de la ponderación de criterios principales por los expertos. Fuente: Elaboración propia.

SUBCRITERIOS

Para la evaluación de los subcriterios se ha empleado el mismo método que para los criterios y ha sido encuestado el mismo personal:

A	SUBCRITERIOS CRACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL SISTEMA								B
	Número de votos								
Resistencia a Tª		1	2						Eficiencia energética
Eficiencia energética							2	1	Potencia
Potencia			1	1	1				Resistencia a Tª

SUBCRITERIOS COSTES Y ASPECTOS LOGÍSTICOS									
A	Número de votos								B
Coste de adquisición y operación			1	1	1				Inoperabilidad OTAN
Fiabilidad y disponibilidad						1		2	Coste de adquisición y operación
Inoperabilidad OTAN				2	1				Fiabilidad y disponibilidad

SUBCRITERIOS ASPECTOS INDUSTRIALES									
A	Número de votos								B
Contribución desarrollo Defensa					1	2			Evitar riesgos tecnológicos

Tabla 9. Resultado de encuestas sobre importancia de subcriterios. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se pueden ver como en la tabla de criterios, las frecuencias de respuesta y la comparación de los subcriterios dos a dos. La forma de puntuar es idéntica a los criterios. El recuadro rojo representa la media de las respuestas y será el valor que introducir en el programa.



Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo

EVALUACIÓN DE SUBCRITERIOS									
Características Funcionales del Sistema	Resistencia Temperaturas	Eficiencia Energética	Potencia	PESOS	Costes y aspectos logísticos	Costes de Adquisición y Operabilidad	Interoperabilidad OTAN	Fiabilidad y Disponibilidad	PESOS
Resistencia Temperaturas	1	5	1/3	0.28	Costes de Adquisición y Operabilidad	1	3	5	0.63
Eficiencia Energética	1/5	1	1/7	0.07	Interoperabilidad OTAN	1/3	1	3	0.26
Potencia	3	7	1	0.64	Fiabilidad y Disponibilidad	1/5	1/3	1	0.11

Aspectos Industriales	Estrategia de Defensa	Riesgos Tecnológicos	PESOS
Estrategia de Defensa	1	1/3	0.25
Riesgos Tecnológicos	3	1	0.75

Tabla 10. Resultados del programa para la asignación de pesos a los subcriterios. Fuente: Elaboración propia.

El resultado de los criterios y subcriterios es el siguiente:

CRITERIO	Peso criterio	SUBCRITERIO	Peso final subcriterio
Características funcionales del sistema	61%	Potencia	39,04%
		Resistencia T ^º	17,08%
		Eficiencia Energética	4,27%
Costes y aspectos logísticos	30%	Coste de adquisición y operación	18,90%
		Fiabilidad y disponibilidad	7,80%
		Interoperabilidad OTAN	3,30%
Aspectos industriales	9%	Contribución desarrollo	2,25%
		Evitar riesgos tecnológicos	6,75%

Tabla 11. Ponderación final de criterios y subcriterios. Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. Tercera etapa. Evaluación de las alternativas.

Para la valoración de las alternativas hemos acudido al mismo grupo de expertos y además se ha contado con la opinión de jefes de vehículo para conseguir un resultado más variado. Para intentar evitar cualquier tipo de interferencia subjetiva en los tres primeros encuestados que también participan en esta segunda, primero se envió la encuesta sobre qué criterios debía tener las GPUs en cuestión y una vez habiendo recibido los resultados, se propusieron las diversas GPUs facilitándoles las fichas técnicas y sus características más interesantes para nuestro proyecto. Estas encuestas se encuentran en el anexo (C) y se realizaron a un total de 10 personas. En dicho anexo se puede observar que las encuestas tienen el mismo sistema de puntuación que el utilizado para los criterios y subcriterios.

Estas encuestas han intentado ser lo más sencillas posibles, de tal manera que se preguntaban tal y como nos pide el programa qué alternativa parece más útil para nuestro cometido basándonos en la comparación de estas teniendo en cuenta los criterios y subcriterios establecidos en los pasos anteriores.

Por otro lado, al haber encuestado a 10 personas, el resultado ha sido variado. Para encontrar el valor conjunto decidido por el grupo se ha realizado la media aritmética de las muestras y aproximado a la opción más conservadora, es decir, la más cercana al valor 1. En el Anexo X se puede observar, al igual que con los criterios y subcriterios, un recuadro rojo señalando la respuesta introducida en el programa.

Para realizar esto se ha dado al igual que para las criterios y subcriterios un valor del 1 al 9 por



Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo

casilla. El valor medio obtenido por cada uno de los subcriterios se encuentra en el anexo (X) y se ha remarcado el recuadro en rojo para indicarlo.

A continuación, se muestran los resultados finales proporcionados por el programa donde previamente hemos introducido los datos del anexo citado anteriormente.

EVALUACIÓN ALTERNATIVAS (1)											
Interoperabilidad OTAN	Guineault SC20	SINEDCGPU	ITW GSE 1400	ITW GSE 7400 JetEx	PS 300	Fiabilidad y Disponibilidad	Guineault SC20	SINEDCGPU	ITW GSE 1400	ITW GSE 7400 JetEx	PS 300
Guineault SC20	1	5	5	5	1	Guineault SC20	1	1/5	3	5	1/3
SINEDCGPU	1/5	1	5	1	1/5	SINEDCGPU	5	1	5	1	3
ITW GSE 1400	1	1/5	1	1	1/5	ITW GSE 1400	1/3	1/5	1	3	1/3
ITW GSE 7400 JetEx	1/5	1	1	1	1/5	ITW GSE 7400 JetEx	1/5	1	1/3	1	1/3
PS 300	1	5	5	5	1	PS 300	3	1/3	3	3	1

Est. Defensa	Guineault SC20	SINEDCGPU	ITW GSE 1400	ITW GSE 7400 JetEx	PS 300
Guineault SC20	1	1	5	5	1
SINEDCGPU	1	1	1	5	1/5
ITW GSE 1400	1/5	1	1	1	1/5
ITW GSE 7400 JetEx	1/5	1/5	1	1	1/7
PS 300	1	5	5	7	1

Riesgos Tecnológicos	Guineault SC20	SINEDCGPU	ITW GSE 1400	ITW GSE 7400 JetEx	PS 300
Guineault SC20	1	1	5	5	5
SINEDCGPU	1	1	1/5	5	1/3
ITW GSE 1400	1/5	5	1	1	1
ITW GSE 7400 JetEx	1/5	1/5	1	1	3
PS 300	1/5	3	1	1/3	1

Tabla 12. Valoración del grupo de expertos de las alternativas según subcriterios (1). Fuente: Elaboración propia.

EVALUACIÓN ALTERNATIVAS (2)											
Resistencia Tª	Guineault SC20	SINEDCGPU	ITW GSE 1400	ITW GSE 7400 JetEx	PS 300	Eficiencia Energética	Guineault SC20	SINEDCGPU	ITW GSE 1400	ITW GSE 7400 JetEx	PS 300
Guineault SC20	1	5	1	5	1/3	Guineault SC20	1	1/3	3	1	1
SINEDCGPU	1/5	1	1/5	5	5	SINEDCGPU	3	1	5	3	3
ITW GSE 1400	1	5	1	5	5	ITW GSE 1400	1/3	1/5	1	1/3	5
ITW GSE 7400 JetEx	1/5	1/5	1/5	1	1/7	ITW GSE 7400 JetEx	1	1/3	3	1	1
PS 300	3	1/5	1/5	7	1	PS 300	1	1/3	1/5	1	1

Potencia	Guineault SC20	SINEDCGPU	ITW GSE 1400	ITW GSE 7400 JetEx	PS 300
Guineault SC20	1	1	1	1	5
SINEDCGPU	1	1	1	1	3
ITW GSE 1400	1	1	1	1	3
ITW GSE 7400 JetEx	1	1	1	1	3
PS 300	1/5	1/3	1/3	1/3	1

Costes Adq. Y Op	Guineault SC20	SINEDCGPU	ITW GSE 1400	ITW GSE 7400 JetEx	PS 300
Guineault SC20	1	1	5	7	1/7
SINEDCGPU	1	1	3	7	1/7
ITW GSE 1400	1/5	1/3	1	7	1/7
ITW GSE 7400 JetEx	1/7	1/7	1/7	1	1/9
PS 300	7	7	7	9	1

Tabla 13. Valoración del grupo de expertos de las alternativas según subcriterios (1). Fuente: Elaboración propia.

4.3.4. Cuarta etapa: Jerarquización de alternativas



Ángel Santiago Bellido Díaz-Crespo

Por último, se obtiene la matriz de decisión.

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	Guineault	SINEDCGPU	ITW GSE	ITW GSE	PS300
Car. Func. Sist	0,61	0,25	0,22	0,25	0,17	0,11
+ Resistencia T ²	0,28	0,25	0,17	0,33	0,04	0,21
+ Eficiencia E.	0,07	0,16	0,42	0,15	0,16	0,11
+ Potencia	0,64	0,25	0,23	0,23	0,23	0,07
Cost. y Asp. Log.	0,30	0,20	0,19	0,11	0,08	0,43
+ Cost. Adq. y Op.	0,63	0,17	0,14	0,09	0,03	0,57
+ Inerop. OTAN	0,26	0,27	0,23	0,15	0,17	0,17
+ Fiab. y Disp.	0,11	0,17	0,39	0,10	0,11	0,22
Asp. industriales	0,09	0,37	0,18	0,15	0,10	0,20
+ Estr. Defensa	0,25	0,29	0,17	0,08	0,05	0,41
+ Riesg. Tecn.	0,75	0,40	0,19	0,17	0,12	0,12
		0,24	0,21	0,20	0,13	0,22

Tabla 14. Matriz de decisión obtenida por el Software AyudaDecisión_AHP_net_4.0. Fuente: Software AyudaDecisión_AHP_net_4.0.

De la matriz de decisión facilitada por el programa podemos destacar varias conclusiones:

1. La GPU que obtiene una mayor puntuación es la Guineault SC20. De las puntuaciones obtenidas se puede destacar que es junto con la ITW GSE 1400, la que mayor puntuación tiene en cuanto a características funcionales del sistema, cuya importancia es muy alta. En aspectos industriales también tiene la mejor puntuación y en cuanto a costes y aspectos logísticos tiene la segunda puntuación.

2. La PS300 también obtiene muy buenas puntuaciones en la mayoría de los aspectos, pero al tener una potencia máxima limitada a una intensidad de 300 A, provoca que su peso en características funcionales del sistema sea más bajo que la Guineault SC20. Pese a ello, su poco peso hace que sea la que más puntuación obtenga en costes y aspectos logísticos.

3. La ITW 7400 JetEx, pese a ofrecernos una potencia adecuada y su capacidad de ser transportable y autónoma, funcionando como una batería portátil de gran capacidad, su precio es demasiado elevado y ello ha provocado que sea penalizado en las encuestas.

4. La SINEDCGPU tiene la mayor eficiencia energética de las GPUs, una gran fiabilidad y disponibilidad, debido a que es fabricada en España y contribuiría notablemente a la estrategia de Defensa.

5. A pesar de que la Guineault SC20 ha sido seleccionada como la mejor a la hora de realizar una futura adquisición, la tabla nos muestra que tanto la PS300 como la SINEDCGPU, son buenas opciones. Podría realizarse en un futuro, las mismas encuestas a otro grupo de interés o aumentar la muestra para poder lograr una mayor diferenciación.

5. CONCLUSIONES

Como conclusión a este trabajo, se puede afirmar que quedan demostradas las grandes mejoras que nos proporcionaría la implementación de las GPUs como nuevo método de instrucción. Así mismo, este sistema nos supondría un fuerte ahorro en cuanto a combustible se refiere.

Para llegar a esta conclusión, se han analizado profundamente los sistemas actuales de instrucción, viendo así las fortalezas y debilidades de cada uno de ellos, identificando en que mejoraría la implementación de este sistema.

Respecto al objetivo de mejorar la instrucción sin necesidad de consumir combustible, podemos decir que se ha visto satisfecho ya que realizar instrucción en nuestro vehículo, aporta un grado de realismo muy elevado respecto a cualquier otro simulador.

Otra de las grandes conclusiones extraídas durante la realización del trabajo es la interoperabilidad de este sistema con otros vehículos acorazados del ejército español. La aplicación de este sistema no es compatible solamente con el CC LEO 2E, sino que también puede utilizarse con el VCI Pizarro y el futuro VCR 8x8 Dragón. Esto se debe a que los conectores y características electrónicas de entrada están estandarizados a nivel OTAN, por lo que no solo sería aplicable a nuestros vehículos, sino que podría exportarse este sistema de instrucción a otros ejércitos aliados.

Como líneas futuras, podríamos trabajar sobre dos aspectos. En primer lugar, se debería realizar un estudio de viabilidad, tratando de saber si sería posible y rentable la instalación de los sistemas electrónicos necesarios para hacer funcionar este sistema. Estos sistemas por instalar se corresponderían principalmente con la instalación de sistemas electrónicos que nos proporcionen corriente alterna trifásica. En segundo lugar, la adaptación de los sistemas de instrucción a este nuevo sistema. Esto supondría realizar un estudio sobre cómo podría realizarse esta instrucción y si pudiera utilizarse para validar las tripulaciones o al menos entrenarlas para dicha validación.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. García, J. M. N., 2016. *Defensa.com*. [En línea]
Available at: <https://www.defensa.com/espana/mantenimiento-pizarro-para-proximos-tres-anos>
[Último acceso: 27 Diciembre 2021].
2. GSE, I., 2017. *Airport-Suppliers*. [En línea]
Available at: <https://www.airport-suppliers.com/supplier-press-release/introducing-new-battery-powered-7400-gpu-ideal-gates-without-fixed-400-hz-2/>
[Último acceso: 23 Noviembre 2021].
3. MADOC, 2021. *Manual de Instructor Avanzado de Tiro, MI6-103*. s.l.:Ejército de Tierra.
4. MADOC, 2021. *Manual de mantenimiento de 2º EMAN MT6-051*. s.l.:Ejército de Tierra.
5. MADOC, 2021. *Manual de tripulación CC LEO 2E, MT6-049*. s.l.:Ejército de Tierra.
6. Pau, A. R., 2020. *Defensa.com*. [En línea]
Available at: <https://www.defensa.com/otan-y-europa/ejercito-aleman-recibira-simuladores-duelo-laser-para-ifv-puma>
[Último acceso: 28 Diciembre 2021].
7. Ruiz López, C., 2019. En: *Apuntes de Métodos cuantitativos de ayuda a la decisión*. Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza.
8. SAPA, 2021. *SAPA*. [En línea] Available at: <https://sapa.es/que-hacemos/upa-ua-075/>
[Último acceso: 28 Diciembre 2021].
9. Villarejo, E., 2020. *ABC*. [En línea]
Available at: <https://abcblogs.abc.es/tierra-mar-aire/industria-de-defensa/defensa-preve-firmar-el-contrato-del-vehiculo-8x8-dragon-en-agosto.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.bing.com%2F>
[Último acceso: 23 Noviembre 2021].

ANEXO A – FICHA TÉCNICA DE LAS ENCUESTAS Y RESPUESTAS.

Formulario de preguntas de la encuesta realizada en Badajoz a personal destinado en el RAC “Castilla 16” durante la realización de las PEXT. El mismo fue realizado a quince cuadros de mando, todos poseedores del curso integral de mando de unidades acorazadas (CIMA) lo que les capacita para ocupar el puesto táctico de jefe de carro.

1. ¿A qué escala pertenece?
2. ¿Consideraría beneficiosa la instrucción de tripulación en la torre, realizándose en los hangares con motor parado?
3. ¿Puede ser útil para el puesto táctico de jefe de vehículo?
4. ¿Puede ser útil para el puesto táctico de tirador?
5. ¿Puede ser útil para el puesto táctico de cargador?
6. ¿Considera que este sistema ayudaría a mejorar la instrucción en el manejo del BMS-LINCE?
7. ¿Considera que este sistema ayudaría a mejorar la configuración del BMS-LINCE?
8. ¿Considera una ventaja el ahorro de combustible que se produciría al instruirse utilizando este sistema?
9. ¿Considera que el manejo de los mandos de movimiento de una torre real de CC LEO2E es similar al que ofrece el simulador Steel Beast?
10. ¿Considera que el manejo de los mandos de movimiento de una torre real de CC LEO2E es similar al que ofrece el simulador STO?
11. ¿Considera que mejoraría el mantenimiento del vehículo utilizando este sistema?
12. ¿Considera de utilidad la instrucción de tripulación que pueda realizar con este sistema si se acompaña de un entorno simulado a escala (mediante maquetas) alrededor del vehículo?
13. ¿Cree que puede realizar instrucción complementaria que mejore el rendimiento de cara a la validación de tripulaciones en el simulador STO?
14. ¿Considera que aumentaría el tiempo de instrucción respecto al que realiza actualmente?
15. ¿Considera que la UPA se avería con mucha frecuencia?
16. ¿Considera que las averías de la UPA tardan mucho o poco tiempo en resolverse?

¿A qué escala pertenece?	¿Consideraría beneficiosa la instrucción de tripulación en la torre, realizándose en los hangares con motor parado?	¿Puede ser útil para el puesto táctico de Jefe de vehículo?	¿Puede ser útil para el puesto táctico de tirador?	¿Puede ser útil para el puesto táctico de cargador?	¿Considera que este sistema ayudaría a mejorar la instrucción en el manejo del BMS-LINCE?
Escala de oficiales	8	8	10	10	4
Escala de suboficiales	10	8	8	8	5
Escala de suboficiales	8	9	7	8	9
Escala de suboficiales	8	8	8	6	7
Escala de oficiales	8	9	7	6	9
Escala de oficiales	8	8	8	5	8
Escala de oficiales	6	6	5	2	2
Escala de suboficiales	7	7	5	5	8
Escala de suboficiales	8	8	8	6	8
Escala de suboficiales	7	5	5	5	6
Escala de suboficiales	3	3	3	3	1
Escala de oficiales	6	7	7	4	3
Escala de suboficiales	10	10	10	10	10
Escala de suboficiales	6	6	7	9	10
Escala de suboficiales	10	10	10	5	6
5 Oficiales	7,53	7,47	7,20	6,13	6,40
10 Suboficiales					

¿Considera que este sistema ayudaría a mejorar la configuración del BMS-LINCE?	¿Considera una ventaja el ahorro de combustible que se produciría al instruirse utilizando este sistema?	¿Considera que el manejo de los mandos de movimiento de una torre real de CC LEO2E es similar al que ofrece el simulador Steel Beast?	¿Considera que el manejo de los mandos de movimiento de una torre real de CC LEO2E es similar al que ofrece el simulador STO?	¿Considera que mejoraría el mantenimiento del vehículo utilizando este sistema?
4	10	2	10	7
5	10	9	10	9
7	10	3	9	7
7	9	4	8	8
9	7	2	4	7
8	10	2	8	7
2	10	3	10	1
8	6	7	7	7
8	8	3	7	6
8	10	2	7	3
1	3	2	9	2
3	7	1	8	3
10	10	8	10	10
10	8	4	8	7
1	10	1	7	1
6,07	8,53	3,53	8,13	5,67

¿Considera de utilidad la instrucción de tripulación que pueda realizar con este sistema si se acompaña de un entorno simulado a escala (mediante maquetas) alrededor del vehículo?	¿Cree que puede realizar instrucción complementaria que mejore el rendimiento de cara a la validación de tripulaciones en el simulador STO?	¿Considera que aumentaría el tiempo de instrucción respecto al que realiza actualmente?	¿Considera que la UPA se avería con mucha frecuencia?	¿Considera que las averías de la UPA tardan mucho o poco tiempo en resolverse?
9	6	10	10	10
10	8	6	10	10
6	8	6	6	6
3	8	9	5	5
8	8	9	7	9
9	10	10	7	10
9	7	4	10	10
7	6	8	7	8
9	8	8	7	9
8	8	5	10	10
3	3	3	2	5
2	9	4	9	9
9	10	8	10	10
5	9	4	7	5
10	7	1	8	10
7,13	7,67	6,33	7,67	8,4

Tabla 15. Resultados de las encuestas realizadas a miembros del BICC "Mérida"

ANEXO B. PROPUESTAS COMERCIALES Y FICHAS TÉCNICAS

GUINEAULT SC 20



G
Guineault
AIRCRAFT GROUND ENERGY

28 Vdc POWER SUPPLY ADAPTED TO THE NEW GENERATION AIRCRAFT & ROUGH AIR SIDE OPERATION CONDITIONS

 **APU OFF**

SC20

Our expertise in power electronics and electromagnetics for 50 years, and cooperation with airlines and aircraft manufacturers, enables us to guarantee you electrical power at 28 Vdc for very reliable, efficient, and measurable aircraft power supply. GUINEAULT power supply provides the power supply at the lowest cost for the aircraft of today and tomorrow.

STURDY DESIGN: GUINEAULT SC20 is designed with an ultra corrosion resistant galvanized chassis, designed for rough conditions. The cooling airflow is fitted with fine granulation air filters. The SC20 is all weather resistant, for operation indoor and outdoor, from -30°C to +55°C.

REDUCED MAINTENANCE: The maintenance is limited to the air filter cleaning or replacement, once a year.

RELIABILITY: The design is based on robust thyristors, air cooled power pack, and IP 55 design ensures the highest reliability.

SIMPLY OPERATION: The operation is limited to pushing an ON-OFF button to get the power at the plug.

MILITARY SPECIFICATION DESIGN: In option, the unit is fitted with reinforced Electromagnetic Compatibility according to MIL-STD-461. The MIL SPEC SC20 is certified according to MIL-STD-461.

POWER OUTPUT: The power quality complies to all applicable, including MIL-STD-704F, SAE ARP 5015, and complies with all aircraft requirement.

Specifications

		SC20 (28 Vdc)
• INPUT	Voltage	400 V 3 Phases + Earth (+/- 10 %)/alternative 50 Hz
	Current	48 A (at 400 V / 50 Hz)
• OUTPUT	Voltage	28 Vdc - adjustable from 22 to 32 Vdc for test purposes with configurable output current limit
	Current	600 A continuously - 2000 A peak / 20 V
	Performance	Voltage ripple at 450 A 28 Vdc < 0.5 V RMS
• DIMENSIONS AND WEIGHTS	Weight (Kg)	450 with cables
	L x W x H (mm)	1690 x 956 x 1190

SAFETY FEATURES

- Over/Under voltage
- Output overloads
- Input electrical failures (U, f)

MAIN CHARACTERISTICS AND OPERATIONS

- Easy operation on the control panel (U, I displayed)
- Tow-bar
- 28 Vdc cable - 10 m length with standard ISO 461 plug
- Cable storage roof basket (on top of unit)
- Standard operating temperature: - 30°C to + 55°C
- Indoor or outdoor operation
- Galvanized steel chassis
- Color: white RAL9010
- Noise level: < 65 dB (A)

OPTIONS

- Trolley with cable storage
- Deep cold operation kit (- 30°C)
- 480 V/60 Hz Input voltage

Dear Ángel,

Thank you for the clarification regarding your project.

When I read your first email, I guessed it could be for supplying power to tanks!

Actually our SA90 is a 115V-400Hz frequency converter, so it is not suitable for this type of application.

Our SC20 is a 28VDC frequency converter, and this unit is suitable for supplying 28VDC power to tanks (we already sold this unit in the past for this purpose)

For your information, our budget price for a SC20 is 15,000 Eur. You will find attached the dedicated brochure.

Best regards

Fabien Tillaut

Area sales Manager – Europe, Russia & CIS countries

Figura 16. Especificaciones técnicas GPU Guineault SC20 y oferta comercial

SINEDCGPU



SINEDCGPU-28VDC 28VDC GROUND POWER UNIT (MOBILE)



Sinopowers' policy, has always been, to offer the best designed products that are environmentally friendly, simple to use, easy to maintain and exceptionally well manufactured thus meeting our clients requirements as well as complying with all standards and legislation.

Sinopower offer 28VDC solid-state Ground Power Supplies that range from 300 A continuous – 1200 A Peak load to 600 A continuous – 2400 A Peak load.

Sinopower ensures high quality, efficient and secure electrical power supplies.



INPUT

- State of the art semiconductor technology (IGBT) Rectifier
- Power Factor Correction (PF=1)
- Up to 90% efficiency
- Low input harmonics (<1.5% THDi), to comply with the strictest regulations @ any load.



OUTPUT

- 800Hz DC-DC Converter
- Galvanic Isolation.



EFFICIENCY

- Up to 90% efficiency
- Green Standby Function - losses: 20 W
- No load losses: <0.5 kW.



NORMS AND STANDARDS

- AVIATION**
- ISO 6858 - Aircraft ground support electric supplies
 - SAE ARP 5015 - Ground equipment 400 Hz ground power performance requirement

- MILITAR**
- MIL-STD-704 - Aircraft electric power characteristics

- EMC**
- EN61000-6-4 - Electromagnetic compatibility - Generic emission standard
 - EN61000-6-2 - Generic immunity standard

- SAFETY**
- IEC 60529 - Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
 - IEC 62477-1 - Safety requirements for power electronic converter systems and equipment

- ENVIRONMENTAL**
- Dry heat test (steady state) IEC 60068-2-2 subclause 5.3
 - Damp heat test IEC 60068-2-78 subclause 6
 - Vibration test IEC 60068-2-6 subclause 6
 - Salt mist test IEC 60068-2-52 subclause 6
 - Dust and sand test Test Lc1 of IEC 60068-2-68



TECHNOLOGY

- Enclosure Protection class up to Ip55
- Enclosure with CS-M coating
- Over/under voltage at output:
 - Under voltage <20V (4 sec)
 - Over voltage >34V (4 sec)
 - Short Circuit <5V at current limit (4 sec)
- Overload capability designed for:
 - Power stage 150% - Continuous
 - Magnetics 120% - Continuous
- Overload protections set at:
 - 1200A - 5 seconds
 - 2400A - 5 seconds
- Over temperature protection.

	Teléfono: 925 501 822 Avda. de los trabajadores, s/n Parcelas 4 y 5 Nave 1 Polig.Industrial " Los Pradillos" Illescas 45200 (Toledo) CIF B45857752	CLIENTE: FUERZAS ARMADAS ESPAÑA Contacto: b3_angel_bellido@yahoo.es
	Web: www.abestenergysolutions.com abestenergysolutions@abestenergysolutions.com Illescas, a 18 de octubre de 2021	

PRESUPUESTO: CONVERTIDOR MOVIL SPMDCGPU-28VDC					Nº	2021/140
--	--	--	--	--	-----------	-----------------

Nº	CONCEPTO	UD.	CANT	PRECIO	TOTAL
1	CONVERTIDOR ABEST/SINEPOWER SPMDCGPU-28VDC/300A-1200A/500 - V01.00.00 Mobile 500 IP54 Enclosure dimensions: H=995 mm; W= 1030 mm; L= 665 mm Approximate weight: 300 Kg Model: 28VDC Rectifier Input: 3 phase 4wire 400V (45-65Hz) Output: 28VDC 300A-1200A	UD	1	17.900,00	17.900,00
2	Includes High Duty Castors With Stainless steel base and Cable Holders [SP108080801] CABLE SII 4X1X70MM ² + 4X1 Aircraft 400 Hz Ground Power Twisted Supply Cable, with control wires Tinned and halogen free.	MT	20	155,30	3.106,00
	[SP110010501] PLUG AIRCRAFT 28VDC 70mm ² - A402	UD	1	470,34	470,34
	[SP108120201] CABLE POWER PVC RV-K 4G16MM ²	MT	20	14,21	284,20

* Incluye transporte en peninsula.

TOTAL PRESUPUESTO			
	BASE IMPONIBLE:		21.760,54
	IVA:	21%	4.569,71
	TRANSPORTE		
	TOTAL IVA INCLUIDO:		26.330,25

Figura 17. Especificaciones técnicas GPU SINEDCGPU y oferta comercial.

ITW GSE 1400

www.itwgse.com

ESPECIFICACIONES ITW GSE 1400; convertidor de 28 VCC

Entrada

	Tensión	Corriente de red
600 A	3 x 400 V -1Q/+15%	3 x 28 V -15/+10%
	3 x 480 V ±10%	3 x 23 A ±10%
400 A	3 x 400 V -1Q/+15%	3 x 19 V -15/+10%
	3 x 480 V ±10%	3 x 16 A ±10%

- Frecuencia: 50/60 Hz 35%
- Rectificación: 6 pulsos
- Factor de potencia: 0,91
- Corriente de irrupción: No hay, arranque suave

Salida

- Corriente: 600 A de forma continua (puede limitarse a 400 A previa solicitud)
- Capacidad de arranque del motor: 28 V @ 2000 A
- Tensión: 28 V CC (o como se haya ajustado)
- Rizado: menos del 2% a plena carga
- Regulación de tensión: < 0,5% de sin carga a carga completa
- Compensación de tensión: 3 V @ 600 A, Manual o realimentación de tensión mediante enclavamiento

Peso

- Unidad fija, aprox. 120 kg
- Unidad móvil, aprox. 240 kg

Rendimiento

- Rendimiento total: 0,87
- Pérdidas en standby: 130W
- Pérdidas sin carga: 330W

Normas y estándares

- ISO 6858:2017(E) Aircraft ground support electrical supplies - General requirements
- BS 2G 219 General requirements for ground support equipment
- MIL-704F Aircraft electric power characteristics
- EN 1915 - 1 & 2 (Machinery - General safety requirements)
- EN 12312-20 (Machinery - Specific safety requirements)
- EN 60204-1 (Machinery - Electrical safety)
- EN 62040-1-1 LVD - Safety standards
- EN 61558-2-6 LVD - Safety standards
- EN 61000-6-2 EMC - Immunity standard
- EN 61000-6-4 EMC - Emission standards

Especificaciones sujetas a cambio sin previo aviso

Especificaciones medioambientales

- Temperatura de funcionamiento: De -40°C a +56°C (133°F)
- Humedad relativa 10 - 100% sin condensación
- Nivel de ruido <65 dB(A)@1m

Capacidad de sobrecarga

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| 600 A | 400 A |
| • 1200 A 800 A durante 30 segundos | • 1800 A 1200 A durante 10 segundos |
| • 2100 A 1400 A durante 5 segundos | • 2400 A 1600 A durante 2 segundos |

Varios

- MTBF (Tiempo medio entre fallos) (probado): 100.000 hours
- Sistema de ventilación: min. 25.000 horas
- MTTR: máx. 20 minutos
- Comunicación: TCP/IP, USB

Protección

- Clase de protección: IP55 (sección electrónica)
- Subidas o caídas de tensión de entrada/salida
- Exceso de temperatura
- Error de tensión internal
- Cortocircuito en salida
- Desconexión si:
 - U<20 VCC durante más de 4 segundos
 - U>32 VCC durante más de 4 segundos
 - U<40 VDC CC durante más de 150 milisegundos

Opciones

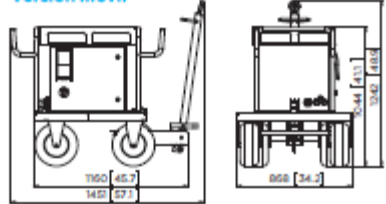
- Cables previa solicitud

Versión fija



Las dimensiones se muestran en mm y [pulgadas]

Versión móvil



Las dimensiones se muestran en mm y [pulgadas]



El ITW GSE 1400 es ligera y pequeña; la versión fija tiene tan solo 80 cm (31,6 pulgadas) de altura. En caso de querer cables con la unidad ITW GSE 1400, podemos suministrarlos.

It's all about connections



Septiembre de 2020 - M12692



Esteban Arroyo Aeronáutica S.L.

Esteban Arroyo Aeronáutica, S.L.
 C/ Alas 24, Portal B, 1º D
 28042 – Madrid, España
 CIF: B87158143, VAT: ES B87158143
 Tel.: +34 665 846 510
 Email: ea@aero.es

OFERTA N° 2021-081-10-19-1400

DESTINO: BASE AEREA

Fecha: 19 de octubre de 2021

Pos.	Descripción	Referencia	Uds.	€ / Ud.	€ Total
1	28 VDC AXA 1400 GROUND POWER UNIT, MODELO MOVIL Entrada: 3 x 400 V -10/+15%, 50/60 Hz Salida: 28 VDC, 600 A continuos Sobrecarga: 1200 A durante 30 segundos 1800 A durante 10 segundos 2100 A durante 5 segundos 2400 A durante 2 segundos Color: RAL 7035 Idioma display: Español Manual: Español	543301	1		
	Cable 50 Hz, 10 m + conector CEE 32 A Cable de entrada 50/60 Hz con conector Cable: 5x6 mm2 Conector: CEE32A/3F+N+T Prensa: 1 ud. M50 Longitud: 10 m Potencia nominal: 30 - 45 kVA, 28 VDC	574007	1	16.642,00 €	16.642,00 €
	Cable de 28 VDC + conector aeronave LPA M1/3 Cable: 2x1x120 mm2 + 3x1.5 mm2 Conector: LPA M1/3 Prensa: 2 uds. M40 + 1 ud. M20 Longitud: 10 m Potencia nominal: 28 VDC	574004	1		

Figura 18. Especificaciones técnicas GPU ITW GSE 1400 y oferta comercial.

ITW GSE 7400 jetEx

SPECIFICATIONS

ITW GSE 7400 JetEx
mobile 28 VDC eGPU

www.itwgse.com



Zero Emission

Input

- Charger Power: 15 kW @ 3-phase
5 kW @ 1-phase
- Charger input voltage range:
3 phase @ 260-530 V / 45-65 Hz
1 phase @ 170-300 V / 45-65 Hz
- Maximum pre-fuse: 50 A

Output

- Current: 600 A continuously
- Engine Start Capability: 2400 A
Voltage: 28 VDC (or as adjusted)
- Ripple: less than 2% at full load
- Voltage regulation:
<0.5% from no load to full load
- Voltage compensation:
3 V @ 600 A
Manual or voltage feed-back
via interlocks

Weight (Without cables)

- Mobile unit approx.
740 kg (1630 lbs.)

Environmental

- Operating temperature:
-10°C to 45°C (14°F to 113°F)
without additional heating/cooling.
For other operational temperatures,
please contact ITW GSE
- Relative humidity 10-100%
- Noise level: <65 dB(A)@1m
- typically 60 dB(A)

Overload ratings

- 600 A continuous use
- 1200 A for 30 seconds
- 1800 A for 10 seconds
- 2100 A for 5 seconds
- 2400 A for 2 seconds

The ITW GSE 7400 JetEx eGPU is well suited to cover the power need for aircraft like the following:

- Cessna Citation
- Beechcraft
- Gulfstream G250
- Dassault FalconJet
- ATR 42 & 72
- Bombardier Q Series / Dash 8

Standards

- ISO 6858:2017(E) Aircraft ground support electrical supplies
 - General requirements
- MIL-704F Aircraft electric power characteristics
- EN 12312-20 (Machinery - Specific safety requirements)
- EN 60204-1 (Machinery - Electrical safety)
- EN 62040-1-1 LVD - Safety standards
- EN 61558-2-6 LVD - Safety standards
- EN 61000-6-2 EMC - Immunity standard
- EN 61000-6-4 EMC - Emission standards
- AHM 907 Guidelines for electric powered GSE (e-GSE)

Miscellaneous

- MTTR: max. 20 minutes
- Communication: TCP/IP, USB

Protection

- Protection class: IP55 (electronic section)
- Over/under voltage at in/output
- Over temperature
- Internal voltage error
- Short circuit at output
- Trip in case that:
 - U<20 VDC for more than 4 seconds
 - U>32 VDC for more than 4 seconds
 - U>40 VDC for more than 150 ms



Options

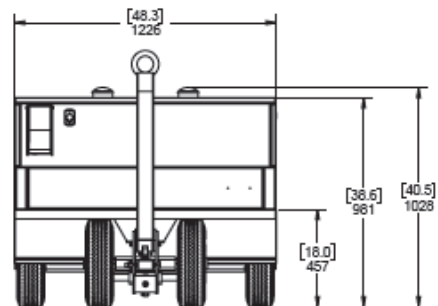
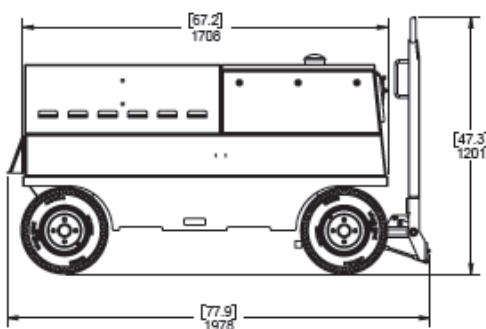
Output cables upon request

Standard Features/Equipment

- Beacon* for operation/charging
- Beacon* for warning/ low battery incl. siren
*Color: specify yellow,blue,red or green
- Simultaneous charging while supplying 28 VDC power

Standard Options Available

- Input cable and plug according to clients specifications
- Towbar with DIN40 towing eye
- Monitoring over GSM/GPS



Dimensions are shown in mm and [Inches]

Specifications are subject to change without prior notice

It's all about connections



Pos.	Descripción	Referencia	Uds.	€/ Ud.	€ Total
1	<p>ITW GSE 7400 JetEx 28 VDC eGPU - Móvil Salida 28 VDC, 600 A continuous 1200 A for 30 seconds 1800 A for 10 seconds 2100 A for 5 seconds 2400 A for 2 seconds</p> <p>Batería: 1 x Nissan Leaf 40kWh Battery packs</p> <p>Interfaz de usuario basada en iconos con las siguientes funciones estándar: Max. ajuste de la corriente de entrada a través de la pantalla Baliza * para funcionamiento / carga Baliza * para advertencia / batería baja incl. sirena Carga simultánea mientras se suministra energía de 28 VCC * Color: especifique amarillo, azul, rojo o verde</p>	543500	1	83.167,50 €	83.167,50 €
	<p>Cable de 28 VDC + conector aeronave LPA M1/3 Cable: 2x1x120 mm2 + 3x1.5 mm2 Conector: LPA M1/3 Prensa: 2 uds. M40 + 1 ud. M20 Longitud: 10 m Potencia nominal: 28 VDC</p>	574004	1		
	<p>Cable 50 Hz, 1 m + conector CEE 63 A Cable de entrada 50/60 Hz con conector Cable: 5x16 mm2 Conector: CEE63A/3F+N+T Prensa: 1 ud. M50 Longitud: 10 m</p>	574141	1		
	<p>Embalaje y transporte de cable desde fábrica en Odense (Dinamarca) hasta instalaciones del cliente dentro de la Península, condiciones CIF Incoterms 2010.</p>	EMBALAJE Y PORTES CIF PENINSULA	1		
				TOTAL:	83.167,50 €

Figura 19. Especificaciones técnicas GPU ITW GSE 7400 JetEx y oferta comercial.

AERO specialties PS 300

PS300

Specifications

Output voltage	28V DC
Output current	300A
Output ripple	<200mV p-p
Input voltage 1	311-457V AC/47-63Hz three phase + neutral + earth
Input voltage 2	180-264V AC three phase + earth
Input current	16A @ 400V AC; 32A @ 200V AC/three phase (typical)
Operating temp	-20°C to +50°C (-2°F to +122°F)
Case	Aluminium with shock absorbing feet
Voltmeter/Ammeter	Solid state LED, IP65
Aircraft cable	4m (6ft) with Nato connector
Input cable	3m (10ft) with 32A 5 pin 6h red plug
Cooling	Forced ventilation
Protections	Thermal, current overload, short circuit, over voltage
Dimensions	L 450mm (18in) W 295mm (11in) H 345mm (13in)
Weight	20kg (44lb)
NGAGE	KD628



PS300: In operation on a Dornier 328

Features

- Mains on/off switch
- Power supply LED status indicators
- Short circuit/current limit protection
- Emergency stop push-button
- Corrosion resistant aluminium case with carry handles
- Replaceable/washable air filters allows outdoor use
- Aircraft cable with Nato connector
- Harsh environment input cable with plug
- Solid state voltmeter
- Solid state ammeter
- Fitted with rubber anti-slip, shock absorbent feet
- Heavy-duty canvas protective jacket

Optional extras



Universal double trolley



Part #	Description	Lead Time	Qty	List Price	Discount	Unit Price	Ext. Price
2007205	AERO Specialties 3 Phase PS300 28V Aircraft Power Supply	1 WEEK (prior to sale)	1	\$4,979.00	-	\$4,979.00	\$4,979.00



AERO Specialties' Poweramp PS300 (3 Phase)
 EC1 EU Model (400VAC input, 3 phase + Neutral + E)
 - EC2 US Model (200VAC input, 3 phase + E)
 - Includes: 3 metre (10ft) input cable (without Plug), Padded jacket and carton

supplies are compact, high performance, 28 volt ramp or hangar power supplies, delivering continuous power for air conditioning, air show ground power or general maintenance. The low profile design allow the units to fit underneath fuselages, and the optional castor wheels and sturdy protection frame, make them ideal for tough hangar use. Because each unit uses power supply modules connected in parallel, field servicing is simple. Modules can be rapidly removed and replaced and the failure of one module will have a minimum impact on output amps.

2018198	Output Lead - 4m (13ft) - 2C x 70sqmm - 28V Aircraft Connector + SB350		1	\$454.00	-	\$454.00	\$454.00
---------	--	--	---	----------	---	----------	----------

Output Lead - 4m (13ft) - 2C x 70sqmm - 28V Aircraft Connector + SB350

2020959	Plug for EC1: Mennekes 400V, 32 Amps, 3 phase, 5 pole, 6H, red		1	\$63.00	-	\$63.00	\$63.00
---------	--	--	---	---------	---	---------	---------

Plug for EC1: Mennekes 400V, 32 Amps, 3 phase, 5 pole, 6H, red

Created on 10/20/21 17:12:23 by Elise Peronneau

Part #	Description	Lead Time	Qty	List Price	Discount	Unit Price	Ext. Price
2020949	Input Extension Lead for EC1 - 20m (66ft) - 5C x 6sqmm - Plug and Socket: Mennekes 400V, 32 Amps, 3 phase, 5 pole, 6H, red		1	\$747.00	-	\$747.00	\$747.00

Input Extension Lead for EC1 - 20m (66ft) - 5C x 6sqmm - Plug and Socket: Mennekes 400V, 32 Amps, 3 phase, 5 pole, 6H, red

Totals							
FOR UNITED STATES CUSTOMERS ONLY:						Subtotal	\$6,243.00

Figura 20. Especificaciones técnicas GPU AERO Specialties PS300 y oferta comercial.

ANEXO C. ENCUESTAS ALTERNATIVAS.

¿Qué GPU sería mejor en lo relativo a evitar riesgos tecnológicos?									
A	Número de votos								B
Guineault SC20			3	2	3	1	1		SINEDCGPU
SINEDCGPU			1		1	2	4	2	ITW GSE 1400
ITW GSE 1400					10				ITW GSE 7400
ITW GSE 7400		1	3	3	2		1		PS 300
PS 300				1	1	2	4	2	Guineault SC20
Guineault SC20		2	3		2	2	1		ITW GSE 1400
Guineault SC20		2	3		2	2	1		ITW GSE 7400
SINEDCGPU			1		1	2	4	2	ITW GSE 7400
SINEDCGPU		1	1		3	2	2	1	PS 300
ITW GSE 1400		1	3	3	2		1		PS 300
PS 300									ITW GSE 7400

¿Qué GPU sería mejor en lo relativo a la contribución y desarrollo de la política de Defensa?										
A	Número de votos								B	
Guineault SC20					1	6	2		1	SINEDCGPU
SINEDCGPU		5	4	1						ITW GSE 1400
ITW GSE 1400					10					ITW GSE 7400
ITW GSE 7400					10					PS 300
PS 300						1	1	7	1	Guineault SC20
Guineault SC20	1	5	2	2						ITW GSE 1400
Guineault SC20	1	5	2	2						ITW GSE 7400
SINEDCGPU	3	2	3	2						ITW GSE 7400
SINEDCGPU		2	5	3						PS 300
ITW GSE 1400					10					PS 300
PS 300					10					ITW GSE 7400

¿Qué GPU sería mejor en lo relativo a interoperabilidad OTAN?									
A	Número de votos								B
Guineault SC20	1	2	1	3	1	2			SINEDCGPU
SINEDCGPU		2	4	1	1		2		ITW GSE 1400
ITW GSE 1400				2	7	1			ITW GSE 7400
ITW GSE 7400						3	2	4	1
PS 300				3	7				Guineault SC20
Guineault SC20	2		6	2					ITW GSE 1400
Guineault SC20	2		6	2					ITW GSE 7400
SINEDCGPU	2	3	2	3					ITW GSE 7400
SINEDCGPU						1	4	5	PS 300
ITW GSE 1400						2	6		PS 300
PS 300	2	6		2					ITW GSE 7400

¿Qué GPU sería mejor en lo relativo a fiabilidad y disponibilidad?									
A	Número de votos								B
Guineault SC20						2	4	1	1
SINEDCGPU	1	2	5	2					ITW GSE 1400
ITW GSE 1400			2	3	3	2			ITW GSE 7400
ITW GSE 7400				2	2	2	3	1	PS 300
PS 300			5	3	2				Guineault SC20
Guineault SC20	1		3	1	2	2	1		ITW GSE 1400
Guineault SC20		2	3	2	2	1			ITW GSE 7400
SINEDCGPU	1	5		3	1				ITW GSE 7400
SINEDCGPU		2		3	1	1	3		PS 300
ITW GSE 1400		1	1	1	1	1	4		PS 300
PS 300	4	1	1	3		1			ITW GSE 7400

¿Qué GPU sería mejor en lo relativo a coste de adquisición y operación?										
A	Número de votos								B	
Guineault SC20			1	3	1	2	2			SINEDCGPU
SINEDCGPU		2	2	3		2	1			ITW GSE 1400
ITW GSE 1400	5	3		2						ITW GSE 7400
ITW GSE 7400							1	2	7	PS 300
PS 300		5	2	3						Guineault SC20
Guineault SC20		1	5	3	1					ITW GSE 1400
Guineault SC20	4	4	1	1						ITW GSE 7400
SINEDCGPU	2	5	3							ITW GSE 7400
SINEDCGPU						1	2	6	1	PS 300
ITW GSE 1400						2	1	6	1	PS 300
PS 300	8	2								ITW GSE 7400

¿Qué GPU sería mejor en lo relativo a Eficiencia energética?										
A	Número de votos								B	
Guineault SC20				2	1	3	4			SINEDCGPU
SINEDCGPU		3	4	1	2					ITW GSE 1400
ITW GSE 1400					2	3	4	1		ITW GSE 7400
ITW GSE 7400				1	5	3	1			PS 300
PS 300				2	5	3				Guineault SC20
Guineault SC20			3	5	2					ITW GSE 1400
Guineault SC20				1	7	2				ITW GSE 7400
SINEDCGPU			2	4	4					ITW GSE 7400
SINEDCGPU			2	6	2					PS 300
ITW GSE 1400						3	3	4		PS 300
PS 300				2	7	1				ITW GSE 7400

¿Qué GPU sería mejor en lo relativo a resistencia de T°?										
A	Número de votos								B	
Guineault SC20	1	2	3	1	1	2			SINEDCGPU	
SINEDCGPU				1	2	2		3	2	ITW GSE 1400
ITW GSE 1400		4	3	3						ITW GSE 7400
ITW GSE 7400						1	3	4	2	PS 300
PS 300			1	1	2	4	1	1		Guineault SC20
Guineault SC20					2	1	3	4		ITW GSE 1400
Guineault SC20	1	3	4	2						ITW GSE 7400
SINEDCGPU	3	2	2	3						ITW GSE 7400
SINEDCGPU				2	1		4	3		PS 300
ITW GSE 1400		4	3	3						PS 300
PS 300	1	3	3	2	1					ITW GSE 7400

¿Qué GPU sería mejor en lo relativo a Potencia?										
A	Número de votos								B	
Guineault SC20			2	1	4	2	1			SINEDCGPU
SINEDCGPU				2	4	2	2			ITW GSE 1400
ITW GSE 1400			1	1	6	2				ITW GSE 7400
ITW GSE 7400		1	3	4	2					PS 300
PS 300						1	4	5		Guineault SC20
Guineault SC20				2	5	3				ITW GSE 1400
Guineault SC20			3	2	2	3				ITW GSE 7400
SINEDCGPU				4	5	1				ITW GSE 7400
SINEDCGPU			5	4	1					PS 300
ITW GSE 1400			4	3	3					PS 300
PS 300					1	4	5			ITW GSE 7400