



**Universidad  
Zaragoza**

## Trabajo Fin de Grado

DISEÑO Y ORGANIZACIÓN DE UNA UNIDAD DE  
ZAPADORES PARACAIDISTA PARA LA  
REPARACIÓN DE URGENCIA DE AERÓDROMOS.

*Autor/es*

Jonathan Vega Bustamante

*Director/es*

Miguel Urbiztondo Castro  
José Manuel Fustes Villadóniga

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar  
2014

*A mi familia con mucho amor y cariño le dedico todo mi esfuerzo puesto para la realización de este Trabajo.*

*Al Batallón de Zapadores de la Brigada Paracaidista por todo su apoyo y ayuda prestada. En especial al Comandante José Manuel Fustes Villadóniga, porque sin su orientación mi trabajo hubiese resultado imposible.*

*Al profesor del Centro Universitario de la Defensa Miguel Urbiztondo Castro, por toda su paciencia y dedicación incondicional a mi Trabajo, a pesar de otras muchas tareas que le ocupaban.*

*Y por último, pero no menos importante, a todos mis compañeros de promoción, en especial a aquellos con los que tuve el placer de compartir Unidad en las prácticas, por darme numerosas ideas, muchas de las cuales han sido las mejores de mi Trabajo.*

# Contenido

1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETIVOS	4
3. SITUACIÓN ACTUAL Y MATERIALES.	5
3.1. DAÑOS Y REPARACIONES	7
3.1.1. REPARACIÓN DE CRÁTERES	9
3.1.2. REPARACIÓN DE ESQUIRLAS	10
3.1.3. TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN	
AEROPORTUARIOS	10
3.2. PROPUESTA DE MATERIAL DE REPARACIÓN	11
4. ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE LA NUEVA UNIDAD.	16
5. LOGÍSTICA DE LA UNIDAD	20
6. AERONAVES	22
7. MODO DE TRABAJO DE LA UNIDAD	23
8. CONCLUSIONES:	26
9. BIBLIOGRAFÍA	27

---

## ANEXOS:

ANEXO A	28
ANEXO B	32
ANEXO C	36
ANEXO D	39
ANEXO E	42
ANEXO F	45
ANEXO G	49
ANEXO H	50
ANEXO I	51
ANEXO J	55
ANEXO K	56
ANEXO L	58

## Resumen

Diseño y organización de una Unidad de Zapadores Paracaidistas capaz de realizar reparaciones de urgencia de aeródromos dañados en el menor tiempo posible. La unidad tiene que tener la capacidad de ser lanzada con todo el equipo y material necesario para llevar a cabo la reparación.

## INTRODUCCIÓN

Recientemente, debido a los nuevos conflictos en los que se ve involucrado el Ejército, las operaciones paracaidistas se han ido orientando hacia la toma de puntos estratégicos más sensibles de un territorio, donde posteriormente va a desplegarse la fuerza. En numerosas ocasiones, el objetivo principal y más urgente de una operación de ocupación, es tomar el aeródromo de esa zona, para posteriormente extraer al personal no combatiente del lugar en caso de conflictos que envuelvan a la población civil, así como crear un punto de llegada de material logístico de apoyo a las operaciones o cualquier tipo de ayuda humanitaria donde hayan ocurrido catástrofes naturales.

Para este fin, se requiere que las pistas de aterrizaje y despegue presenten unas condiciones óptimas y suficientes para cumplir los requerimientos mínimos que exigen nuestras aeronaves. Frecuentemente estos aeródromos no se encuentran en condiciones para ser utilizados, ya sea debido a las malas infraestructuras existentes en los países en los que a menudo se desarrollan este tipo de operaciones, o debido a la acción del enemigo presente en la zona que ha querido inutilizar dicha pista.

Hoy en día, el Ejército apenas cuenta con unidades en cuyas competencias se encuentre la reparación de aeródromos, y ninguna Unidad tiene los suficientes medios y conocimientos de los procedimientos necesarios para llevar a cabo este tipo de misiones de forma completa e independiente.

## OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto fin de grado es realizar el estudio de la viabilidad en la creación de una Unidad paracaidista dentro del ejército cuyas competencias sean principalmente el acondicionamiento de un aeródromo en zona de operaciones para el posterior uso por parte de las aeronaves, sirviendo como referencia y ayuda en su futura creación.

El estudio se centra principalmente en la organización y diseño de esta unidad. Se estudian entre otros aspectos que la definen, la gestión de riesgos, de costes, de calidad y de recursos humanos así como nuevas técnicas, procedimientos y materiales que se podrían aplicar en la reparación de aeródromos en el supuesto de que se llegase a crear esta Unidad. Además, siguiendo este último aspecto, se realiza un estudio más detallado de una nueva propuesta de material que puede ser aplicado para este fin en la reparación de urgencia de aeródromos.

Principalmente, el material utilizado para la realización de este estudio proviene de una combinación de manuales del ejército de Estados Unidos (EEUU). De éste se ha extraído la metodología y tipología de reparación de pavimentos en aeródromos, la cual se ha adaptado al material y procedimientos elegidos para esta Unidad. El propósito de estas indicaciones es establecer un procedimiento único para la reparación de urgencia de aeródromos con el fin de aunar materiales, equipo técnico y personal como referencia para las distintas unidades. Estas indicaciones y recomendaciones están basadas en la experiencia en misiones reales de este tipo.

También se tiene en cuenta la situación actual que está atravesando el Ejército, el coste de creación de la Unidad debe ser el mínimo, es decir, se intentará utilizar todo el material y medios ya existentes y en dotación en el Ejército, adquiriendo la mínima e indispensable parte de ellos. Por lo que el proyecto debe llevarse a cabo con el personal y la maquinaria ya existente. En el proyecto se incluye el estudio de la utilización de la nueva aeronave A400M que se prevé que esté en servicio a corto plazo, dado que el cambio que producirá en los procedimientos de reparación de aeródromos es muy significativo.

El principal grupo de interés en la realización de este proyecto es el Ejército de Tierra, especialmente la Brigada paracaidista dado que sería la Brigada la que acogiese esta Unidad. En la orgánica del Ejército, el Mando de Ingenieros sería el principal depositario de personal para la creación de esta Unidad, por lo que también es un grupo de interés que debemos tener en cuenta. Aunque el Ejército del Aire también juega un papel muy importante para la consecución de este proyecto dado que, como se ha dicho anteriormente, la unidad será tipo paracaidista, por lo que se tendrá que tener en cuenta las características de las aeronaves del Ejército del Aire.

En la [Tabla 1](#) se expone un listado con las distintas fases de las que se compone el proceso de diseño y organización de la Unidad en las que se puede ver cada tarea que hay que realizar así como el responsable de la consecución de esa tarea y las fechas en las que tiene que realizarse. El plazo que se marca para la creación de esta Unidad es de un año, partiendo de septiembre de 2014. El listado completo con todas las tareas y el orden que hay que seguir para realizarlas se encuentra en la [Tabla 9](#) del anexo A.

## **SITUACIÓN ACTUAL Y MATERIALES.**

A día de hoy, en las Fuerzas Armadas, no existen Unidades con dedicación exclusiva a la reparación de urgencia de aeródromos. Sin embargo son varias las que tienen los conocimientos y los materiales para una posible intervención. En el Ejército del Aire, la EADA (Escuadrón de Apoyo al Despliegue Aéreo) y la SEADA (Segundo Escuadrón de Apoyo al Combate Aéreo) son las Unidades más experimentadas en esta materia debido a que cuentan con los conocimientos de las necesidades técnicas de las aeronaves. En el Ejército de Tierra, los Batallones de Zapadores de las distintas Grandes Unidades son los encargados de realizar la misión de reparación de aeródromos en caso de que sea necesario.

Respecto a los materiales de reparación de urgencia, el único específico con el que se cuenta en la actualidad en las Unidades de Zapadores son unas planchas de acero de diversos grosores llamadas PSP (Pierced Steel Plank). Estas planchas son utilizadas para cubrir el desperfecto producido en el pavimento de un aeródromo. El resto del material de reparación no es específico para intervenciones de urgencia sino que es material de reparaciones ordinarias como sacos de hormigón, herramientas de peón, o maquinaria pesada.

Este material, no solo está obsoleto sino que no consigue una reparación a medio plazo, ni tampoco una reparación de calidad dado que no es capaz de soportar que una aeronave pivote sobre la plancha, dejando al descubierto el desperfecto. El tiempo que se tarda en asegurar una zona y conseguir un ambiente estable no se conoce con certeza, por esa razón, es importante que aunque la reparación propuesta sea temporal, ésta tiene que ser lo suficientemente duradera. Tiene que permitir la posibilidad de trabajar a las Unidades o al personal civil con maquinaria pesada y materiales adecuados para la consecución de la reparación definitiva. Además se suma la necesidad de que el tráfico aéreo del aeródromo no puede cesar durante la operación, es decir, la reparación ha de ser además, resistente. Por ello, la opción que actualmente se está utilizando con la utilización de las planchas de acero no es la mejor opción.

Otra característica que hace que estas planchas no sean la opción más adecuada es su peso. Debido a la naturaleza paracaidista de la Unidad que se pretende crear, los materiales de reparación que se vayan a emplear tienen que ser ligeros y resistentes dado que van a ser lanzados desde la aeronave.

Tabla 1. Fases del diseño de la Unidad

					Done	Time risk	Delay
	Activities / Methods	Remark	Responsible	Link	Start	Deadline	State
Fase 1 Aprobación de la especificación	Casa de la Casidad (QFD).	Cómo satisfacer necesidades del cliente	Responsable de Calidad.		01/09/2014	15/09/2014	19/09/2014
	Análisis materiales existentes.	Para comprar el más adecuado.	Responsable de Compras.		01/09/2014	15/09/2014	19/09/2014
	Análisis de costes.	Conseguir la máxima calidad con los fondos disponibles.	Responsable de Compras.		15/09/2014	29/04/2014	03/10/2014
	Cronograma.	Nos sirve de guía temporal para la creación de la Unidad.	Jefe de Proyecto.		01/09/2014	15/09/2014	19/09/2014
	Análisis de riesgos.	Nos muestra los puntos críticos del proyecto.	Jefe de Proyecto.		22/09/2014	20/10/2014	24/10/2014
	Análisis modal de fallos estructurales.	Indica los fallos que mayor trastorno pueden ocasionar.	Jefe de Proyecto.		27/10/2014	10/11/2014	14/11/2014
	<b>EC0: TODAS LAS ESPECIFICACIONES RECOGIDAS Y ESTUDIADAS.</b>						14/11/2014
Fase 2 Aprobación del desarrollo del producto o servicio	Acuerdos de calidad con los proveedores.	Frecuencia de entregas, mantenimiento, etc.	Responsable de Calidad.		17/11/2014	15/12/2014	19/12/2014
	Especificaciones técnicas del producto.	Requerimientos específicos necesarios para nuestro trabajo.	Responsable de Materiales.		17/11/2014	15/12/2014	19/12/2014
	Definición del plan de pruebas del producto.	Ensayos previos a la utilización de los materiales.	Responsable de Materiales.		22/12/2014	19/01/2015	23/01/2015
	<b>EC1: ELECCIÓN DEL PRODUCTO DE REPARACIÓN DE AERÓDROMOS.</b>						23/01/2015
Fase 3 Aprobación del desarrollo del proceso o servicio	Ejecución de pruebas.	Realización de ensayos.	Responsable de Materiales.		26/01/2015	23/02/2015	27/02/2015
	Ensayos de embalaje.	Comprobaciones embalaje apto para lanzamiento paracaidista.	Responsable de Logística.		02/03/2015	16/03/2015	20/03/2015
	Ensayos de transporte.	Comprobaciones dimensiones aptas para las aeronaves.	Responsable de Logística.		23/03/2015	06/04/2015	10/04/2015
	<b>EC2: CERTIFICACIÓN DE QUE EL MATERIAL ES APTO PARA LA REPARACIÓN DE AERODROMOS POR UNA UNIDAD PARACAIDISTA.</b>						10/04/2015
Fase 4 Validación de producto y proceso o servicio	Análisis de Capacidad.	Comprobar si el producto satisface los requerimientos de calidad exigidos.	Responsable de Calidad y Jefe de Proyecto.		13/04/2015	27/04/2015	01/05/2015
	Control estadístico del proceso.	Estudiar posibles fallos, condiciones y frecuencia del producto	Responsable de Calidad.		04/05/2015	18/05/2015	22/05/2015
	Test de auditoría.	Comprobar la fiabilidad del material de reparación.	Auditor Externo.	Responsable de Calidad.	25/05/2015	08/06/2015	12/06/2015
	Homologación final.	Último requisito antes de comenzar a trabajar con el material.	Personal Externo.	Responsable de Calidad.	15/06/2015	29/06/2015	03/07/2015
	<b>EC3: MATERIAL HOMOLOGADO Y CON LOS CONTROLES DE CALIDAD APROBADOS.</b>						03/07/2015
Fase 5 Feedback	Revisión de puntos pendientes.	Posibles mejoras para realizar en el futuro.	Jefe de Proyecto.		06/07/2015	24/08/2015	28/08/2015
	<b>EC4: FINALIZACIÓN DEL DISEÑO Y ORGANIZACIÓN DE LA UZAP RUA.</b>						28/08/2015

## DAÑOS Y REPARACIONES

Los dos daños más comunes con los que la Unidad se va a encontrar en los aeródromos, debido en su mayoría a municiones anti pista, son los cráteres y las esquirlas. Los esquemas de ambos se pueden ver en la **Ilustración 1** y respectivamente se definen como:

*Cráter:* es un daño en el pavimento que penetra hasta el suelo que subyace en el aeródromo. Como consecuencia se proyectan rocas y escombros a la zona circundante. Los cráteres representan el daño más grave para un aeródromo. Los grandes pueden tener hasta 4,5m de diámetro.

*Spall o esquirlas:* es un daño en el pavimento que no penetra más allá de la losa de hormigón o el asfalto que conforma el aeródromo. Las superficies dañadas por esquirlas pueden medir hasta 1,5m de diámetro

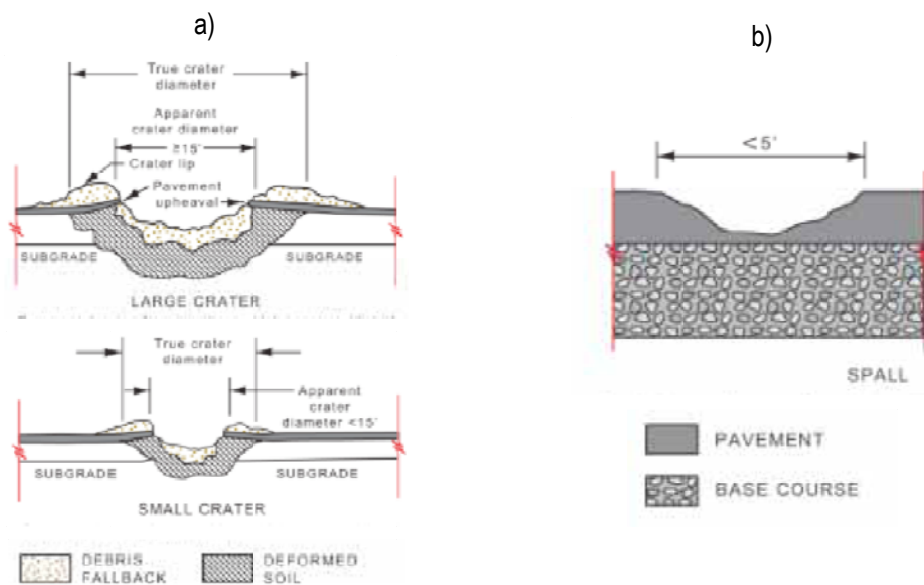


Ilustración 1. a) Cráter y b) esquirla

Los distintos tipos de reparaciones se pueden clasificar, según su resistencia, en reparaciones expeditas, reparaciones logísticas y reparaciones permanentes. En la **Tabla 2** se puede ver un resumen de las principales características que gobiernan a cada tipo. Uno de los parámetros más importantes a la hora de elegir un tipo de reparación u otro es el tiempo de operación. Esta decisión se va a tomar en función de las circunstancias de la zona de actuación, es decir, el tiempo que se va a continuar operando con este aeródromo, la presencia de enemigo en la zona, el tipo de aeronave que va a operar el aeródromo o el tiempo que va a pasar hasta que esa pista vaya a ser reparada totalmente, si es que va a ser reparada. Por lo tanto, se debe optar por la reparación que, satisfaciendo todas las necesidades que estime necesarias el mando, requiera el mínimo tiempo.

Atendiendo únicamente al tiempo, la reparación expedita es la más adecuada, sin embargo es la que presenta una menor resistencia, únicamente 100 pasadas de un C-130 Hércules con un peso de 79380 kg y caracterizado por un MOS (metros indispensables para que las distintas aeronaves hagan uso de la pista) de 1067 m de largo y 18,3 m de ancho. Conforme se disponga de más tiempo, el tipo de reparación puede ser distinta y más resistente.



Tabla 2. Resumen de los distintos tipos de reparación utilizados en aeródromos.

Reparación expedita	Reparación logística	Reparación permanente
<p><i>Reparación más austera</i>  <i>Tiempo &lt;4 horas</i>  <i>100 pasadas de un C-130</i></p>	<p><i>Mejora la expedita</i>  <i>Incrementa tráfico aéreo</i>  <i>Control de calidad prima sobre tiempo</i>  <i>5000 pasadas de un C-130</i></p>	<p><i>Máxima calidad y resistencia</i>  <i>Al finalizar el conflicto</i>  <i>50000 pasadas de un C-130</i></p>

Es muy importante fijar unos criterios mínimos de calidad a la hora de finalizar las reparaciones, debido a la alta vulnerabilidad que presentan las aeronaves, sobretodo en el aterrizaje y el despegue.

El equipo de reparación de aeródromos intentará realizar la reparación al ras del pavimento original, sin embargo, esto es complicado de conseguir en el tiempo disponible. El RQC sirve como guía de ayuda para determinar cuándo debemos emplear más tiempo y medios en conseguir que la reparación quede totalmente al ras. El sistema RQC es un conjunto de gráficos y tablas que permite calcular rápidamente el tipo de reparación que debemos realizar dependiendo del lugar del aeródromo donde este la reparación y de la aeronave que vaya a tomar tierra generalmente.

Los valores críticos en los que hay que prestar especial interés son: altura de la reparación, profundidad del hundimiento y pendiente de reparación.

La permisibilidad con la **altura de la reparación** viene determinada por un grafico específico del RQC (Reparation Quality Control) que depende de las condiciones meteorológicas y de la aeronave que está operando. Los valores más comunes de esta altura oscilan desde los 25 mm a los 152 mm aunque algunas reparaciones tienen que ser al ras ( $\pm 20$  mm). Todas las reparaciones de esquirlas se tienen que reparar al ras. Un método expedito para determinar la altura de la reparación de un cráter sobre el pavimento sin dañar es la que se muestra en la Ilustración 2.

El **hundimiento**, como se puede ver en la ilustración, se define como la máxima profundidad de la superficie reparada desde la altura máxima de la reparación. La máxima profundidad permitida son unos 50 mm, excepto en las reparaciones al ras que tan solo se permiten 20 mm.

La **pendiente** máxima permitida en la reparación es de un 5% con respecto a la superficie sin dañar, excepto cuando la reparación se localiza en la zona de aterrizaje que el porcentaje máximo es un 3,4 %.

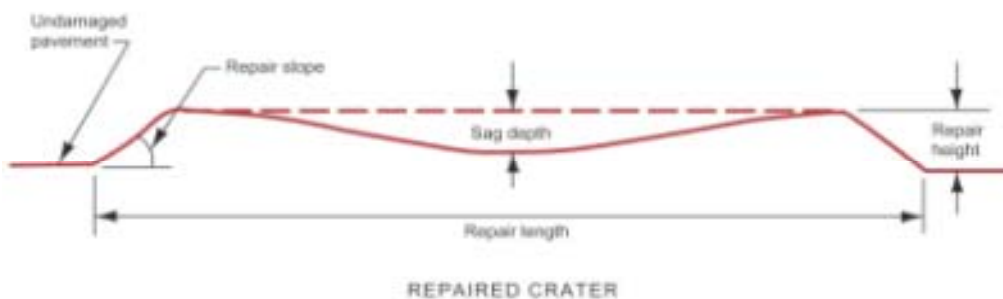


Ilustración 2. Profundidad de la reparación.

En los apartados siguientes se presentan las distintas propuestas para reparación de cráteres y esquirlas basadas en el sistema RQC extraído en gran parte de los manuales anteriormente comentados del ejército de los Estados Unidos (EEUU). Se han tenido en cuenta aquellos métodos en los que únicamente se necesita una recubierta superficial, ya que en la utilización del nuevo material, que aquí se va a plantear, se trabaja de esa forma.

## REPARACIÓN DE CRÁTERES

Como se ha mencionado anteriormente, las reparaciones expeditas tienen que representar el mínimo esfuerzo para restablecer la distancia MOS específica en unas condiciones operativas dadas y en un tiempo de operación inferior a 4 horas.

El material de relleno necesario para la reparación puede obtenerse de la zona de trabajo, con lo que de este modo nos evitamos lanzamiento de más material desde la aeronave. Y además, estas reparaciones tampoco requieren de maquinaria pesada ni de herramientas complejas, lo que facilita aún más la reparación a manos de una Unidad paracaidista.

### *Reparaciones con material triturado:*

Existen tres tipos de reparaciones condicionados por una combinación distinta de grava, roca de balasto o escombros. La gradación específica de los componentes mencionados se muestra en la Tabla 11 y Tabla 12 del anexo B. En la Tabla 11 se muestra las especificaciones para roca de basalto y en la Tabla 12 se detallan las proporciones para material triturado o gravilla.

En la [Ilustración 3](#) se muestran tres posibles configuraciones para este tipo de reparaciones. En la primera, el relleno con escombros consiste en rellenar el cráter con escombros hasta aproximadamente 50 cm de la superficie y finalizar con gravilla. Para el segundo caso se rellena con escombros hasta 70 cm de la superficie y con balasto hasta los 45 cm y se finaliza con grava. Esta se utiliza cuando no es del todo adecuado el cráter para ser rellenado únicamente con escombros. El último caso se utiliza cuando se encuentra agua o si el fondo del cráter no es adecuado para rellenarlo con escombros. En este caso se rellena con roca de basalto hasta los 45 cm y se termina con grava. En todos los casos se cubre con una cubierta superficial, tal y como se ha comentado anteriormente.

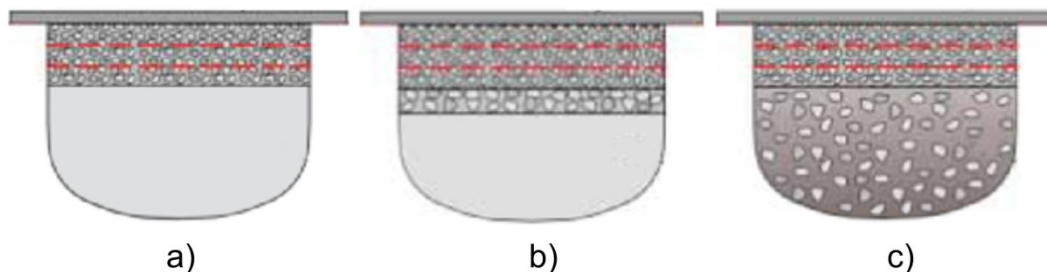


Ilustración 3. a) Relleno por escombros, b) relleno con escombros y balasto, c) compactación del balasto

### *Reparación con red para arena:*

El procedimiento de reparación comienza con la retirada de los escombros en un radio de 9 m para identificar el pavimento dañado, el cual posteriormente se retirará. El cráter resultante ha de presentar bordes verticales y con una altura de unos 40 cm. El material del interior ha de tener un diámetro inferior a 3 cm y además, si presenta agua, se deberá retirar. Posteriormente se rellena el cráter con los materiales anteriormente citados hasta 10 cm antes de la superficie y se compacta el material. El último paso, y que define este tipo de procedimiento, es la colocación de la malla para arena. Ésta ha de anclarse a la superficie y se rellena con una capa de 5 cm de arena a nivel de la red. Posteriormente se repite el proceso con una segunda red, pero antes se instala una malla geotextil entre estas dos capas. Por último, se cubre, al igual que en los procedimientos anteriores, con una cubierta.

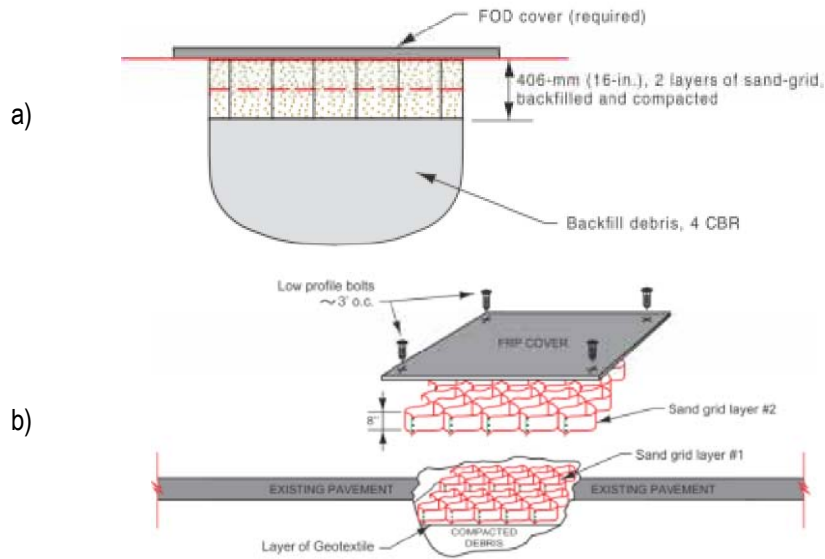


Ilustración 4. a) Proceso de reparación con red para arena y b) detalle de la red para la arena

## REPARACIÓN DE ESQUIRLAS

De forma general, la reparación de las esquirlas requiere varios procesos: la cuadración de los bordes, limpiar todos los escombros del interior, aplicar un agente de unión si es necesario, echar en el interior el material de relleno y finalizar con una cubierta superficial suave para el tráfico de las aeronaves.

El primer paso para la reparación de esquirlas es localizar y marcar las zonas a reparar y las posibles zonas circundantes dañadas. Posteriormente se cuadran los bordes y se vacía la zona dañada de escombros. Si la superficie de la zona dañada está lisa, es recomendable ranurar el fondo de la zona dañada para aumentar la fricción entre la superficie y el parche para disminuir la probabilidad de que se levante este cuando pase por encima una aeronave. Seguidamente se emplaza el material de reparación en el área dañada. Para la lechada simplemente hay que enrasar la superficie con el pavimento colindante. Para los materiales de mezclado en frío se realizan capas de 5 cm compactando cada una con un plato compactador. Se debe sobrepasar el pavimento en unos 4 cm para posteriormente con un rodillo vibrador alisar la superficie. El criterio de aceptación para una reparación de esquirlas es que debe estar al nivel del pavimento original con una tolerancia de unos +/- 20 mm. El material empleado para la reparación de esquirlas se puede ver en (Unified Facilities Criteria (UFC), Airfield Damage Repair, 2003).

## TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN (RPH) AEROPORTUARIOS:

Sin embargo, puede ocurrir que tras haber dotado a la Unidad de todo el material, equipo y formación para el personal, no exista la oportunidad para actuar en zona de conflicto. Tiene que quedar claro que la primera prioridad y la misión principal de la Unidad es la constante disponibilidad para estar en el menor tiempo posible en el lugar donde se la necesite. Por tanto, la Unidad, o al menos parte de ella, puede ser empleada en tareas de mantenimiento de los aeródromos que desplegamos en zonas de operaciones, como por ejemplo el de Herat en Afganistán. En este caso el perfil de la misión cambia, ya no prima la velocidad de la reparación si no el constante mantenimiento en un periodo de tiempo marcado. Las técnicas y procedimientos de reparación también varían sustancialmente, sin embargo muchos de los materiales y herramientas pueden ser utilizados indistintamente en reparaciones de mantenimiento y reparaciones de urgencia.

Las Técnicas de RPH son una serie de técnicas desarrolladas para reparar zonas de aeródromos deterioradas con pavimento de hormigón, para prevenir o retardar el deterioro general y para reducir las cargas dinámicas sobre el pavimento. A grandes rasgos consisten en:

- Estabilización de Losas
- Reparación de Espesor completo
- Reparación de Espesor Parcial
- Colocación de barras de Traspaso de Cargas
- Tratamiento de Grietas.

En el anexo C se expone con detalle cada una de las técnicas de RPH (Técnicas de Rehabilitación de Pavimentos de Hormigón Aeroportuarios, 2008).

### Propuesta de material de reparación

Ahora que ya se conoce el modo en el que la Unidad va a realizar las reparaciones en los pavimentos de los aeródromos, se puede continuar con el análisis del material que se debe proporcionar a la Unidad. Como ya se ha comentado con anterioridad, debido a la situación económica actual que sufre el Ejército, se ha diseñado la Unidad de manera que pueda utilizar la máxima cantidad de herramientas, maquinaria y material que ya se encuentra en dotación en las Fuerzas Armadas.

Además, tras haber realizado un análisis de las propiedades que deben tener las reparaciones de urgencia de aeródromos para soportar el paso de las distintas aeronaves así como las características que debe poseer el material que se va a emplear en la reparación, y considerando las citadas planchas de acero como el material de reparación disponibles actualmente. Se concluye la necesidad de buscar y adquirir nuevos materiales para ese mismo fin.

Se propone la utilización de un producto que comercialmente se denomina **Concrete Canvas**. Este material consiste en una manta de hormigón de tejido flexible impregnado con un cemento que se endurece cuando se hidrata. Forma una delgada y duradera capa de hormigón, impermeable e incombustible. Gracias a este nuevo material conseguimos la ejecución de la obra sin planta de hormigón ni hormigoneras, tan solo necesitamos agua, lo que lo convierte en el material perfecto para llevar a cabo la misión de la UZAP RUA (Unidad de Zapadores Paracaidistas de Reparaciones de Urgencia de Aeródromos) debido a las limitaciones logísticas que un lanzamiento paracaidista conlleva. Además se presenta en rollos cuyo tamaño permite que sean transportadas por uno o dos individuos. Otra característica a destacar del material es que es capaz de fraguar bajo el agua, permitiendo el trabajo en cualquier condición meteorológica.

La manta está compuesta por una matriz tridimensional de fibras que contienen una mezcla de mortero seco. Una lámina de PVC en una de las superficies hace que el material sea impermeable. La hidratación puede llevarse a cabo mediante el rociado o sumergiéndola en agua. Una vez a fraguado, gracias a las fibras que refuerzan el hormigón, estas prevén la propagación de fisuras y la el hormigón trabaja en modo plástico, lo que será fundamental para soportar las altas presiones superficiales de las ruedas de las aeronaves. La fabricación de la manta se lleva a cabo en tres espesores distintos: 5 mm, 8 mm y 13 mm, óptimos desde el punto de vista de los requerimientos de las aeronaves.

Los requisitos que se piden al material quedan expuestos en [Tabla 3](#), que se muestra en la siguiente página. En este tipo de análisis lo que se pretende conseguir es la armonía entre los requerimientos del cliente o usuario del producto y los modos de fabricación o características propias del producto. Además se trabaja con unos coeficientes en función de la importancia que el usuario le da a cada una de las

propiedades y de la dificultad que tiene el fabricante para conseguirlas, que da como resultado un orden de prioridad a la hora de diseñar el producto.

Otro requerimiento de este tipo de misiones, es que sea un trabajo rápido. Esto es posible debido a que la manta, una vez hidratada permanece trabajable durante 2 horas, alcanzando en 24h el 80% de su resistencia característica. El fabricante nos ofrece la posibilidad de que la manta incluya acelerantes o retardadores de fraguado para aplicaciones especiales.

Aunque quizá este no sea uno de los aspectos más importantes para la misión de la UZAP RUA, este material es altamente respetuoso con el medio ambiente, debido a su baja masa, a su baja huella de carbono y a que utiliza el 95% menos material que el hormigón tradicional. Tiene un impacto mínimo en la ecología local debido a su limitada reserva alcalina, así como una muy baja tasa de lavado.

Una vez se ha producido el lanzamiento paracaidista, la UZAP RUA debe finalizar la misión con el material y equipo con el que se ha lanzado, por ello es importante que el material sea adaptable a distintas situaciones. La manta de hormigón posee buenas características de cobertura, permitiendo su adaptación a superficies complejas. Antes de fraguar la manta puede ser cortada o adaptada utilizando herramientas básicas de mano. Esta facilidad de trabajo es vital, dado que apenas se contará con herramientas pesadas en la consecución de la misión.

Finalmente, es importante la resistencia química y física del material dado que va a trabajar en un aeródromo. En este tipo de ambiente, el material puede sufrir vertidos de aceites, combustibles y otros agentes químicos dañinos. Además la superficie es susceptible de incendios o cambios bruscos temperaturas por el hecho de estar expuesto al sol durante muchas horas o a las heladas, dependiendo de la situación geográfica donde se lleve a cabo la misión. El Concrete Canvas es un material cerámico y no arde. Está certificado como Euroclase B-s1, d0 de acuerdo a la norma EN 13501-1\_2007+A1:2009.

El modo en el que la UZAP RUA utiliza este material es para tapar cráteres producidos por explosiones en la superficie del aeródromo. Previamente al uso de la manta de hormigón, el hueco del cráter en la superficie se rellena con áridos y arenas (obtenidos en el lugar de la reparación) compactados formando distintas capas para conseguir mayor resistencia. Cuando el material de relleno llega a la superficie del aeródromo aplicamos la manta de hormigón para homogeneizar y cubrir el antiguo cráter. Para consultar las características técnicas y el modo de trabajo de Concrete Canvas ver anexo D (Fabricante de mantas impregnadas de cemento, opera a través de TELAS DE HORMIGÓN, 20124).

Ahora ya conocemos el material principal que vamos a utilizar para la reparación de urgencia de la Unidad, que es apto para todos los requisitos que le hemos exigido. Pero con este material no es suficiente dado que, como se ha visto anteriormente, los daños efectuados en el pavimento pueden ser de multitud de formas y gravedad, y las reparaciones que realicemos en estos también varían en función del método que utilicemos y del tiempo que queremos que esa reparación esté operativa. Dependiendo del tipo de trabajo que vayamos a realizar, utilizaremos algunos de estos materiales que nos ofrece el mercado actual:

- Lechada que no encoge de resistencia rápida tipo QGW puede ofrecer un flujo automático, sin vibraciones, resistencia de **10 a 15MPa** una hora después de vertido, micro-expansión, sin grietas y buena resistencia al tiempo, especialmente adecuado para un uso seguro de larga duración de **-40°C a 400°C**.
- El agente de tratamiento superficial para hormigón tipo MNC-302 está compuesto de una emulsión de biocomponentes en base a epoxi emulsionado. Presenta buena estabilidad, resistencia al agua, resistencia a la humedad y excelente resistencia a congelado-descongelado, fácil de operar, no tóxico e inodoro.



- El adhesivo de reparación de grietas de hormigón es un material de lechada química con biocomponentes de alto rendimiento y de tipo reacción. Presenta una alta resistencia mecánica, buena permeabilidad, rápida velocidad de solidificación y buena dureza, y puede ser inyectado en las grietas **por presión**.
- La fibra para hormigón tipo monofilamento de polipropileno presenta una buena dispersión, altas propiedades hidrofílicas, fuerte unión con el cemento, etc. Debido a su estructura de red tridimensional, la fibra de monofilamento de polipropileno mezclada con hormigón o mortero puede controlar eficientemente micro grietas de hormigón o mortero resultante de factores como encogimiento de plástico, encogimiento de secado, cambio de temperatura, etc. Luego, puede prevenir e inhibir la formación y futuro desarrollo de grietas especialmente en ambientes inflamables, como es nuestro área de trabajo, y puede mejorar significativamente la resistencia a grietas de hormigón, impermeabilidad, resistencia a congelado-descongelado, resistencia a descargas y resistencia a terremotos.
- Concrex Watco es un mortero epoxi extremadamente versátil, ideal para reparar suelos irregulares, dañados y desgastados. Con este mortero epoxi altamente resistente se pueden realizar reparaciones finas; mientras que la mayoría de los morteros necesitan un espesor mínimo de 5-10 cm a lo largo de toda la reparación, el mortero epóxico Concrex solo necesitará 5mm en el centro de la reparación, permitiéndole terminar los bordes finos al ras y resistir el paso continuo de las aeronaves sin sufrir daños.

Para consultar las aplicaciones de los materiales así como el modo de empleo o características técnicas se debe acudir al anexo E.

En la [Tabla 4](#) se muestra un análisis ANFE del producto, cuya función es una guía para detectar los fallos estructurales, el modo en el que falla, el motivo del fallo y las medidas que se pueden tomar tanto para detectar el fallo como para corregirlo:

Se han detectado 5 posibles fallos, con sus posibles causas. Remarcar que para cada una de las posibles causas propuestas se han designados responsables y posibles acciones a solventar el problema. Con todo esto se puede llegar a reducir en más de un 75% el índice NPR (índice de impacto del problema en el proyecto) inicial.

También se ha realizado un análisis de Pareto (ver [Ilustración 5](#)) en el que se destacan los fallos del material en los que tenemos que prestar más atención. El análisis se ha realizado sobre un hipotético periodo de prueba del material, examinando las debilidades que después de haber estudiado el material, se estiman más importantes. El análisis de Pareto defiende que un pequeño porcentaje de causas provoca casi la totalidad de los fallos, por lo que hay que prestar especial interés a determinadas causas.

Tabla 4. ANFE de CONCRETE CANVAS

Función o Componente del Servicio	Efecto de Fallo	Modo de Fallo	Causas	Método de detección	Ogareduc	Ocurrir	Detectar	NPR inicial	Acciones Tomadas.	Responsable	Ogareduc	Ocurrir	Detectar	NPR final
CONCRETE CANVAS.	El tiempo de fraguado es demasiado largo.	La plancha no se solidifica a tiempo.	Vida útil sobrepasada	Revisiones en el almacén.	8	3	4	96	Revisiones periódicas en almacén.	Encargado de almacén.	8	3	1	24
			Mal almacenamiento	Analizar condiciones ambientales de almacenaje	8	4	5	160	Sensores ambientales en almacén.	Encargado de almacén.	8	4	1	32
			Los acelerantes no son suficientes.	Defecto en la producción.	8	2	6	96	Prevenir al proveedor.	Proveedor.	8	2	2	32
	Corte de las planchas resulta muy complicado.	No se pueden adoptar las formas de la reparación.	No contamos con herramientas adecuadas.	Experiencia de los operarios.	6	6	5	180	Comprar al proveedor la herramientas adecuadas.	Responsable Manto.	6	1	5	30
			Utilizamos más material del necesario.	Durante la realización del trabajo.	5	6	5	150	Comprar planchas de diferentes tamaños para optimizar.	Responsable Compras.	5	3	5	75
		Se desaprovecha material.	Se aumenta el coste de la UZAP RUA	Revisión de facturas.	7	6	2	84	Revisiones periódicas de las facturas.	Intendente.	7	2	2	28
	La fijación de las planchas al suelo es muy costosa.	No queda fijada correctamente.	El terreno es más duro de lo que habíamos tenido en cuenta.	En la realización del trabajo.	9	6	4	216	Trabajar con un medidor de penetrabilidad del terreno.	Jefe de la misión.	9	2	2	36
			No contamos con las maquinas adecuadas.	En la realización del trabajo.	9	6	5	270	Pedir al proveedor las maquinas adecuadas.	Responsable Compras.	9	2	3	54
		Se invierte demasiado tiempo en la fijación.	Alarga el tiempo de la misión con el peligro que conlleva.	Comparando con la misma tarea en otras ocasiones.	7	4	5	140	Confeccionar unas tablas de tiempo por tarea.	Jefe de la misión.	7	3	1	21
	El material no soporta la temperatura mínima necesaria.	Se destruye con el calor de una llama.	Componentes no hidrofugados.	Ensayos de incendios.	9	3	8	216	Prevenir al proveedor.	Responsable Compras.	9	1	6	54
	La capacidad portante de las planchas no es suficiente.	La reparación no soporta el peso de una aeronave.	Frabricación defectuosa.	Realizando las pruebas una vez se ha solidificado.	10	2	3	60	Realizar una prueba por lote antes de su uso real.	Responsable de Calidad.	10	2	1	20
			Uniones de planchas en mal estado.	Se observa que las uniones no quedan uniformes.	10	4	2	80	Intentar no utilizar mas de una plancha para una misma reparación.	Jefe de la misión.	10	1	2	20
			Anclaje a la superficie incorrecto.	Análisis visual.	10	4	3	120	Utilizar los metodos de anclajes recomendados por el fabricante.	Jefe de la misión.	10	2	2	40
			Hidratación de la plancha incorrecta.	El tiempo de secado no ha sido el habitual.	10	3	6	180	Descartar planchas con anomalías de secado.	Responsable de Calidad.	10	1	2	20



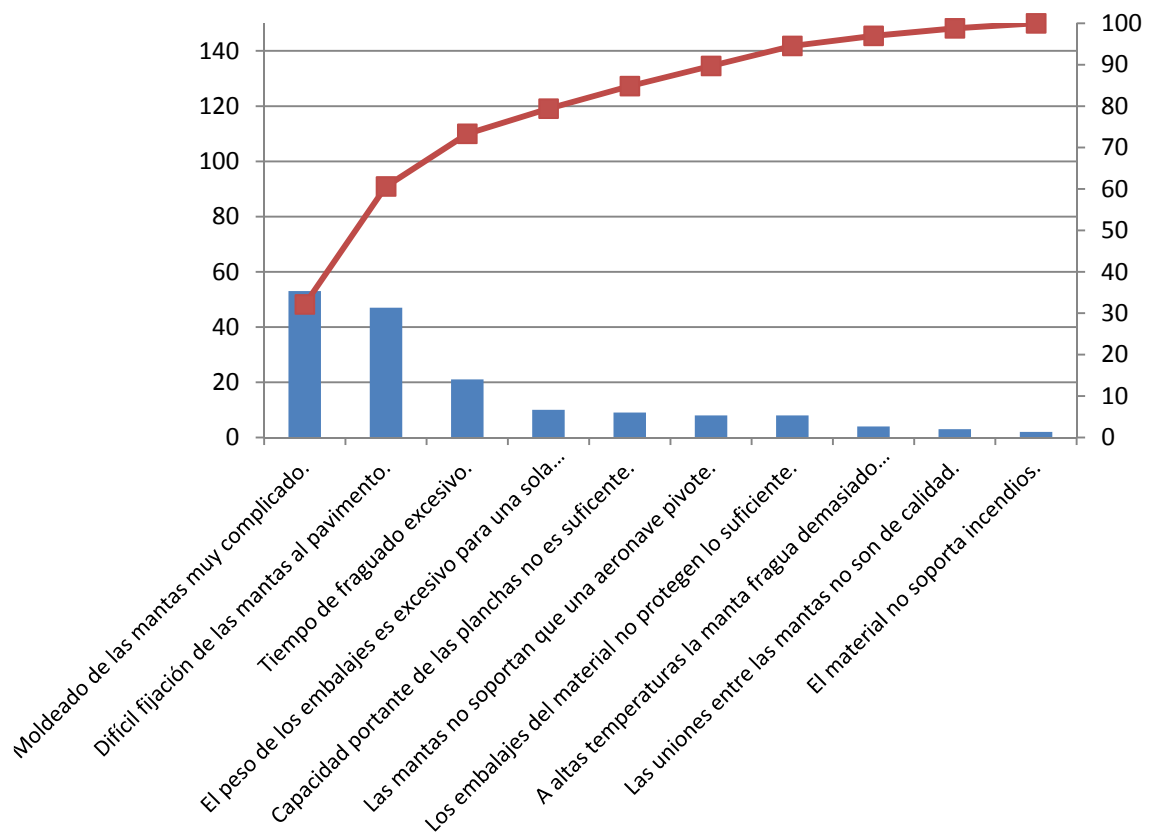


Ilustración 5. Gráfico del análisis de Pareto.

## ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE LA NUEVA UNIDAD.

En este apartado se propone la creación de una unidad tipo sección de alrededor de 30 personas. Los distintos empleos se detallan en el anexo G y se constituirán dentro de la de una unidad de zapadores paracaidistas dentro del ejército, de ahí su nombre UZAP RUA. Las labores que realizará la unidad, tal y como se ha mencionado anteriormente, están ligadas con las reparaciones de emergencia de aeródromos para permitir distintos tipos de acciones.

Para el estudio de la viabilidad de esta nueva unidad se han realizado análisis DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades) que nos dará una idea general de este planteamiento, y junto con los análisis económicos, tanto de puesta en marcha como de funcionamiento y con un análisis de riesgos, nos permitirá concluir la posible idoneidad de esta unidad.

El análisis DAFO completo se presenta en el anexo F, de él se pueden extraer las siguientes conclusiones divididas en sus cuatro apartados: debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades.

- La principal debilidad de la Unidad es que no posee un alto nivel operativo, por lo que requiere un escenario que haya sido previamente controlado y asegurado en el que pueda trabajar con seguridad.
- La amenaza más importante a la que se enfrenta la Unidad es que ya sea debido al uso de helicópteros, los cuales no necesitan aeródromo, o debido a falta de zonas de conflictos donde actuar, el Mando estime que la Unidad no es necesaria.
- La mayor Fortaleza que posee la Unidad es su doble carácter, tanto de apoyo en operaciones militares como en operaciones de ayuda humanitaria, por lo que los medios

económicos que hay que invertir en ella, que por otro lado no son elevados, tendrán un rendimiento satisfactorio.

- Finalmente, las principales oportunidades que tiene esta Unidad son el crecimiento de conflictos bélicos en países africanos, los cuales cuentan con infraestructuras aeroportuarias de muy baja calidad, y el constante proceso de globalización, el cual hace que miles de ciudadanos españoles se encuentren viviendo por todo el mundo y tengan que ser repatriados si la situación lo requiere.

Como se ha comentado anteriormente, para poder concluir acerca de la viabilidad del proyecto, se ha realizado un análisis económico, tanto del funcionamiento, realizando el análisis de 1 año de duración, como de su constitución. Ambos se detallan en el anexo F.

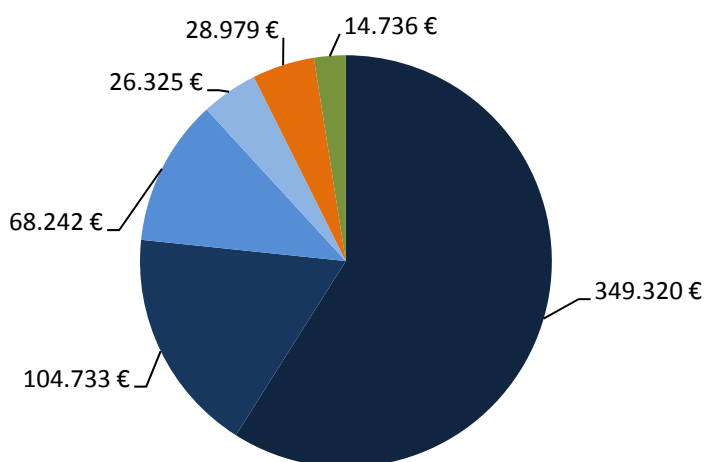
A continuación se detalla el desglose de gastos de funcionamiento en la Unidad. El gasto de los años venideros está condicionado tanto a la utilización de los materiales y maquinaria como a las intervenciones de la Unidad del primer año, siendo este una estimación lo más certera posible:

#### **Análisis económico de la unidad en funcionamiento**

- Gasto total de personal al año: 741.447 €

La relación nominal del personal se puede ver en el junto con el puesto táctico, armamento y cometidos que tiene cada uno. (Retribuciones Brutas Mensuales Escala de Tropa, Suboficiales y Oficiales., 2011)

- Gasto total de materiales al año: 28.979 €
- Gasto total de mantenimiento al año: 14.736 €



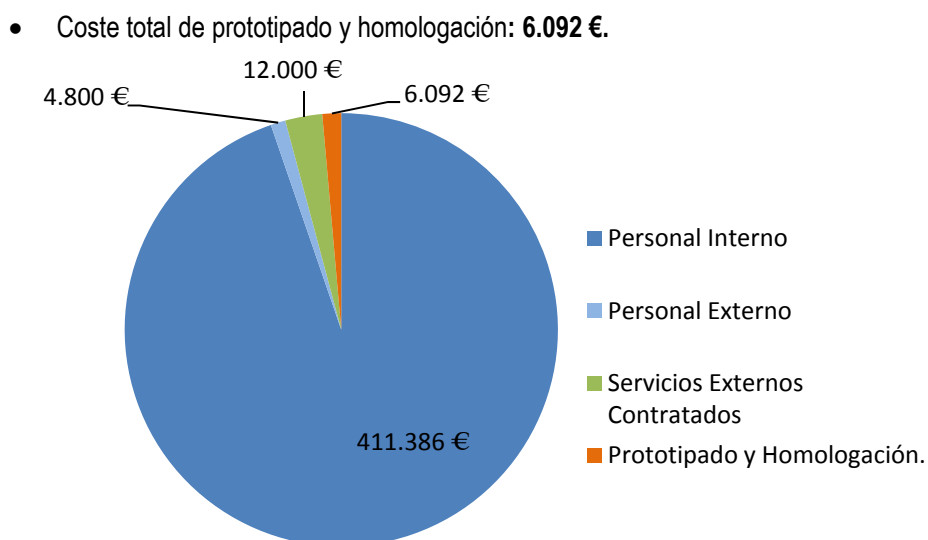
■ Tropa, grupo C2   ■ Tropa, grupo C1   ■ Suboficial, grupo A2  
■ Teniente, grupo A1   ■ Materiales   ■ Mantenimiento

**Ilustración 6. Resumen análisis económico de la unidad en funcionamiento**

Por lo que el gasto total aproximado de funcionamiento de la Unidad en el periodo de un año es: 785.162 €.

#### **Análisis económico del proyecto de creación de la Unidad**

- Coste total de personal interno: **411.386,92 €**. (Retribuciones del Personal Funcionario, Haber Regulator y Cuotas de MUFACE y Derechos Pasivos, 2013)
- Coste total de personal externo: **4.800 €**.
- Coste total de los servicios externos contratados: **10.000 – 12.000 €**



**Ilustración 7. Resumen análisis económico de la creación de la unidad**

Por tanto, el coste final aproximado del diseño y organización de la UZAP RUA: 433.278,92 €.

Las cantidades alcanzadas tanto en el coste por año de funcionamiento como en el diseño de la Unidad no suponen una cantidad excesiva comparada con los presupuestos destinados a Defensa a pesar de la situación económica actual.

Además, como se ha expuesto en el apartado de los grupos de interés del proyecto, esta Unidad tiene la característica de que puede ser empleada en trabajos de ayuda humanitaria donde es muy frecuente que en las zonas donde han ocurrido catástrofes como terremotos o inundaciones los aeropuertos queden inoperativos. Y este hecho hace que el envío de ayuda humanitaria por vía aérea en los primeros días, lo cual es un factor decisivo para reducir víctimas, se vea muy dificultado, llegando incluso a resultar imposible.

Por este motivo, la UZAP RUA es una Unidad que, siempre y cuando no tenga la necesidad de actuar en operaciones de carácter militar en zonas de conflicto, estará preparada para actuar en cualquier zona del mundo donde sea necesario reparar o acondicionar un aeródromo para facilitar las tareas de ayuda humanitaria.

Debido a esta doble naturaleza de la UZAP RUA, la inversión económica necesaria para la Unidad se ve justificada a ojos de todos los sectores de la sociedad. Aunque no debemos olvidar que la razón de ser y principal misión de la Unidad es el apoyo a operaciones militares en escenarios bélicos.

Además de los análisis económicos, se ha llevado a cabo un análisis de los riesgos más importantes que pueden afectar al proyecto, tanto en su puesta en marcha como durante su funcionamiento. Éstos se valoran en función del impacto que ocasionaría en el proyecto así como en la probabilidad de que ocurra. Toda esta información se traduce en un número que permitirá tomar medidas para disminuir este impacto y probabilidad. El resultado final del análisis es una matriz de riesgos, ver [Tabla 5](#) en las que se señala los riesgos a los que les debemos prestar especial interés.

Tabla 5. Análisis de Riesgos

ID	Risk Description	Risk categories	Reason for risk	Impact (low, middle, high)	Probability (1,2,3)	Risk-class	Risk Effects	Measure	Risk class after measure implementation	Responsible	Scheduled date	Estimated completion date	Status
1	Que la creación de la Unidad no se estime necesaria	Desarrollo	El Mando opina que no hay escenarios suficientes en los que trabaje esta Unidad	H	1	1H	No se podría llevar a cabo la creación de la Unidad.	Convencer al Mando de la necesidad real en los escenarios actuales de este tipo de misión	1M	Jefe del Proyecto	15/9/14	15/10/14	Open
2	Que el presupuesto de creación de la Unidad sea demasiado elevado.	Compras	La situación actual de crisis económica no permite semejante inversión de dinero.	H	2	2H	No sería posible realizar las compras necesarias para realizar la misión.	Realizar el mínimo de compras posibles, aprovechando al máximo los recursos ya existentes.	1M	Responsable de Materiales	15/9/14	30/10/14	Open
3	Que no exista personal suficientemente cualificado para llevar a cabo esta misión.	Calidad	El personal de las unidades de Ingenieros no conozca las nuevas técnicas y procedimientos encunto a reparación de aerodromos.	M	1	1M	La calidad de las reparaciones no sería la mínima necesaria.	Impartir cursos de formación al personal de los nuevos procedimientos y materiales.	1L	Responsable de RRHH	15/10/14	30/10/14	Open
4	Que la maquinaria necesaria para realizar este trabajo no sea lanzable.	Ingeniería	Ya sea por las características de la aeronaves encargada del lanzamiento o por las características de la maquinaria.	M	2	2M	Incapacidad de realizar ciertos trabajos o realizarlos con mayor dificultad.	Trabajar con procedimientos y materiales con los cuales dependamos lo mínimo posible de maquinaria pesada.	1L	Responsable de Aeronautica	15/9/14	1/11/14	Open
5	Que las reparaciones llevadas a cabo por la Unidad no sean satisfactorias.	Calidad	Los procedimientos, materiales y técnicas utilizados no son suficientes.	M	1	1M	Las aeronaves no pueden hacer uso de los aerodromos reparados.	Estudiar nuevos procedimientos y materiales y pedir consejo a empresas civiles del sector.	1L	Responsable de Calidad.	15/9/14	15/12/14	Open
6	Que la unidad sea demasiado vulnerable a los ataques enemigos mientras realiza la reparación.	Desarrollo	La capacidad defensiva de una unidad dedicada a tareas de reparación es mínima debido a la complejidad técnica del trabajo realizado.	H	2	2H	Pueden ocasionarse numerosas bajas en esta Unidad.	Esta Unidad siempre debe trabajar bajo la protección de una unidad de maniobra.	1H	Responsable de RRHH.	15/9/14	15/12/14	Open
7	Que no surjan escenarios donde sea necesaria la misión de esta Unidad.	Desarrollo	Afortunadamente, puede darse una situación de relativa paz en los ámbitos de actuación del Ejército.	M	1	1M	Esta Unidad no tendría demanda que satisfacer.	En caso de no tener que relizar reparaciones de aerodromos para la evacuación de personal no combatiente, se pueden realizar con fines de	1L	Jefe de Proyecto			Open
8	Que la dependencia de empresas y proveedores civiles sea demasiado alta.	Compras	Al depender de materiales proporcionados por empresas civiles, estas se pueden aprovechar con precios abusivo los cuales nos veamos	M	3	3M	Los gastos de la Unidad se incrementarían notoriamente.	Estudiar la producción de nuestros propios materiales.	1L	Responsable de Materiales.	15/9/14	15/12/14	Open
9	Que exista demasiada demanda de esta Unidad tanto por el Ejército como por ONG's	Producción	Las reparaciones conseguidas por la Unidad son tan efectivas que crece exponencialmente la demanda y no se puede satisfacer en su	M	1	1M	Numerosos Stakeholders verían insatisfecha su demanda.	Aumentar la entidad de la Unidad con más efectivos o crear una unidad hermana.	1L	Responsable de RRHH.			Open

La matriz que resume los resultados finales sería la siguiente:

**Tabla 6. Matriz final análisis de riesgos**

Project Risk Matrix

Project Risk Matrix					Statistic	
Probability	3	0	1	0	Risk-Class	Nr
	2	0	1	2	High (red)	0
	1	0	4	1	High to Medium (orange)	3
		Low	Medium	High	Medium (yellow)	6
	Impact			Low (green)	0	
				Total:	9	

Como se puede apreciar en la matriz, antes de adoptar las medidas oportunas para reducir el impacto y probabilidad de riesgo, no tenemos ningún riesgo de nivel alto. Por otro lado tenemos tres riesgos de nivel medio-alto y seis riesgos de nivel medio. Por tanto, según los medios de los que se disponga al realizar el proyecto y siguiendo los resultados de este análisis, se le prestara mayor atención a los tres riesgos de alto nivel que son: que el presupuesto de creación de la Unidad sea demasiado elevado, que la Unidad sea demasiado vulnerable ante el enemigo cuando está desempeñando las tareas de reparación y que la dependencia de proveedores civiles a la hora de comprar material y equipo sea demasiado alta y la Unidad se vea amenazada con respecto a las adquisiciones.

Por tanto, las medidas en las que el proyecto se debe centrar para evitar el impacto de los riesgos de más gravedad son respectivamente: realizar el mínimo de adquisiciones posibles, intentando aprovechar todo el material y equipo ya existente en las Unidades de Ingenieros, que la Unidad nunca realice las reparaciones sin estar bajo la protección de una unidad Infantería o Caballería y que en un futuro, una vez esté en funcionamiento la Unidad, se comience a estudiar la posibilidad de que el Ejército fabrique los propios materiales de reparación para así conseguir una menor dependencia del mercado civil.

## LOGÍSTICA DE LA UNIDAD

Sin lugar a dudas, uno de los aspectos más difíciles de conseguir para que esta Unidad funcione correctamente es la logística que conlleva, dado que, como ya se ha comentado con anterioridad, tanto el material y equipo como el personal tienen que ser lanzados en paracaídas.

A continuación se detallan las maquinarias y herramientas necesarias para esta unidad para una intervención de emergencia.

### Maquinaria:

#### Maquinaria pesada:

En principio se intentará prescindir en la medida de lo posible de la maquinaria pesada, debido a las limitaciones logísticas que supone tener que ser lanzada en paracaídas. Sin embargo, se va a estudiar qué maquinaria pesada puede ser lanzada en caso de necesidad.

#### Maquinaria media:

- Grupo electrógeno GESAN 120 KVA (en servicio en el Ejército)
- **JCB 1cx mini máquina**, con el implemento de rodillo. (Este modelo se encuentra en servicio en el Ejército de Tierra, por lo que no es necesario adquirirla)

### Maquinaria individual:

- Tronzadora manual STIHL TS 420 (precio 1.149,00 €)(STILH, venta de maquinaria ligera, 2014)
- Taladro manual BOSCH GBH 5-40 DCE (precio 814,19 €)(venta de productos Bosch, 2014)
- **Clavadora a pólvora CLAFIX-4 DESA** (en dotación en las unidades de Ingenieros)
- Extrusora manual para soldadura de plástico EXWELD sigma2 (precio 1.200 € aprox.)(INDUSTRY, 2014)
- Vibro apisonador WACKER- BS602i (en dotación en el Ejército).

### Material fungible:

- Mantas CONCRETE CANVAS CC8 y CC13.
- Cemento en sacos.
- Resina epoxi.
- Sellador de juntas.
- Áridos, arenas y agua (se obtienen del lugar donde se realiza el trabajo).
- Barras de acero corrugado de diámetro 32mm.
- Malla geotextil.
- Red "Sand-Grid".

### Herramientas:

Todas las herramientas se encuentran en dotación en los lotes de trabajo de Ingenieros.

- Cazos de mango enroscable.
- Almádenas.
- Azadas.
- Palanquetas.
- Palas inglesas.
- Pisón de mano.
- Manguera de agua.
- Zapapico.
- Renglones metálicos para alineaciones.
- Palustres catalanes.
- Batidera.
- Petacas de combustible y petacas de agua.
- Cubos de caucho.
- Espuertas.
- Botas de agua.
- Desclavador .dogo
- Alargaderas.

Todo este material será lanzado junto al personal de la Unidad en unos cajones de lanzamiento que se detallan en el anexo H.

De la experiencia obtenida en la Brigada Paracaidista, se concluye que las aeronaves que tenemos en dotación, no presentan el tamaño suficiente para el lanzamiento de maquinaria pesada, únicamente la mini-máquina podría entrar dentro de las especificaciones. En 2016 se espera la incorporación al servicio del Ejército del Aire de la nueva aeronave A400M de mayores dimensiones. Esta nos permitiría el lanzamiento de maquinaria de mayores dimensiones, útil cuando el tiempo disponible o la naturaleza de la reparación sobrepasen las posibilidades de la mini-máquina.

Por este motivo se presenta un estudio comparativo de las aeronaves actuales y la futura aeronave con la finalidad de concluir si las capacidades de la Unidad se verán ampliadas cuando el A400M esté operativo.

## AERONAVES

En la actualidad, las Fuerzas Armadas cuentan con diversos modelos de aviones de transporte tanto de personal como de carga. Los más utilizados debido a sus características técnicas son el C-130, más conocido como Hércules y el C-295 o también llamado T-21. Ambas aeronaves son fabricadas por la empresa española CASA.

En el primer trimestre del 2016, España espera recibir las primeras aeronaves Airbus 400M de las 27 que compró, aunque finalmente 13 de ellas serán dedicadas a la exportación. Durante los siguientes cinco años se completará la entrega de las aeronaves. La entrada en servicio de estos nuevos aviones amplia en gran medida las capacidades de transporte y de lanzamiento paracaidistas de nuestras Fuerzas Armadas.

En el desarrollo de las funciones de la UZAP RUA, el uso de una aeronave de estas características es vital, dado que se debe realizar el lanzamiento paracaidista tanto del personal como de los materiales necesarios para la reparación de urgencia del aeródromo. Con las aeronaves que cuenta el Ejército actualmente es posible llevar a cabo la misión encomendada a la Unidad, pero como bien podemos observar en la [Tabla 7](#). La entrada en servicio del A400M nos posibilita el empleo de nuevas técnicas de reparación de aeródromos debido, sobre todo, a su mayor tamaño de la bodega de carga.

**Tabla 7. Comparativa de las aeronaves.**

	C-130 (HÉRCULES)	C-295 (T-21)	A400M
LONGITUD AERONAVE	29,8 m	24,45 m	45,1 m
ALTURA AERONAVE	11,6 m	8,15 m	14,7 m
ENVERGADURA AERONAVE	40,4 m	25,8 m	42,4 m
<b>LONGITUD BODEGA</b>	<b>12,2 m</b>	<b>12,7 m</b>	<b>17,7 m</b>
<b>ALTURA BODEGA</b>	<b>2,74 m</b>	<b>1,90 m</b>	<b>3,85 m</b>
<b>ANCHURA BODEGA</b>	<b>3,14 m</b>	<b>2,70 m</b>	<b>4,00 m</b>
VOLUMEN DE CARGA	160 m <sup>3</sup>	64 m <sup>3</sup>	340 m <sup>3</sup>
PESO MÁX. DESPEGUE.	70,3 ton	23,2 ton	141 ton
PESO MÁX. ATERRIZAJE	60,6 ton	23,2 ton	123 ton
CAPACIDAD COMBUSTIBLE	20 ton	6,15 ton	50,5 ton
VELOCIDAD MÁX. DE CRUCERO	592 km/h	480 km/h	780 Km/h
<b>CARGA MÁXIMA.</b>	<b>20 ton</b>	<b>9,25 ton</b>	<b>37 ton</b>
TRIPULACIÓN.	5 pax.	2 pax.	3 ó 4 pax.
ALCANCE A PLENA CARGA.	2.298 km	1.200 km	3.298 Km
DISTANCIA MÍN. DESPEGUE. (MOS)	1.093 m	670 m	914 m
DISTANCIA MÍN. ATERRIZAJE.	900 m	320 m	822 m
RADIO DE GIRO EN TIERRA.	19,7 m	14,9 m	28,6 m

Con estos datos (aircraft information, 2014), y los datos obtenidos del estudio de la maquinaria pesada susceptible de ser empleada, realizado en el anexo I podemos concluir que:

- La mini máquina excavadora BOB CAT es apto tanto para el Hércules como desde el A400M. Respecto al peso de la carga, la máquina es apta para las tres aeronaves. Sin embargo, la altura es superior a las capacidades del T-21 por lo que no es apto para esta aeronave. Dado que esta es la maquina que con más frecuencia se trabajará en la Unidad se adjunta el donde se pueden ver las imágenes de la palatización de dicha maquina.
- Con respecto a la empujadora KOMATSU nos encontramos en la misma situación. En cuanto al tonelaje de la carga no habría problema con ninguna de las tres aeronaves. Respecto a las dimensiones, este vehículo solo es apto para el Hércules y el A400M, a diferencia que para el 295(T-21), que no es apto porque la altura es superior a la de la bodega de carga.
- En cuanto a la retroexcavadora JCB: las posibilidades en cuanto a la reparación de pavimentos dañados que nos ofrece este vehículo son mucho mayores y para algunas reparaciones imprescindibles. Sin embargo, las dimensiones que presenta, en concreto la altura, hace que tan solo sea apto el A400M para su transporte y lanzamiento junto con la UZAP RUA.

Llegados a este punto en el que ya conocemos el modo en el que se van a realizar las reparaciones y los materiales y equipo que va a utilizar la Unidad, se fijan los procedimientos de actuación al llegar a la zona de trabajo, para conseguir de este modo una correcta coordinación del trabajo.

## **MODO DE TRABAJO DE LA UNIDAD**

La misión crítica durante una ocupación de cabeza de desembarco (C/D) es la reparación de daños del aeródromo y la puesta en funcionamiento de una Longitud Mínima Operativa (MOS) de Pista de aterrizaje, de forma que personal y suministros puedan llegar al teatro mediante aerotransporte. Desde la perspectiva de Zapadores la reparación de daños implica tres tareas básicas: evaluación, limpieza y reparación.

El equipo está formado por al menos dos personas. Uno controla el penetrómetro de cono y lee el indicador de una posible lectura de 1-15. La otra persona comprueba la profundidad y registra la lectura. El equipo determina la ubicación aproximada de dos áreas clave (punto de aterrizaje y frenado) y toma lecturas del centro y límites a la derecha, y la izquierda de la pista. Las lecturas también se toman a intervalos de 100m al tiempo que el equipo se mueve detrás del pelotón de zapadores a lo largo de la longitud de la pista, y en aquellos posibles los puntos problemáticos (Manual del Ejército de EE.UU TC 5-340, Concept of Operation, 1988).

En cada lugar de registro se toman cinco lecturas siguiendo un patrón de "X" en un círculo 4m. El intervalo de profundidad para las lecturas será:

- Suelo normal: Tome lecturas cada 10cm a una profundidad de 20cm.
- Suelo con costra: Tomar lecturas cada 10cm a una profundidad de 50cm.

Penetrómetro de cono: Utiliza 30 grados, cono circular recto con un diámetro en la base de ½ pulgada y un indicador que da una lectura directa en los términos del índice de Aeródromo.

Los procedimientos que realizará la Unidad de las mediciones previas a las reparaciones del aeródromo quedan expuestos en el anexo K (Army, TC 5-340 Postattack Actions, 1988).

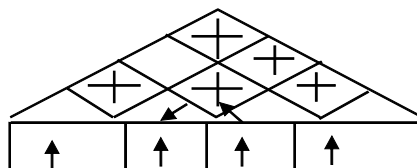
Por otro lado, los procedimientos de actuación de la Unidad tienen que estar en consonancia con los requisitos técnicos que los especialistas del Ejército del Aire piden que tengan las reparaciones para que las aeronaves puedan operar en el aeródromo con total seguridad. Por tanto tiene que existir una comunicación constante con dichos especialistas tanto antes como durante las reparaciones para conseguir una reparación de calidad.

En el anexo L se exponen las definiciones de ACN (Número de Clasificación de la aeronave) y el PCN (Número de Clasificación del Pavimento), dos conceptos básicos en forma de valores numéricos, los cuales pueden ser comparados entre sí para ver si la reparación es o no suficiente en función de algunos factores aeronáuticos.



Tabla 8. Análisis QFD UZAP RUA.

# REPARACIONES DE URGENCIA



Cómo's	Importancia	↑				método en uso. (planchas de acero)	Unidades mecanizadas.	Unidades a pie.	Objetivo (1-5)	ratio de mejora (tanto por 1)	Argumento de Venta (1-1,2-1,5)	ponderacion absoluta	ponderacion relativa %	orden de importancia
		Utilización de productos de secado rápido.	Utilización de materiales ligeros y resistentes.	Despliegue de la Unidad por lanzamiento	Utilización de herramientas y maquinaria ligera y lanzable.									
Que esté finalizada en menos de 4h.	4	9	1	3	3	5	3	3	5	1	1,5	6	6,88	7
Que se pueda llevar a cabo sin que la aeronave aterrice.	5	0	9	9	9	2	1	5	5	2,5	1,5	18,75	21,6	2
Que se pueda realizar en cualquier ambiente.	4	3	3	9	9	3	1	5	4	1,333	1,2	6,4	7,33	6
Que se pueda llevar a cabo en cualquier situación geografica	4	1	1	9	9	2	1	5	4	2	1,2	9,6	11	4
Que se pueda girar y pivotar sobre la reparación.	3	1	9	0	0	1	4	4	4	4	1,2	14,4	16,5	3
Que la reparación soporte al menos 6 meses de tráfico.	4	1	9	0	0	1	4	4	4	4	1,5	24	27,5	1
Que la Unidad llegue a la zona de conflicto en menos de 72h.	4	0	3	9	9	3	1	1	4	1,333	1,5	8	9,17	5
ponderacion absoluta		138,94	456,77	82,53	462,09									
ponderacion relativa %		12,18	40,05	7,23	40,52									
orden importancia		3	2	4	1									
valoracion técnica		h. secado	kg/m2	nº pax.	¿lanzable?									
UZAP RUA		2	15	30	SÍ									
unidades mecanizadas.		0	30	30	NO									
unidades a pie.		0	30	30	NO									
objetivo Técnico		<4h.	<20kg.	30	SÍ									
dificultad Objetivo Técnico (1-5)		4	4	1	4									

## **CONCLUSIONES:**

En este proyecto fin de grado se expone la posible estructura y procedimientos que tendría que llevar a cabo una unidad de zapadores paracaidistas en la reparación de urgencia de aeródromos. Actividad sita en los conflictos bélicos actuales que permita evacuar personal no combatiente de cualquier parte del mundo, en cualquier circunstancia y en el periodo de tiempo más breve posible.

Esta idea surgió dentro de la brigada Paracaidista y comenzó a crecer, en la medida en la que mi Trabajo de Fin de Grado me lo permitiese, durante mi estancia en su base.

Su creación está más que justificada, porque además del cometido de apoyo a operaciones militares, se le puede dar un cometido secundario de colaboración con Organizaciones de Ayuda Humanitaria, algo que desde el punto de vista de la sociedad actual es visto de forma muy positiva. Además, se han realizado los estudios económicos pertinentes para poder concluir que la creación y funcionamiento de la unidad no supondría un gasto excesivo. Remarcando que se ha tenido en cuenta, todo el material que en dotación tiene el ejército, tratando de minimizar el impacto de esa partida.

Se ha realizado el estudio de las características de un nuevo material, ya que sería imposible la creación de una Unidad paracaidista cuyo cometido es la reparación de pavimentos de aeródromos, con todo el material y herramientas que todo ello conlleva, sin la utilización de un material ligero y resistente que posibilite el lanzamiento paracaidista y que no requiera la utilización de maquinaria pesada. El Concrete Canvas puede ser transportado entre uno o dos hombres, tiene buena resistencia a los golpes y tan solo requiere la pulverización de agua para convertirse en un sólido hormigón.

También es importante comentar, la futura entrada en servicio de la aeronave A400M, ésta mejorará ampliamente las capacidades de reparación de la Unidad, debido a que permitirá el lanzamiento de maquinaria de mayor tamaño, ya que la mini-máquina no es suficiente para algunas tareas de reparación más complejas.

## BIBLIOGRAFÍA

- (2014). Recuperado el Junio de 2014, de YONA Impermeabilizaciones, tienda online.
- aircraft information*. (2014). Recuperado el Mayo de 2014, de [www.simviation.com](http://www.simviation.com)
- America, D. o. (2003). *Unified Facilities Criteria (UFC), Airfield Damage Repair*. USA Army.
- Army, U. (1988). Manual del Ejército de EE.UU TC 5-340, Concept of Operation.
- Army, U. (1988). TC 5-340 Postattack Actions.
- ASECAL. (2014). Empresa Certificadora ASECAL. Madrid, España.
- BOBCAT. (2013). *Especificaciones de la cargadora BOBCAT*.
- BOSCH. (2014). *venta de productos Bosch*. Recuperado el Junio de 2014
- CANVAS, C. (20124). *Fabricante de mantas impregnadas de cemento, opera a través de TELAS DE HORMIGÓN*. Madrid.
- COSTONET*. (2014). Recuperado el Mayo de 2014, de tienda online de productos relacionados con la construcción.
- Defensa, M. d. (2011). *Retribuciones Brutas Mensuales Escala de Tropa, Suboficiales y Oficiales*.
- Empresa Auditora TYCCAL. (2014). Madrid, España.
- empresa VAISALA, experta en mediciones ambientales e industriales*. (2014). Recuperado el Junio de 2014
- Gabriela Eguiluz Rodríguez, g. d. (2008). *Técnicas de Rehabilitación de Pavimentos de Hormigón Aeroportuarios*. Chile.
- Hispavista, G. (2013). Recuperado el mayo de 2014, de web de venta de materiales de construcción.
- Inc, N. I. (2013). empresa británica de venta de productos de construcción.
- INCAFE 2000 almacén de hierro*. (2014). Recuperado el Junio de 2014, de tienda online.
- INDUSTRY, D. (2014). Obtenido de [www.directindustry.com](http://www.directindustry.com)
- Interior, M. d. (2013). *Retribuciones del Personal Funcionario, Haber Regulator y Cuotas de MUFACE y Derechos Pasivos*.
- MUHU Construction Materials Co. Ltd. fabricante chino de aditivos para hormigón*. (2013).
- Normas y Métodos Recomendados Internacionales, Anexo 14 Convenio sobre aviación Civil Internacional, Aerodromos, OACI*. (2008).
- Paracaidista, C. d. (2006). *Fichas de Aerotransporte*.
- Precio del combustible en tiempo real*. (2014). Recuperado el Junio de 2014, de [www.gasofa.es](http://www.gasofa.es)
- RESINECO tienda online*. (2014). Recuperado el Mayo de 2014
- S.A, B. G. (2013). *Fichas Técnicas JCB 4CX C*.
- STILH, venta de maquinaria ligera*. (2014). Recuperado el Junio de 2014
- WATCO, especialista en productos de mantenimiento industrial*. (2014). Recuperado el 2014
- Wilfredo Benavides Cerezo, U. N. (2012). *Fibras de propileno para reforzamiento de matrices de cemento*. Recuperado el 2014

## ANEXO A

EDT-DESGLOSE TAREAS CREACIÓN UNIDAD.

Tabla 9. Desglose de tareas.

Nombre proyecto: Diseño y Organización UZAP RUA	
Project manager: Jonathan Vega Bustamante	
ID	Nombre tarea
<b>1</b>	<b>ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE DE LAS REPARACIONES URGENTES DE AERÓDROMOS.</b>
1.1	Búsqueda y recopilación de información
1.1.1	Búsqueda de información básica
1.1.2	Recopilación de información de los materiales de reparación actuales en el mercado.
1.1.3	Búsqueda de empresas en el sector
1.1.4	Recopilación de datos diferentes tipos de procedimientos de reparación.
1.1.5	Estudio de los procedimientos y materiales empleados por los diferentes Ejércitos, especialmente el de EE.UU.
1.2	Búsqueda de investigaciones actuales
1.2.1	Búsqueda de estudios universitarios.
1.2.2	Búsqueda de estudios desarrollo empresas.
1.2.3	Búsqueda investigación en nuevos materiales de reparación.
1.2.4	Búsqueda de empresas de reparación de de asfaltos y hormigones.
1.3	Análisis de la información
1.3.1	Estudio de la información recogida
1.3.2	Extracción de la información de interés
1.3.3	Comparación de datos recogidos
1.3.4	Análisis de las diferentes empresas del sector
1.3.5	Estudio de las investigaciones encontradas
1.4	Creación del documento
1.4.1	Redacción de la información necesaria para confeccionar el estado del arte de la reparación urgente de aeródromos.
1.4.2	Mercado actual de la reparación de aeródromos.
1.4.3	Listado de posibles empresas interesadas suministrar al Ejército el material fungible necesario.
1.4.4	Exposición de las investigaciones realizadas
1.4.5	Bibliografía
<b>2</b>	<b>ESTUDIO DE LAS NECESIDADES Y CAPACIDADES DE LAS FAS.</b>
2.1	Cuestionario sobre las condiciones mínimas del aeródromo para su operatividad.
2.1.1	Reunión con un grupo de expertos del CLAEX para desarrollar el cuestionario
2.1.2	Establecimiento de los apartados (longitudes mínimas, capacidad portante, etc.)
2.1.3	Establecer las preguntas de cada apartado
2.1.4	Generar el cuestionario final completo
2.1.5	Tramitación del cuestionario para su distribución por las distintas unidades competentes en la materia.

2.1.6	Recoger los cuestionarios en la fecha fijada
2.1.7	Estudio de las necesidades en función del modelo de aeronave.
2.1.8	Recopilación de las necesidades más comunes.
2.1.9	Generar un informe con los resultados.
<b>2.2</b>	<b>Estudio de las capacidades de lanzamiento que ofrecen las aeronaves del Ejército del Aire.</b>
2.2.1	Contactar con los distintos especialistas en las aeronaves para solicitar datos técnicos.
2.2.2	Identificar las limitaciones más importantes.
2.2.3	Identificar las consecuencias de estas limitaciones.
2.2.4	Estudiar las alternativas existentes, si es que existen.
2.2.5	Estudiar si la misión puede llevarse a cabo a pesar de estas limitaciones.
2.2.6	Estudio de las capacidades de la nueva aeronave A400M para su incorporación al servicio en el futuro.
2.2.7	Generar un informe final.
<b>2.3</b>	<b>Análisis de los diferentes teatros de operaciones.</b>
2.3.1	Clasificación de los distintos ambientes en los que puede operar la UZAP RUA.
2.3.2	Estudio de las características climatológicas de estos ambientes.
2.3.3	Estudio de cómo estas características afectan a los procedimientos de reparación utilizados.
2.3.4	Estudio de las necesidades de mantenimiento posterior que necesitan las reparaciones en función del clima.
2.3.5	Generar un informe final
<b>2.4</b>	<b>Estudiar cantidad de material y maquinaria necesaria para realizar la misión de la UZAP RUA.</b>
2.4.1	Ponerse en contacto con personal experto en los teatros de operaciones existentes.
2.4.2	Estudiar la cantidad de posibles aeródromos a reparar.
2.4.3	Comprobar si podemos satisfacer esa demanda.
2.4.5	Establecer prioridades en caso de que surjan varios escenarios de conflictos simultáneamente.
2.4.5	Concretar, con toda la información adquirida, un periodo de suministro con el proveedor.
<b>3</b>	<b>CONTACTAR CON DISTINTAS EMPRESAS Y GRUPOS DE DESARROLLO</b>
<b>3.1</b>	<b>Contactar con distintas empresas</b>
3.1.1	Contactar con empresas con capacidad e interés en suministrarnos los materiales.
3.1.2	Enviar información sobre necesidades de la UZAP RUA.
3.1.3	Recepción de los presupuestos de las distintas empresas y grupos de desarrollo.
3.1.4	Estudio de estos presupuestos.
3.1.5	Informar de las disconformidades en el servicio que se pretende recibir.
3.1.6	Recibir modificaciones en los presupuestos.
<b>3.2</b>	<b>Estudiar la aplicación de los nuevos procedimientos y materiales.</b>
3.2.1	Estudiar si el Ejército cuenta con la maquinaria necesaria para la utilización de los nuevos procedimientos.
3.2.2	Estudiar la necesidad de adquirir maquinaria nueva.
3.2.3	Estudiar si el personal de la UZAP RUA tiene los conocimientos necesarios para implementar estos procedimientos.
3.2.4	Buscar personal exterior especializado para la impartición de cursos formativos para nuestro personal.
3.2.5	Generar informe.
<b>3.3</b>	<b>Estudiar qué dependencia vamos a tener de las empresas civiles.</b>
3.3.1	Estudiar la complejidad técnica de los trabajos a realizar.
3.3.2	Analizar la capacidad de utilización de la nueva maquinaria, si acaso es necesaria.
3.3.3	Examinar la capacidad técnica del personal de la UZAP RUA.
3.3.4	Estudiar la capacidad de la UZAP RUA para realizar el mantenimiento de las reparaciones.
3.3.5	Estudiar la posibilidad de fabricar nuestros propios materiales de reparación para disminuir la dependencia exterior.

3.3.6	Seleccionar opción más adecuada.
<b>4</b>	<b>SACAR A CONCURSO PÚBLICO LA CONTRATACIÓN DEL PROVEEDOR.</b>
4.1	Publicación del pliego de características técnicas.
4.1.1	Exponer de manera clara las características que tiene que presentar el producto.
4.1.2	Exigir las condiciones contractuales necesarias.
4.1.3	Estudiar el contrato ofrecido por los distintos concursantes.
4.1.4	Seleccionar al proveedor o proveedores más adecuados.
4.1.5	Fijar unas penalizaciones por objetivos no cumplidos.
4.2	Concretar últimos requisitos del producto.
4.2.1	Contactar con el jefe de producción de la empresa seleccionada.
4.2.2	Explicarle las condiciones especiales que debe soportar su producto debido al lanzamiento paracaidista.
4.2.3	Estudiar las posibilidades de alcanzar los objetivos específicos de la UZAP RUA.
4.2.4	Analizar si hay que realizar alguna modificación en el producto.
4.2.5	Estudiar la viabilidad de esas modificaciones dentro del presupuesto acordado.
4.2.6	Estudiar posibles fallos de uso y sus correcciones.
4.2.7	Estudiar servicio técnico que puede proporcionar el proveedor tanto de maquinaria como de materiales.
4.3	Estudiar la relación que va a existir entre la empresa civil y la UZAP RUA.
4.3.1	Analizar la posibilidad de mejorar el producto en base a la experiencia recibida.
4.3.2	Estudiar la posibilidad de enviar personal militar al centro de producción del material.
4.3.3	Estudiar si es necesaria la mejora del material en función a las reparaciones ya necesarias.
4.3.4	Analizar presupuesto disponible para la mejora de maquinaria y materiales.
4.3.5	Cerrar un modo de pago con la empresa suministradora.
<b>5</b>	<b>POSIBLE CREACIÓN Y DESARROLLO DEL PRIMER PROTOTIPO DE UN MATERIAL ESPECIFICO PARA UZAP RUA.</b>
5.1	Identificación de los requerimientos del nuevo material.
5.1.1	Definir el ámbito de aplicación concreto.
5.1.2	Definir condiciones de trabajo y tiempo de operatividad.
5.1.3	Aplicar restricciones presupuestarias.
5.2	Modelado del prototipo.
5.2.1	Boceto general
5.2.2	Planos diferentes piezas
5.2.3	Implantación de las piezas en un modelo informático
5.2.4	Simulación informática
5.3	Estudio de viabilidad.
5.3.1	Estudio de costes.
5.3.2	Realización de presupuesto.
<b>6</b>	<b>ENSAYOS DE LOS MATERIALES PREVIOS A SU UTILIZACIÓN EN MISIONES REALES.</b>
6.1	Entrega del material en la UZAP RUA.
6.1.1	Selección de los escenarios en los que se va a probar.
6.1.2	Establecer una serie de controles de calidad que debe aprobar.
6.1.3	Invitar a los ensayos a expertos tanto de aeronaves como de la empresa civil.
6.1.4	Realizar los ensayos de la manera más cercana a la realidad posible.
6.2	Estudio de los fallos y posibles mejoras

6.2.1	Análisis de los fallos reportados y las posibles causas.
6.2.2	Estudio de la viabilidad de subsanación de este fallo y la implantación de mejoras.
6.2.3	Identificar los elementos necesarios para implementar las posibles mejoras y soluciones.
6.2.4	Decidir que mejoras y soluciones implementar.
6.3	Rediseño del material de reparación.
6.3.1	Rediseño de los distintos elementos o componentes involucrados en el fallo.
6.3.2	Repetir la simulación informática con los nuevos componentes.
6.3.3	Construcción del nuevo material modificado.
7	ENTRADA EN DOTACIÓN Y ENVÍO A LA UZAP RUA.
7.1	Transporte del material a la Unidad.
7.1.1	Preparar un lugar para la recepción de los envíos del material.
7.1.2	Asegurarse que el lugar elegido para el almacenaje cumple con las condiciones ambientales adecuadas.
7.1.3	Analizar la disposición de las distintas remesas de material en el almacén para su posterior uso.
7.1.4	Realizar distintos lotes con el material en función de las características de los escenarios más probables.
7.2	Paletizar el material para que tenga la capacidad de ser lanzado.
7.2.1	Contactar con la Unidad de Lanzamiento.
7.2.2	Estudiar el modo en el que se ha de paletizar el material para ser lanzado.
7.2.3	Estudiar el modo en el que se ha de preparar la maquinaria para ser lanzada.
7.2.4	Estudiar las posibilidades de lanzamiento que nos va a ofrecer la entrada en servicio del A400M.
7.2.5	Asegurarse de que en todo momento tenemos el material necesario preparado para realizar una misión.

## ANEXO B

### REPARACIONES:

El paso previo en toda reparación es limpiar de escombros la zona en un **radio de unos 9m** para ayudar a la identificación del pavimento afectado. Es crítico que no se enrase la zona dañada con un pavimento que está dañado. Se debe retirar el pavimento dañado con maquinaria si es necesario. Todos los escombros con un **tamaño mayor a 30 cm** de diámetro deben ser retirados o reducidos de tamaño. Los escombros inservibles se deben situar **al menos a 9m del MOS y no se deben apilar en montones no más altos de 1m de altura.**

Si a la hora de rellenar el cráter, encontramos problemas de asentamiento de este, se debe usar una **mallla geotextil**. Para los pequeños cráteres donde no se puede usar maquinaria pesada para compactar el material de relleno, se deben usar utensilios manuales como pisones de mano. En caso de contar **maquinaria pesada, 4 es el número mínimo de pasadas** con una compactadora-vibradora de **5 toneladas**. Si la compactadora es de **10 toneladas**, basta con **dos pasadas**. El número de pasadas depende del diámetro de la grava utilizada, cuanto más grande sea, mas pasadas debemos hacer. Pero como norma general tan solo contaremos con el pisón de mano o el pisón Wacker. El perfil de la reparación después de ser compactado y alisado no puede ser mayor de **+/- 20mm** de lo contrario la vida de la reparación será más corta. En este tipo de reparaciones (con grava), dependiendo del lugar donde se encuentre, el pavimento dañado, será necesario el recubrimiento con una cubierta FOD.

### Selección del método de reparación:

La matriz que vemos en la tiene validez tanto para pistas de aterrizaje, como para calles de rodaje como para la superficie situada delante de los hangares, siempre teniendo en cuenta el tipo de aeronave. En este caso, en el apartado de FOD Covers, siempre se utilizará CONCRETE CANVAS y no se dispondrá de superficies semi-preparadas

Tabla 10. Matriz de selección del método de reparación.

ADR Methods						
Current Repair Methods	Runway Repair		Taxiway/Apron Repair		Taxiway/Apron Expansion	
	Expedien t	Sustain	Expedien t	Sustain	Expedien t	Sustain
<b>Crater Repair</b>						
Crushed stone with FOD cover	X (1)		X (1)			
Crushed stone without FOD cover	X (2)		X (2)			
Sand grid with FOD cover	X (1)		X (1)			
Stone and grout		X		X		
AM-2 mat	X (3)	X (3)	X	X	X	X
Rapid-set materials	X	X	X	X	X	X
Concrete cap		X		X		X
Asphalt		X		X		X
<b>FOD Covers</b>						
FRP (Army)	X (1)		X (1)			
FRP (Navy)	X (1)		X (1)			
FFM (Air Force)	X (1)		X (1)			
<b>Semi-prepared Surfaces</b>						
Unsurfaced					X (4)	X (4)
Stabilized surface	X (4)		X (4)		X (4)	X (4)
Notes:						
(1) Folded fiberglass mat (FFM)/fiberglass reinforced polyester (FRP) foreign object damage (FOD) covers are suitable only for fighter aircraft and C-130 operations. These FOD covers are not approved for C-17, C-5 Galaxy, C-141 Starlifter, KC-10 Extender, and KC-135 Stratotanker operations.						
(2) Crushed stone repairs without FOD covers are approved for C-17, C-5, C-141, and KC-10 operations only as a last alternative due to potential FOD damage to the aircraft.						



Métodos de evaluación de la reparación:

Criterio de aceptación: la reparación de cráteres debe ser evaluada antes de dar el visto bueno a las operaciones de las aeronaves. Se deben considerar los siguientes aspectos:

- Compactación de la reparación: el material de relleno del cráter debe estar compactado y libre de escombros. Dependiendo del método de reparación utilizado, el espesor y la dureza de la superficie de la reparación también tiene que ser comprobado utilizando un **penetrómetro (DCP)** para determinar los CBRs de cada capa. Estas pruebas deben ser realizadas antes de poner la cubierta FOD, asfalto, hormigón u otra superficie.
- Rugosidad de la superficie: el grado final de la reparación debe ser comprobado usando líneas de cuerda para asegurarse que las condiciones de rugosidad satisfacen las condiciones mínimas. En el caso de reparación con gravilla es de obligado cumplimiento el uso de una cubierta FOD dado que el material podría quedar suelto.

Limpieza: para todos los métodos de reparación, se debe verificar que el área de reparación y las colindantes quedan limpias de objetos que puedan ser succionados por los motores de las aeronaves.

Certificación de aeródromos:

Los procedimientos de reparación llevados a cabo, deben ser documentados en unas fichas estándares. De esta manera quedará reflejado el mantenimiento que deben llevarse a cabo en esas reparaciones teniendo en cuenta el número de pasadas de las aeronaves. También servirá de gran utilidad para futuras reparaciones que tenga que llevar a cabo otro equipo. Al término de las reparaciones se debe facilitar un documento con el estado final de las reparaciones al encargado de mantenimiento del aeródromo.

<b>Airfield Damage Repair Log</b>	
Airfield Name/Location:	Repair Location(s):
Date of Repairs:	Repair Team:
<b>Repair Method:</b> <input type="checkbox"/> Crushed Stone <input type="checkbox"/> Sand Grid <input type="checkbox"/> Stone and Grout <input type="checkbox"/> AM-2 <input type="checkbox"/> Rapid Set Material, _____ <input type="checkbox"/> Concrete Cap <input type="checkbox"/> Asphalt <input type="checkbox"/> Stabilized Surface, Type: _____ Amount: _____ <input type="checkbox"/> Other (describe in Comments)	<b>FOD Cover:</b> <input type="checkbox"/> FRP (Army) <input type="checkbox"/> FRP (Navy) <input type="checkbox"/> FFM (Air Force) <input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Other (describe in Comments)
<b>Repair Criteria:</b> <input type="checkbox"/> Expedient <input type="checkbox"/> Sustainment <input type="checkbox"/> Permanent	<b>Mission Aircraft:</b> <input type="checkbox"/> C-17 <input type="checkbox"/> C-130 <input type="checkbox"/> Other, _____
Comments (type and quality of repair materials, CBR of compacted materials, deviations from approved repair procedures, problems encountered, repair performance to-date, etc):	
Aircraft Traffic (if available):	
Subsequent Maintenance:	
Certification: Engineer on Site: _____ Organization: _____ Date: _____	

Ilustración 8. Ficha de reparación de aeródromos.

Materiales para la reparación de esquirlas:

- Cemento convencional/ lechada: este tipo de materiales, al igual que en la reparación de cráteres, también puede ser utilizada para la reparación de esquirlas, sustituyendo la gravilla por áridos de **76 mm** de diámetro como agregado al cemento. El cemento de secado rápido nos proporcionará una **resistencia a compresión de unos 10,3 MPa en 4 horas de secado**.
- Productos de mezcla en frío: diversos test llevados a cabo con este tipo de productos han concluido con un éxito limitado. El asfalto convencional de mezcla en frío es adecuado para reparaciones de unos **60 cm de diámetro y unos 20 cm de profundidad**. Los parches patentados pueden ser usados tanto para pequeñas como para grandes reparaciones de esquirlas, sin embargo este material tiende a adquirir la deformación de la rodada fácilmente.
- Productos patentados: numerosos materiales especiales para este tipo de reparaciones están siendo desarrollados. Algunos, particularmente los cementos de rápida instalación, han sido testados y aprobados para este tipo de reparaciones. Cualquier tipo de producto debe ser certificado antes de ser utilizado.

Cubiertas FOD:

Como ya se ha comentado, la Unidad en estudio utilizará el producto CONCRETE CANVAS como cubierta FOD. Las cubiertas FOD **no deben estar instaladas con más de 5 grados de desalineación con el paralelo central de la pista**. Se deben comprobar las uniones de los pernos y verificar que todas las uniones de los paneles están en correcto estado y son seguras. Los bordes laterales de las cubiertas FOD también deben ser ancladas si la cubierta se localiza en un área donde las aeronaves necesiten girar.

Instalación y endurecimiento: si las reparaciones son cubiertas con hormigón, lechada o materiales de secado rápido, verificar que la superficie del material se ha endurecido previamente a que comiencen las operaciones de las aeronaves. Las comprobaciones se pueden llevar a cabo con un objeto pesado para comprobar si ya ha solidificado. Se recomienda seguir rigurosamente los tiempos de secado de los materiales.

Las cubiertas FOD son necesarias para prevenir daños en los motores de los aviones. Existen variedad de tipos de cubiertas como por ejemplo paneles de fibra de vidrio reforzado de 13mm de grosor y distintas medidas.

La instalación de las cubiertas se debe realizar de manera que los bordes del cráter queden al menos 30cm en el interior de estas. En nuestro caso las cubiertas FOD que van a ser utilizadas es el material **CONCRETE CANVAS**, que se detalla ampliamente más adelante.

**Anclaje de las cubiertas:** en el caso de que el pavimento sea de hormigón se debe taladrar el pavimento a una profundidad de unos **20cm** asegurándonos que los taladros coinciden con los lugares de anclaje de la cubierta. Los tornillos se deben apretar con una **fuerza de unos 80J**.

En nuestro caso el anclaje se realizara con una herramienta clavadora a pólvora, como recomienda el fabricante de nuestra cubierta y para facilitar la logística de la misión.

A continuación, las siguientes tablas se especifican las proporciones y tipo de roca de balasto y gravilla que se deben emplear en las reparaciones explicadas en el apartado de **REPARACIÓN DE CRÁTERES**

[Tabla 11. Especificaciones para roca de basalto.](#)

U.S. Standard Sieve Size	Allowable Range (Weight % Passing)
3 in.	100
2-1/2 in.	90 – 100
2 in.	35 – 100
1-1/2 in.	0 – 70
1 in.	0 – 15
3/4 in.	0 – 10
1/2 in.	0 – 5

Tabla 12. Especificaciones para gravilla.

Sieve Designation	Crushed Stone		
	No. 1	No. 2	No. 3
76 mm (3 in.)	--	--	--
64 mm (2.5 in.)	--	--	--
50 mm (2 in.)	100	--	--
37.5 mm (1.5 in.)	70-100	100	--
25 mm (1 in.)	45-80	60-100	100
19.1 mm (3/4 in.)	--	--	--
12.5 mm (1/2 in.)	30-60	30-65	40-70
4.75 mm (No. 4)	20-50	20-50	20-50
2.0 mm (No. 10)	15-40	15-40	15-40
0.425 mm (No. 40)	5-25	5-25	5-25
0.075 mm (No. 200)	0-8	0-8	0-8

## ANEXO C

### MANTENIMIENTO DE AERODROMOS.

- Estabilización de Losas:

El objetivo es llenar los pequeños vacíos que queden debajo de la losa, en juntas y grietas así como restablecer un soporte uniforme. Es decir, llenar los vacíos sin levantar la losa. Es una actividad preventiva y/o correctiva. Sin el apoyo adecuado de las losas, se puede producir escalonamiento, roturas de esquina y agrietamiento extenso. Estos fenómenos producen grandes daños en los trenes de aterrizaje de los aviones, por lo que es un aspecto que se debe tratar con sumo cuidado.

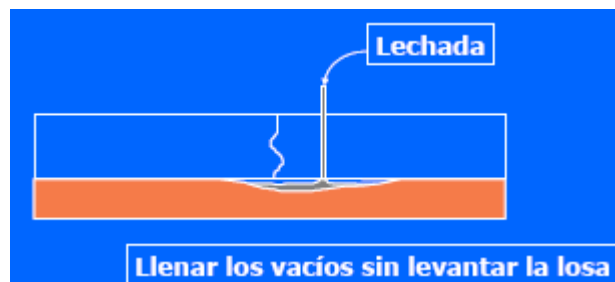


Ilustración 9. Estabilización de losas.

- Reparación de espesor completo:

El objetivo de esta reparación es restaurar la capacidad estructural de la losa:

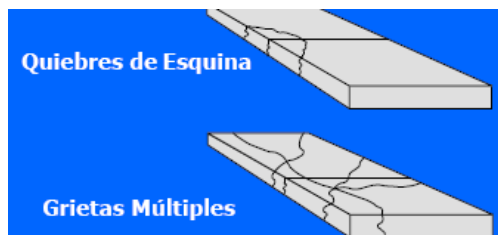


Ilustración 10. Reparación de espesor completo.

Como podemos observar en el gráfico, este tipo de reparación se realiza cuando el sector dañado tiene lugar entre varias losas o en la esquina de una losa. El modo en el que se ha de llevar a cabo esta reparación es remover y reemplazar el sector dañado haciendo uso de una tronadora.



Ilustración 11. Sustitución completa.

Una vez hemos retirado el sector dañado de la losa, el procedimiento prosigue con la instalación de barras de refuerzo a los sectores colindantes en buen estado. El problema es que la UZAP RUA no cuenta con la maquinaria necesaria para realizar este trabajo, dado que se trata de una unidad de reparación de urgencia.

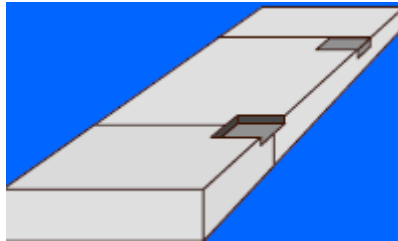


**Ilustración 12. Instalación de barras de traspaso de carga.**

Como alternativa a este método, y con el mismo propósito la UZAP RUA puede utilizar el taladro manual para perforar el hormigón e introducir barras de acero corrugado que transmitan las tensiones a las losas existentes y posteriormente realizar el hormigonado in situ en el vano de la losa. Sin embargo, la mayoría de las veces la Unidad no realizará este tipo de reparación, sino que el vano dejado por la losa de hormigón, ya sea por la sustitución de esta o por el cráter que haya producido una explosión en la pista, será rellenado con capas de áridos y arenas compactados cubiertos finalmente con una manta de Concrete Canvas.

- Reparación de espesor parcial:

Esta reparación tiene como objetivo la remoción y el reemplazo del hormigón superficial deteriorado. Esta técnica solo será realizada por la UZAP RUA en aquellos lugares críticos de la pista, es decir donde las aeronaves tomen tierra. De lo contrario, el deterioro no se encuentra en un lugar crítico para la seguridad de las aeronaves, no se considerará reparación de urgencia.



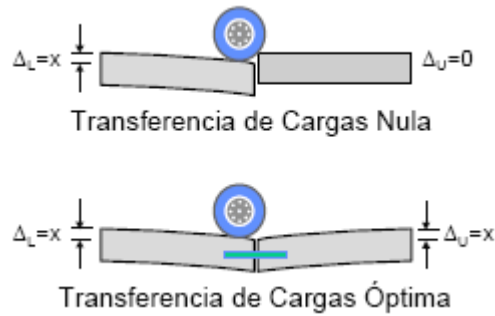
**Ilustración 13. Reparación de espesor parcial.**



**Ilustración 14. Reparación de espesor parcial B.**

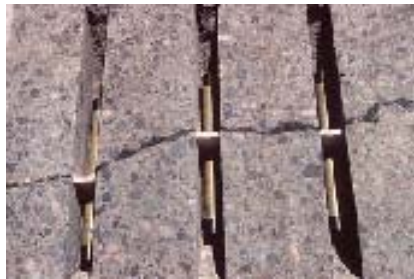
- Colocación de barras de traspaso de cargas:

El objetivo es restablecer la transferencia de cargas en juntas y grietas con el propósito de prevenir escalonamientos futuros. Del mismo modo que se ha comentado en la técnica anterior, esta reparación solo se llevara a cabo en los lugares críticos de la pista de aterrizaje, dado que la UZAP RUA no cuenta con los medios para realizar esta reparación completa. El siguiente grafico muestra cuando es necesaria esta reparación:



**Ilustración 15. Barras de transferencia de carga.**

Para llevar a cabo la colocación de las barras de traspaso de cargas no es necesario retirar una losa y volver a hormigonar, como hemos visto anteriormente. Es suficiente con crear con la tronzadora unas ranuras longitudinales entre dos losas donde posteriormente vamos a introducir las barras. Finalmente se vierte hormigón en la ranura donde se ha introducido la barra de traspaso.



**Ilustración 16. Instalación barras transferencia.**

La industria ha desarrollado materiales que permiten ejecutar estas reparaciones y su puesta en servicio en 6 horas o menos. Con estas reparaciones podemos restablecer las condiciones originales de construcción o incluso mejorarlas. Gracias a estas pequeñas reparaciones se reduce la necesidad de reparaciones mayores y más costosas. Cada euro invertido en reparaciones de mantenimiento preventivo apropiadamente programado se ahorra de 4 a 5 euros en costos de rehabilitación futura.

## ANEXO D

### CONCRETE CANVAS

Tabla 13. Hoja técnica CONCRETE CANVAS.

CC	Thickness (mm)	Batch Roll Size (sqm)	Bulk Roll Size (sqm)	Roll Width (m)
CC5	5	10	200	1.0
CC8	8	5	125	1.1
CC13	13	N/A	80	1.1

CC	Mass (unset) (kg/m <sup>2</sup> )	Density (unset) (kg/m <sup>3</sup> )	Density (set) (kg/m <sup>3</sup> )
CC5	7.0	1500	+30-35%
CC8	12.0	1500	+30-35%
CC13	19.0	1500	+30-35%

Se debe rehidratar la manta si se está instalando la CC5 (5 mm de espesor), o si estamos trabajando en clima muy cálidos.

Debemos tener en cuenta varios aspectos:

- La manta no se sobrehidrata, por lo que el exceso de agua siempre es recomendable.
- La mínima relación de agua y cemento es 1:2 en peso.
- No se debe utilizar agua a presión sobre la manta, debido a que puede dañar el material.
- La manta se puede hidratar con agua marina, incluso fragua bajo el agua.
- La trabajabilidad después del fraguado se reducirá en climas cálidos.
- La manta endurece en 24h pero sigue ganando resistencia con los años.
- En caso de una falta de hidratación, la resistencia puede verse reducida.

Resistencia:

Una característica fundamental de la Manta de Hormigón es su muy alta resistencia inicial. Se indican a continuación resistencias típicas y características físicas:

Ensayos a compresión basados en ASTM C473-07

- Tensión de rotura a la compresión a 10 días (Mpa): 40
- Modulo de Young a la compresión a 10 días (Mpa): 1500

Ensayos de flexión basados en BS EN 12467:2004

- Tensión de rotura al curvado 10 días (Mpa): 3.4
- Modulo de Young al curvado a 10 días (Mpa) : 180

Tabla 14. Resistencia a tracción-primer fisura.

	Tensile strength (kN/m)	
	Length direction	Width direction
<b>CC5</b>	6.7	3.8
<b>CC8</b>	8.6	6.6
<b>CC13</b>	19.5	12.8

Resistencia a la abrasión (DIN 52108):

- similar a la resistencia al desgaste cerámica – Max 0,10 gm/cm<sup>2</sup>

Coefficiente de Manning (ASTM D6460) n=0,011

Dureza de MOHS 4-5

CBR Resistencia al Punzonamiento (en ISO 12236: 2007 (solamente CC8 y CC13))

- Min: fuerza 2,69 KN.
- Max: deformación 38 mm.

Resistencia cargas y tráfico: (EN 1991-1-1:2002 (solamente CC8 y CC13))

- Categoría G
- Peso bruto vehículo de 2 ejes 30 a 160 kN
- Carga uniformemente distribuida de 5 kN/m<sup>2</sup>.

Norma Resistencia a Impacto de revestimiento de tuberías ASTM G13 (CC13)

Otros:

- Hielo-deshielo (EN 12467:2004 part 5.5.2)
- Mojado-secado (EN 12467:2004 part 5.5.5)
- Impermeabilidad (EN 12467:2004 part 5.4.4)
- Tasa de transmisión de vapor
  - Espesor de PVC: 0,42mm.
  - Rango TTV PVC: 0,836-0,924 g.mm / (m<sup>2</sup> dia)
- Presión estática: ≤ 3000 mm.
- Reacción al fuego: la manta ha sido certificada como Euroclase B: BS EN 13501-1:2007+A1:2009.

A continuación se presenta el gráfico que muestra la disminución del NPR tras haber tomado las medidas necesarias en los fallos estructurales del producto que se indican en el análisis ANFE.



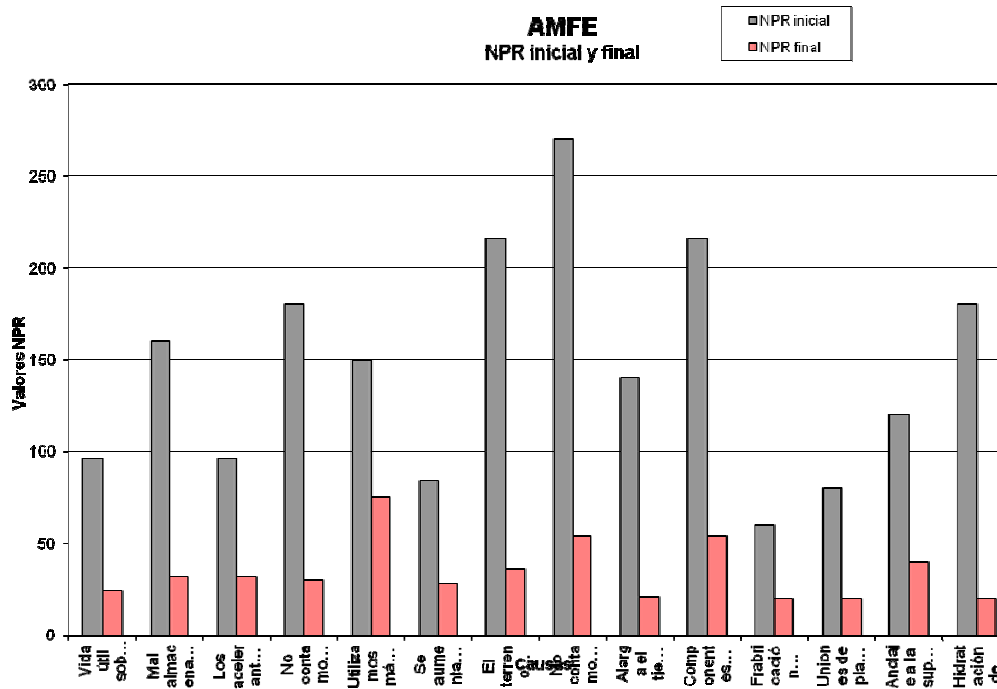


Ilustración 17. Gráfico comparatorio ANFE

También se expone la tabla de resultados en los cuales se basa el análisis de Pareto realizado en el apartado de **DAÑOS Y REPARACIONES** como complemento a la gráfica que acompaña a dicho análisis.

Tabla 15. Análisis de Pareto

CAUSAS	Nº FALLOS	%	% TOTAL
Moldeado de las mantas muy complicado.	53	32,1	32,1
Difícil fijación de las mantas al pavimento.	47	28,4	60,6
Tiempo de fraguado excesivo.	21	12,7	73,3
El peso de los embalajes es excesivo para una sola persona.	10	6,0	79,3
Capacidad portante de las planchas no es suficiente.	9	5,4	84,8
Las mantas no soportan que una aeronave pivote.	8	4,8	89,6
Los embalajes del material no protegen lo suficiente.	8	4,8	94,5
A altas temperaturas la manta fragua demasiado rápido.	4	2,4	96,9
Las uniones entre las mantas no son de calidad.	3	1,8	98,7
El material no soporta incendios.	2	1,2	100
	165		

## ANEXO E

### PRODUCTOS DE REPARACIÓN.

- Lechada que no encoge de alta resistencia:

La lechada de resistencia rápida es ampliamente usada para una reparación rápida de pavimentos de hormigón, pistas de aterrizaje de aeropuertos, sellado y conectado, anclaje, así como también el llenado y refuerzo de grietas en estructuras de construcción civil.

Tabla 16. Información técnica

Fuerza de compresión MPa					Fluidez (mm)	Índice de expansión (%)	Tiempo de aplicación (min)
1.5 horas	2 horas	1 día	3 días	28 días			
≥15	≥20	≥30	≥40	≥60	≥270	≥0.02	20

MUHU es un fabricante especializado en este tipo de lechada de alta resistencia en China. También produce aditivos condensados para concreto de formaldehído de fenil amino acrisulfonato, acelerantes para hormigón lanzado, compuesto de curado de concreto, sellador de polisulfuro, etc. (MUHU Construction Materials Co. Ltd. fabricante chino de aditivos para hormigón, 2013)

- Agente de tratamiento superficial para hormigón, tipo MNC-302:

El agente de tratamiento superficial para hormigón es aplicable para la unión de hormigón nuevo o viejo para juntas de construcción, refuerzo de vigas de columna, reconstrucción de bases antiguas, entre otras, lo que puede aumentar la adhesión del mortero del cemento al suelo.

También, puede ser usado para tratar paredes internas y externas, interfaz de tratado y reparación de partes no estructurales de hormigón a base de yeso, reparación de la superficie de barras de acero y concreto, para unir firmemente con revestimiento de poliuretano y fachada de ladrillo, etc., incluso bajo ambientes húmedos.

Además, el yeso de base suavemente aplicado a nuestro producto puede reemplazar procesos como limpieza y desgrasado alcalino, cincelado artificial, etc., para aumentar la fuerza de unión de más de 10 veces más alto.

Dosis y embalaje: el consumo de gel del agente de tratamiento superficial para hormigón varía de **200-250g/m<sup>2</sup> o de 4-5kg/m<sup>2</sup>**. Cada grupo de nuestro producto pesa **6 kg**.

Como fabricante especializado en agentes de tratamiento superficial para concreto en China, la empresa fabricante ofrece una amplia cantidad de productos incluyendo aditivos condensados para concreto de melamina sulfonato formaldehído, mortero de reparación de concreto, agentes desmoldantes de concreto, entre otros (MUHU Construction Materials Co. Ltd. fabricante chino de aditivos para hormigón, 2013).

- Adhesivo de reparación de grietas de hormigón, tipo AB:

El adhesivo de reparación de grietas de hormigón es principalmente aplicado para arreglar grietas de proyectos como edificios, puentes, pavimentos, etc. Además, puede ser usado para reparar micro-grietas en componentes estructurales de hormigón, refuerzo duradero, perfusión y unión de espacios, llenado y sellado, así como también la perfusión y unión entre concreto y productos de acero.

Embalaje: cada grupo de adhesivos de reparación de grietas de concreto pesa **5 kg**. (MUHU Construction Materials Co. Ltd. fabricante chino de aditivos para hormigón, 2013)

- Fibra para hormigón, tipo Monofilamento de polipropileno:

La fibra para hormigón tipo monofilamento de polipropileno, también conocida como micro fibra de polipropileno, es una fibra de monofilamento de alta resistencia. Es producida por lotes maestros funcionales modificados con un tratamiento superficial especial, que es una tecnología extranjera introducida por la empresa fabricante.

La fibra de concreto puede ser ampliamente usada para características a prueba de agua de trabajos subterráneos, ingeniería industrial y civil como techos, paredes, suelos, piscinas y sótanos, ingeniería municipal como aeropuertos, subterráneos, durmientes, depósitos, autopistas, piezas prefabricadas y hormigón rociado, así como también ingeniería de calles y puentes, etc.

**Tabla 17. Propiedades de la fibra para hormigón**

Ingredientes procesar	sin Polipropileno	Tipo de fibra	Monofilamento
<b>Forma de sección</b>	Trilobalo circular	Diámetro equivalente	15 ~ 45µm
<b>Peso específico</b>	0.91~0.93	Longitud	20mm
<b>Color</b>	Natural	Fuerza de tensión	> 500MPa
<b>Elongación quiebres</b>	en $\geq 8\%$	Módulo de elasticidad	$\geq 3850$ MPa
<b>Punto de fusión</b>	160 ~ 180 °C	Resistencia ácida y alcalina, fuerza de retención	$\geq 94.4\%$
<b>Absorción de agua</b>	Ninguna	Conductividad térmica	Baja

Embalaje: de acuerdo a su longitud, las especificaciones básicas de la fibra para concreto pueden ser clasificadas como 3, 6, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36 y 40 mm. Su embalaje interno es una lámina plástica con 9 o 10 kg por bolsa, mientras que el embalaje externo es una bolsa tejida con 18 o 20 kg cada una. Además, el producto, almacenado en lugares secos y ventilados, puede ser producido y embalado de acuerdo a los requisitos del cliente (Fibras de propileno para reforzamiento de matrices de cemento, 2012).

- Concrex Mortero Epoxi para hormigón:

Compuesto de una fina arena de cuarzo pre-mezclada con una exclusiva fórmula de resinas epoxi Novolac, este mortero es hasta 8 veces más fuerte que el hormigón lo que le permitirá reparar los pavimentos industriales definitivamente. Estas virtudes no solo disminuyen el tiempo de preparación sino que también le permitirán reparar la superficie mucho antes. Diseñado para soportar el uso continuo, las reparaciones en suelos industriales resultarán en una solución permanente a los problemas comunes en pavimentos de hormigón:

- Fácil de mezclar y aplicar
- Secado rápido
- No encoge al secar
- Puede ser terminado al ras
- Apto para uso interior o exterior
- Excelente vida útil de la mezcla, hasta 1 hora para ser aplicado
- Una vez curado posee una gran resistencia química
- Provee una superficie antideslizante, lisa e impermeable

**Tabla 18. Tiempos de curado y vida útil de los componentes mezclados**

	Vida Útil Mezcla	Tránsito Peatón	Tránsito Vehicular
--	---------------------	--------------------	-----------------------

<b>Concrex Original</b>	1 hr	3 hr	8 hr
<b>Concrex Rápido</b>	30min	2hr	3 hr
<b>Concrex Frío</b>	1hr	24hr	48hr

<b>Uso- Interior/Exterior</b>	<b>Interior o exterior</b>
<b>Uso- Apto para</b>	Hormigón, cemento y arena, metal, piedra, epoxi, mortero, ladrillo
<b>Usos- Superficies</b>	Suelos, Rampas, Escalones, naves, puentes, edificios,
<b>Temperatura Operativa (Máxima)</b>	60°C
<b>Cobertura</b>	1.2m <sup>2</sup> a 5mm de espesor cada 10Kg
<b>Aplicación- Tiempo de Curado</b>	Ver tabla en información general
<b>Vida útil de la Mezcla</b>	A 20°C: 30min - 1 hora
<b>Condiciones de aplicación</b>	Seco (o use Agarre Plus Humedad sobre superficies mojadas)

Preparación de la Superficie: las superficies deben estar limpias, secas y libres de todo material suelto o mal adherido. Se recomienda realizar la preparación por medios mecánicos, puede utilizarse un cepillo metálico. Con la finalidad de garantizar la adherencia de Concrex, se recomienda eliminar cualquier resto de grasas y/o aceites lavando la superficie con Bio-D Watco o un detergente emulsionante.

Aplicación: coloque la mezcla de mortero sobre la superficie dañada y trabaje el área con una llana, como trabaja un mortero de hormigón. Realice la terminación al ras.

Además de todos estos productos que podemos utilizar en las reparaciones de los pavimentos, existe un medidor complementario a la utilización de estos productos, ya que en ocasiones se utilizara para determinar qué tipo de reparación se debe utilizar o para ver el estado en el que ha quedado la misma: (WATCO, especialista en productos de mantenimiento industrial, 2014)

- Sensor de profundidad y superficie para pistas de aterrizaje DRS511:
  - Varias mediciones combinadas en forma compacta en un sensor:
  - Sensor de temperatura de superficie.
  - Sensor de temperatura del suelo a 60 mm de profundidad.
  - Sensor de temperatura de profundidad adicional a 300 mm de profundidad.
  - Depresión del punto de congelación / Cantidad de productos químicos.
  - Estado de la superficie (grosor de la capa de agua / hielo, presencia de nieve).
  - Alarmas y advertencias.
  - Advertencia de lluvia.
  - Advertencia de escarcha.
  - Advertencia de hielo.
  - Alarma de hielo.
  - Principio térmicamente pasivo; no afecta la superficie que se mide.
  - Diseño en epoxi resistente; el sensor se puede desgastar hasta 35 mm.
  - Se puede instalar directamente en la vía.

(empresa VAISALA, experta en mediciones ambientales e industriales, 2014)

## ANEXO F

### Análisis DAFO

#### Debilidades:

- Es una Unidad que necesita protección exterior de personal de Infantería o Caballería.
- Debido a su forma de trabajo, no puede trabajar en las proximidades del enemigo.
- No puede realizar la misión con sorpresa y operaciones encubiertas.
- Requiere grandes conocimientos técnicos así como materiales muy específico y maquinaria pesada.
- Llevar a cabo la misión requiere mucho tiempo.
- En caso de ser sorprendidos por el enemigo, es muy difícil replegarse sin dejar atrás maquinaria y material muy valioso.

#### Amenazas:

- Empresas de seguridad privada que sean capaces de realizar la misma misión.
- Aprovechamiento por parte de los proveedores para realizar una política de precios abusiva.
- Posible falta de escenarios donde sea necesario realizar la misión de la unidad.
- El incremento de usos de helicópteros, lo que haría que no fuese necesario reparar pistas de aterrizaje.
- Aeronaves que sean capaces de tomar tierra en condiciones muy desfavorables.
- Que el Mando considere que esta unidad no es necesaria.

#### Fortalezas:

- La misión que realiza esta unidad es cada vez más necesaria en el contexto bélico que se desarrolla actualmente.
- No solo tiene cabida en misiones militares sino también en las de carácter humanitario.
- Al ser una unidad de carácter paracaidista, el tiempo de llegada al punto es muy rápido.
- El coste de la creación de la unidad no tiene porque ser alto dado que el Ejército ya cuenta con la mayoría de la maquinaria y el personal necesario para llevar a cabo la misión.
- Las empresas civiles que proveen del material necesario para llevar a cabo la misión son muy numerosas.
- Son numerosos los distintos materiales que se están desarrollando en la actualidad para la reparación de asfalto y pistas de aterrizaje.
- El personal de Ingenieros del Ejército está capacitado en un alto porcentaje para llevar a cabo este tipo de trabajo.

#### Oportunidades:

- Crecientes escenarios de conflictos en países africanos en los que es muy difícil acceder si no es por aire.
- Concienciación por parte de las guerrillas locales de la importancia de puntos estratégicos como aeropuertos, por lo que centran sus ataques sobre ellos.
- Constante envío de ayuda humanitaria por vía aérea.
- Creciente globalización de la población, lo que hace que numerosos españoles se encuentren en lugares donde estallan conflictos y tengan que ser evacuados.
- Concienciación de ayuda internacional ante catástrofes naturales, lo que provoca que numerosos contingentes de multitud de países tengan que viajar a países que han sufrido daños en sus estructuras aeroportuarias.

- Invencción de materiales que consiguen que la reparaci3n del asfalto de los aer3dromos sea una tarea r3pida y no demasiado complicada.

### **An3lisis econ3mico de la unidad en funcionamiento**

#### *Personal:*

- 24 Soldados (Tropa, grupo C2): 1080 €/mes por persona: **349.920 €/año**
- 6 Cabos/Cabo 1º (Tropa, grupo C1): 1293 €/mes por persona: **104.733 €/año**
- 3 Sgto. /Sgto. 1º (Suboficial, grupo A2): 1685 €/mes por persona: **68.242 €/año**
- 1 Teniente (Oficial, grupo A1): 1950 €/mes por persona: **26.325 €/año**

Gasto total de personal al año: 549.220 €, que aumenta hasta 741.447 € si tenemos en cuenta el 35% aprox. de gastos de patronal, etc.

La relaci3n nominal del personal se puede ver en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** junto con el puesto t3ctico, armamento y cometidos que tiene cada uno. (Retribuciones Brutas Mensuales Escala de Tropa, Suboficiales y Oficiales., 2011)

#### *Materiales:*

- Rollos de CONCRETE CANVAS de 8mm de espesor y de 5 m<sup>2</sup> (peso 60kg.): 364,72 €
  - Se prevé una demanda de 20 unidades/año: **7.294 €/año**
- Rollos de CONCRETE CANVAS de 5mm de espesor y de 10 m<sup>2</sup> (peso 80kg.): 493,25 €
  - Se prevé una demanda de 20 unidades/año: **9.865 €/año**
- 1 Bobina de CONCRETE CANVAS de 13mm de espesor y 80m<sup>2</sup> (para instrucci3n sin necesidad de ser lanzado, peso 1520kg.): **6.092 €/año** (empresa brit3nica de venta de productos de construcci3n, 2013)
- Saco de cemento r3pido de 20kg. "avión": 6,01 €
  - Se prevé una demanda de 400 unidades/año: **2.404 €/año** (Hispavista, 2013)
- Geotextil de poliéster 150gr/m<sup>2</sup> : 1,15€/m<sup>2</sup>
  - Se prevé una demanda de 500 m<sup>2</sup>/año: **575 €/año** (YONA Impermeabilizaciones, tienda online, 2014)
- Resina epoxi ignifuga de 7 kg : 233,87 €
  - Se prevé una demanda de 70 kg/año: **2.338 €/año** (RESINECO tienda online, 2014)
- Sellador asfáltico de aplicaci3n en frió, 5L: 24,78 €
  - Se prevé una demanda de 25L/año: **124 €/año** (COSTONET, 2014)
- Barras de acero corrugado de 32mm B500S: 5,74 €/m lineal.
  - Se prevé una demanda de 50m al año: **287 €/año** (INCAFE 2000 almacén de hierro, 2014)

Gasto total de materiales al año: 28.979 €

#### *Mantenimiento:*

- Retroexcavadora JCB: se prevé 200h/año de trabajo y consume 4L/h de trabajo. Suponiendo un precio medio de combustible de 1,3 €/L: 1.040 €/año. A esta cantidad le sumamos un 20% de costes de mantenimiento de aceites, filtros etc. con lo que el coste final es: **1.248 €/año**. (Fichas Técnicas JCB 4CX C, 2013) (Precio del combustible en tiempo real, 2014)
- Mini maquina BOBCAT: se prevé 400h/año de trabajo con un consumo medio de unos 12L por hora de trabajo. Al precio del combustible le ańadimos el 20% de costes de mantenimiento con lo

que obtenemos el coste final de: **7.488 €/año.** (BOBCAT, 2013) (Precio del combustible en tiempo real, 2014)

Habiéndose basado en estudios históricos de diferentes unidades militares, se puede afirmar que el coste en reparaciones anuales de la maquinaria así como en repuestos es de **6.000 € aprox.**

Gasto total de mantenimiento al año: 14.736 €

Por lo que el gasto total aproximado de funcionamiento de la Unidad en el periodo de un año es: 592.935 €.

### **Análisis económico del proyecto de creación de la Unidad**

- Grupo A: Ingeniero o licenciado: 41.090,82 €/año
- Grupo B: Diplomado: 36.322,12 €/año
- Grupo C: Bachiller: 29.143,02 €/año
- Grupo D: Graduado Escolar: 25.535,24 €/año

Costes de personal (Retribuciones del Personal Funcionario, Haber Regulador y Cuotas de MUFACE y Derechos Pasivos, 2013):

Personal interno:

Desarrollo:

- Responsable de Compras y Asignaciones: Grupo A
- Responsable de Logística: Grupo A
- Responsable de RR.HH: Grupo A
- Auxiliar Administrativo: Grupo C
- Técnico Informático: Grupo B

Calidad:

- Responsable de Calidad: Grupo A
- Técnico de Calidad: Grupo C

Ingeniería:

- Responsable de Materiales: Grupo A
- Responsable Aeronáutico: Grupo A

Control del proyecto:

- Jefe del Proyecto: Grupo A
- Secretaría de Dirección: Grupo C

Coste total de personal interno: **411.386,92 €.**

Personal externo:

Auditor externo: El coste aproximado de una auditoría de tres días realizada por un auditor es de 1.200 €. Según las características de este proyecto, se estima necesario realizar una auditoría al trimestre, por lo que el coste en el año de proyecto es: 4.800 €

(Empresa Auditora TYCCAL, 2014)

Coste total de personal externo: **4.800 €.**

Servicios externos contratados:

Debido a la naturaleza del proyecto, todos los servicios externos que realicen organismos gubernamentales del ámbito de la Defensa no supondrán ningún costo para el mismo.

Ingeniería:

Asesoramiento de Instituto Nacional Técnicas Aeronáuticas: sin coste.

Laboratorio de pruebas:

Laboratorio Central del Ejército: sin coste.

Instituto tecnológico de la Marañosa: sin coste.

Certificaciones producto:

Empresa certificadora ASECAL: 10.000 – 12.000 €

(Empresa Certificadora ASECAL, 2014)

Aprobaciones producto:

Homologación final: Llevada a cabo por el CLAEX (Centro Logístico de Armamento y Experimentación): sin coste.

Coste total de los servicios externos contratados: **10.000 – 12.000 €**

Prototipado y homologación:

Materiales de prototipos y Muestras para la Homologación:

Coste de las muestras compradas a CONCRETE CANVAS: 1 Bobina de 13mm de espesor y 80m<sup>2</sup>: 6.092 € (empresa británica de venta de productos de construcción, 2013)

Coste total de prototipado y homologación: **6.092 €.**

Por tanto, el coste final aproximado del diseño y organización de la UZAP RUA: **433.278,92 €.**



## ANEXO G

### RELACIÓN DEL PERSONAL DE LA UNIDAD.

Tabla 19. Personal de la Unidad.

COD.PT	SUBCOD	UNIDAD	INFERIOR	SUBUNIDAD	EMPLEO	PUESTO CRITICO	PUESTO TACTICO	CURSO	OBSERVACIONES	PISTOLA	FUSA	AG36	MG4	GVN	RTF	VEHICULO
UZAPAC004	SAPO 001	UZAPAC	SAPO	MANDO	TTE		JEFE SAPO			X	X			X	RTFL	
UZAPAC005	SAPO 002	UZAPAC	SAPO	PLM	MPT		CIS				X				RTFM	
UZAPAC006	SAPO 003	UZAPAC	SAPO	EQ. EOD 1	SUBOF	X	OPERADOR EOD 1	EOD		X	X			X	RTFL	
UZAPAC007	SAPO 004	UZAPAC	SAPO	EQ. EOD 1	SUBOF	X	OPERADOR EOD 2	EOD		X	X				RTFL	
UZAPAC008	SAPO 005	UZAPAC	SAPO	EQ. EOD 1	MPT		AUXILIAR	PREF. EOR			X				RTFM	
UZAPAC009	SAPO 006	UZAPAC	SAPO	EQ. EOD 2	SUBOF	X	OPERADOR EOD 1	EOD		X	X			X	RTFL	
UZAPAC010	SAPO 007	UZAPAC	SAPO	EQ. EOD 2	SUBOF	X	OPERADOR EOD 2	EOD		X	X				RTFL	
UZAPAC011	SAPO 008	UZAPAC	SAPO	EQ. EOD 2	MPT		AUXILIAR	PREF. EOR			X				RTFM	
UZAPAC012	SAPO 009	UZAPAC	SAPO	PN LRUA	SGTO 1º/SGTO		JEFE PELOTÓN			X	X			X	RTFL	
UZAPAC013	SAPO 010	UZAPAC	SAPO	PN LRUA	MPT		OP.CIS				X				RTFM	
UZAPAC014	SAPO 011	UZAPAC	SAPO	PN LRUA	MPT		CONDUCTOR MULA	B/MULA			X					MULA
UZAPAC015	SAPO 012	UZAPAC	SAPO	PN LRUA	MPT		ZAPADOR				X					
UZAPAC016	SAPO 013	UZAPAC	SAPO	PN LRUA	MPT		ZAPADOR				X					
UZAPAC017	SAPO 014	UZAPAC	SAPO	PN LRUA	MPT		ZAPADOR				X					
UZAPAC018	SAPO 015	UZAPAC	SAPO	PN LRUA	MPT		ZAPADOR				X					
UZAPAC019	SAPO 016	UZAPAC	SAPO	PN LRUA	MPT		ZAPADOR				X					
UZAPAC020	SAPO 017	UZAPAC	SAPO	PN LRUA	MPT		OP. MAQUINA	B/MINIMAQ			X					MINIMAQ
UZAPAC021	SAPO 018	UZAPAC	SAPO	PN LRUA	MPT		OP. MAQUINA	B/MINIMAQ			X					MINIMAQ
UZAPAC022	SAPO 019	UZAPAC	SAPO	EQ. RECO	SGTO 1º/SGTO	X	JEFE EQ. RECO	PREF. ZAP. ANFIBIO		X	X			X	RTFL	
UZAPAC023	SAPO 020	UZAPAC	SAPO	EQ. RECO	MPT	X	ZAPADOR/BUCEADOR	PREF. BUCEADOR			X				RTFM	
UZAPAC024	SAPO 021	UZAPAC	SAPO	EQ. RECO	MPT	X	ZAPADOR/BUCEADOR	PREF. BUCEADOR			X					
UZAPAC025	SAPO 022	UZAPAC	SAPO	EQ. RECO	MPT	X	ZAPADOR/BUCEADOR	PREF. BUCEADOR			X					
UZAPAC026	SAPO 023	UZAPAC	SAPO	EQ. RECO	MPT	X	ZAPADOR/BUCEADOR	PREF. BUCEADOR			X					

## ANEXO H

PREPARACIÓN DE LA CARGA CON LA QUE SE LANZA LA UNIDAD.



Ilustración 18. Cajón de carga.

Tabla 20. Validación cargas lanzables.

HOJA DE VALIDACIÓN DE CARGAS LANZABLES		
FICHA TÉCNICA:	T10/026 L	
LIMITACIONES		
GEOMETRÍA DE LA CARGA: (Con paracaldas)	ANCHURA MÁXIMA (A) en mm	1080
	ALTURA MÁXIMA (B) en mm: (Medida desde la parte más baja de la plataforma)	1400
	LONGITUD MÁXIMA (L) en mm:	1920
	MÁXIMO ÁNGULO DE APERTURA (C) en °:	----
PESOS: (Con paracaldas)	PESO MÁXIMO en kg:	700
	PESO MÍNIMO en kg:	325
POSICIÓN CENTRO DE GRAVEDAD	LONGITUDINAL MÁX/MIN en mm: (Ejes avión, origen borde Interior)	CENTRADO
	TRANSVERSAL MÁX/MIN en mm:	CENTRADO
CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:	TIPO DE PLATAFORMA:	MADERA
	DIMENSIONES DE LA PLATAFORMA:	108X192cm
	TIPO DE LIBERADOR:	FXC, 5000 lb
	TIPO DE SISTEMA EXTRACTOR:	GRAVEDAD LCDR
	TIPO DE PARACAIDAS EXTRACTOR:	N/P
	LONGITUD BANDA EXTRACTORA	N/P
	Nº VUELTAS BANDA EXTRACTORA:	N/P
PUNTOS DE AMARRE DE EMERGENCIA:	N/P	
HONEY COMB:	CUMPLIRÁ: MIL-H-9884E y el STANAG 3778	
MÁXIMO ESCALÓN ENTRE MÓDULOS DE PLATAFORMA: (PENDIENTE DE ESTUDIO)	N/P	
CUMPLIRÁ LAS NORMAS: EN CASO DE CONFLICTO ENTRE ELLAS SE APLICARÁ LA MÁS RESTRICTIVA	-USAF TO 13 C7-1-5 -USAF TO 13 C7-51-11 -USAF TO 1C-130A-9 -NORMA DE LANZAMIENTO PARACAIDISTA C-3-002 -STANAG 3854 -AFJMAN 24-204/TM 36-250	
DOCUMENTACIÓN Y MARCAS QUE ACOMPAÑA A LA CARGA	-HOJA INSPECCIÓN CONJUNTA DE LA UNIDAD AÉREA CUMPLIMENTADA (SEGÚN C-3-002, IMPRESO 1748) -ETIQUETADO Y MARCADO SEGÚN ANEXO 17 AFJMAN 24-204 PARA MERCANCIAS PELIGROSAS -MARCADO DEL C. GRAVEDAD DE LA CARGA SEGÚN TO13C7-1-5	
LANZAMIENTOS MÚLTIPLES		
N/P		

## ANEXO I

### COMPARATIVA MAQUINARIA PESADA Y AERONAVES.

A continuación se exponen las dimensiones de la maquinaria válida para realizar la reparación de aeródromos, con el fin de comprobar las posibilidades que nos ofrece la incorporación del A400M.

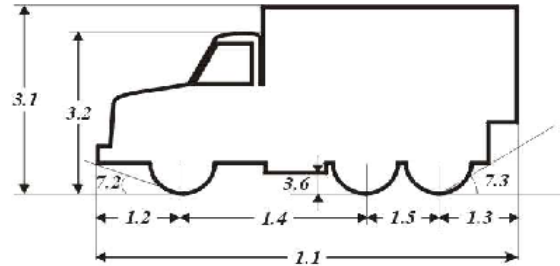
- Mini máquina excavadora BOBCAT:



Ilustración 19. Mini máquina BOBCAT

1. LONGITUDES		
	cm	
1.1 Longitud total	485,00	
1.2 Voladizo anterior	278,00	
1.3 Voladizo posterior (incluida caja)	103,50	
1.4 Distancia entre 1º y 2º eje (Lanza o apoyo=1º Eje)	100,00	
1.5 Distancia entre 2º y 3º eje	0,00	
1.6 Distancia entre 3º y 4º eje	0,00	
2. PESOS		
	kg	
2.1 Total vacío (depósitos combustibles a 1/2 capacidad)	4073,00	
2.2 Primer eje, lanza o apoyo / segundo eje (vacíos)	2886,00	1187,00
2.3 Tercer / cuarto eje (vacíos)	0,00	0,00
2.4 Total cargado con carga todo terreno (carga T.T.)	0,00	
2.5 Primer eje, lanza o apoyo / segundo eje (carga T.T.)	0,00	0,00
2.6 Tercer / cuarto eje (Carga T.T)	0,00	0,00
3. ALTURAS		
	cm	
3.1 Altura máxima o total / 3.2 Altura cabina de conducción	206,00	206,00
3.2 Altura mínima en borde delantero / 3.4 Trasero	32,00	14,00
3.5 Descripción posición altura máxima	BARRA SOBRE CABINA DE CONDUCCION	
3.6 Altura mínima	9,00	
3.7 Descripción posición altura mínima	SOPORTE DELANTERO DE LA RETROEXCAVADORA	
3.8 Altura caja: con arcos / 3.9 sin arcos	0,00	0,00

4. ANCHOS		
	cm	
4.1 Ancho caja carga (sin elementos salientes móviles)	150,00	
4.2 Ancho cabina conducción	85,00	
4.3 Ancho vías anterior / posterior (entre parte interna ruedas)	138,00	138,00



5. CENTROS DE GRAVEDAD (con unidades y referencia desde la que han tomado)	
	cm
5.1 Vacío (medido desde el eje delantero)	29,14
5.2 Cargado T.T. (medido desde el eje delantero)	0,00

Este vehículo está dotado de varios accesorios de trabajo que, independientemente de la configuración que lleve en ese momento, deben volar con él en un pallet HCU-6E.

(Fichas de Aerotransporte, 2006)

- Empujadora KOMATSU:



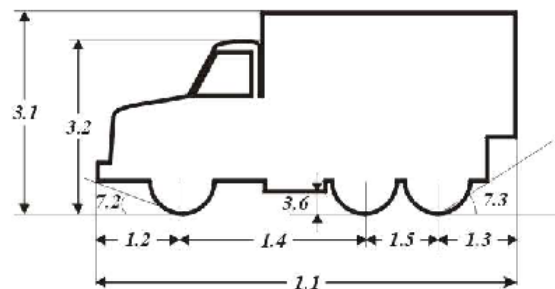
Ilustración 20. Empujadora KOMATSU.

1. LONGITUDES	
	cm
1.1 Longitud total	490,00
1.2 Voladizo anterior	99,00
1.3 Voladizo posterior (incluida caja)	97,00
1.4 Distancia entre 1° y 2° eje (Lanza o apoyo=1° Eje)	0,00
1.5 Distancia entre 2° y 3° eje	0,00
1.6 Distancia entre 3° y 4° eje	0,00

2. PESOS		
	kg	
2.1 Total vacío (depósitos combustibles a 1/2 capacidad)	6970,00	
2.2 Primer eje, lanza o apoyo / segundo eje (vacíos)	6970,00	0,00
2.3 Tercer / cuarto eje (vacíos)	0,00	0,00
2.4 Total cargado con carga todo terreno (carga T.T.)	0,00	
2.5 Primer eje, lanza o apoyo / segundo eje (carga T.T.)	0,00	0,00
2.6 Tercer / cuarto eje (Carga T.T.)	0,00	0,00

3. ALTURAS		
	cm	
3.1 Altura máxima o total / 3.2 Altura cabina de conducción	208,00	266,00
3.2 Altura mínima en borde delantero / 3.4 Trasero	32,00	13,00
3.5 Descripción posición altura máxima	TECHO CABINA / ASIENTO CONDUCTOR	
3.6 Altura mínima	13,00	
3.7 Descripción posición altura mínima	PASO FINAL DE LA CORONA TRACTORA	
3.8 Altura caja: con arcos / 3.9 sin arcos	0,00	0,00

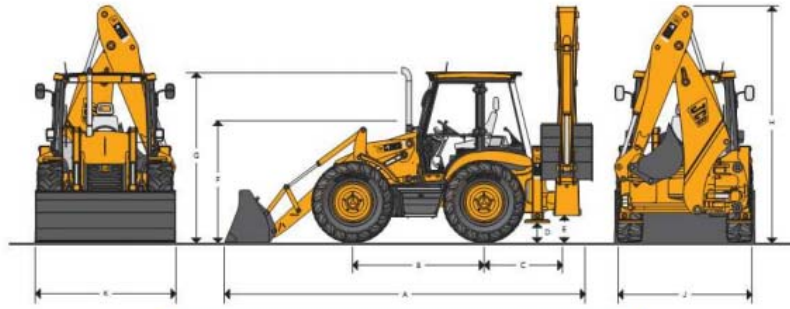
4. ANCHOS		
	cm	
4.1 Ancho caja carga (sin elementos salientes móviles)	240,00	
4.2 Ancho cabina conducción	161,00	
4.3 Ancho vías anterior / posterior (entre parte interna ruedas)	113,00	113,00



5. CENTROS DE GRAVEDAD (con unidades y referencia desde la que han tomado)		
	cm	
5.1 Vacío (medido desde el eje delantero)	0,00	
5.2 Cargado T.T. (medido desde el eje delantero)	0,00	

(Fichas de Aerotransporte, 2006)

- Retroexcavadora JCB:



MODELO DE MAQUINA	JCB 4CX C
	m
A Longitud	5,62
B Batalla	2,17
C Voladizo trasero	1,36
D Altura libre	0,37
E Despeje a kingpost	0,52
F Altura al volante	1,94
G Altura de cabina	2,87
H Altura total	3,61
J Anchura del bastidor	2,22
K Anchura cuchara usos generales/almeja	2,23

MODELO DE MAQUINA	JCB 4CX C
	kg
Peso con cuchara G.P. y balancín estándar	8.130
Peso balancín Extradig y cuchara 6 en 1 con horquillas	8.880

Ilustración 21. Retroexcavadora JCB

(Fichas Técnicas JCB 4CX C, 2013)

## ANEXO J

PALETIZACIÓN PARA LANZAMIENTO PARACAIDISTA DE MINI MAQUINA EXCAVADORA.



Ilustración 22. Frontal



Ilustración 23. Trasera.



Ilustración 24. Lateral.



## ANEXO K

### PROCEDIMIENTOS DE LA UNIDAD.

#### Supuestos:

- Todos los obstáculos en la pista se pueden remover con el equipo orgánico.
- Material de relleno adecuado y agua están disponibles en la proximidad de la pista para reparación de cráteres.
- La pista está hecha de asfalto, hormigón o arcilla estabilizada.

Confirmar o desmentir los supuestos, identificar las áreas obstruidas o dañadas de la pista de aterrizaje y seleccionar las zonas de concentración del equipo y punto de impacto para las cargas pesadas.

#### La operación:

- Misión: UZAP RUA ocupa una C/D con aeródromo con una operación de entrada en fuerza para facilitar las operaciones aire / tierra.
- Propuesta de Unidad de Zapadores en apoyo: compuesta por una compañía de ingenieros (+) incluyendo una Sección de Limpieza y Reparación de Urgencia de Aeródromos (LRUA).

La unidad trabajará estrechamente con los controladores de Combate (CCT) del Ejército del Aire para comprobar que la pista cumple con los requisitos necesarios para la toma de las aeronaves a emplear.

#### Cometidos unidad de zapadores:

- Confirmar el reconocimiento inicial y la valoración de los FLS, calles de rodaje, paralizaciones y zonas de estacionamiento de aeronaves.
- Llevar a cabo las operaciones de remoción deliberada, lo que es fundamental para las franjas de tierra.
- Detectar los obstáculos (tales como minas, cráteres, alambre, y los vehículos abandonados) que utilizan equipos y kits disponibles.
- Retire los vehículos, equipos y escombros pesados de la FLS.
- Reparar el daño a los FLS y calles de rodaje con los materiales de reparación y kits disponibles para su reparación y mantenimiento.
- Realizar intercambio de información con la Fuerza Aérea sobre los aspectos del reconocimiento y las normas para obtener el aeródromo preparado y listo para recibir las aeronaves.

#### Objetivos Técnicos - Índice de pista (IA):

- Calificación mínima aceptable es 7.
- Cada unidad de índice es igual a 10 psi.
- La presión de los neumáticos de un C-130 es de 80 psi, por lo que la exigencia del IA es superior a 8.
- CBR (California Bearing Ratio): Es una medida de la capacidad de carga del suelo en función de su resistencia al cizallamiento. El CBR se calcula dividiendo la carga unitaria requerida para forzar un pistón en el suelo por la unidad de carga requerida para forzar el mismo pistón, la misma profundidad, en una muestra estándar de piedra triturada y multiplicado por 100.



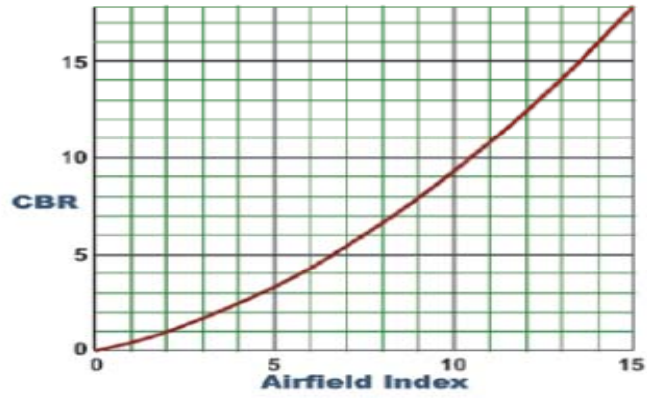


Ilustración 25. Gráfico CBR-AI

La IA a continuación, se puede utilizar para estimar un valor de CBR, como se muestra en el gráfico anterior. Esta correlación se ha establecido para dar valores de CBR, que generalmente son conservadores. La tendencia hacia el conservadurismo es necesaria porque no existe una relación única entre estas mediciones y una amplia gama de tipos de suelo. La curva no debe ser utilizada para estimar los valores de AI a partir de la determinación CBR ya que estos generalmente no serían conservadores.

## ANEXO L

### Número de Clasificación de la aeronave (ACN - Aircraft Classification Number):

Número que expresa el efecto relativo de una aeronave sobre un pavimento para una categoría específica y un sub-grado estándar.

El ACN de una aeronave se define numéricamente como el doble de la carga derivada de rueda simple, la cual se expresa en miles de kilogramos, la presión normalizada de los neumáticos en rueda simple es de 1.25 MPa. Además, la carga derivada de rueda simple es una función de la resistencia del terreno de fundación. El número de clasificación de las aeronaves (ACN) se define solo para las cuatro categorías de terrenos de fundación (o sea, de resistencia alta, mediana, baja y ultra baja). El factor "dos" (2) en la definición numérica del ACN se emplea para lograr una escala conveniente del ACN con relación a la masa bruta, de modo que todas las cifras de ACN pueden emplearse con razonable exactitud.

Dado que una aeronave opera en diversas condiciones de masa y centro de gravedad, en los cálculos del ACN se han adoptado las siguientes convenciones:

El ACN máximo de una aeronave se calcula con la masa y el centro de gravedad que producen la máxima carga del tren de aterrizaje principal sobre el pavimento; generalmente. Se trata de la masa máxima sobre la plataforma y del correspondiente centro de gravedad en posición retrasada. Se considera que los neumáticos de la aeronave están inflados siguiendo las recomendaciones de los fabricantes para ese caso.

En las correspondientes cartas y tablas del ACN de la aeronave, ésta aparece como función de la masa bruta de la aeronave y el centro de gravedad de la misma como un valor constante correspondiente al valor máximo ACN (o sea, generalmente el centro de gravedad en posición retrasada para la masa máxima sobre la plataforma) y con los neumáticos inflados a la presión para la masa máxima sobre la plataforma.

Los valores de ACN para condiciones específicas son los que se ajustan a los efectos de la presión de los neumáticos y/o la posición del centro de gravedad, con una masa bruta especificada para la aeronave.

$$ACN = \frac{\left(\frac{t^2}{1000}\right)}{\frac{0.878}{CBR} - 0.01249}$$

Donde t es el espesor del pavimento expresado en cm. La otra variante es:

$$ACN = 2 * \text{Carga derivada de rueda simple con presión de neumáticos}$$

Es decir:

$$ACN = 2 * 1.25MPa$$

El número de clasificación se calcula con respecto a la posición del centro de gravedad (CG) que produce la carga crítica sobre el tren crítico. Normalmente se usa el CG en su límite trasero para el máximo peso en plataforma, para calcular el ACN. En casos excepcionales la posición límite delantera del CG, puede resultar en que la carga sobre el tren de nariz sea la más crítica.

Los números de identificación (ACN), para los tipos de aeronaves normalmente en uso son suministrados por los fabricantes de aeronaves o por la OACI y su resultado es mostrado en tablas. Los documentos de referencia son: el anexo 14 de OACI, adjunto B y el Documento 9157-AN/901, Parte 3.

### Número de Clasificación del Pavimento (PCN):

Los números de identificación del pavimento (PCN), serán determinados por la autoridad competente. Los números de identificación del pavimento (PCN) serán clasificados por tipo de pavimento, sub-grado de resistencia, presión de las llantas y la información sobre el método utilizado para su cálculo, utilizando los siguientes códigos:

a) El número de Clasificación del Pavimento: El **PCN** reportado indica que un avión con un **ACN** igual o menor que el **PCN** reportado, puede operar en el pavimento sin someterse a limitaciones de presión en sus ruedas.

La fórmula para calcular el Número de Pavimento es:

$$NP = \frac{1}{500} \left\{ \frac{e^2}{\left( \frac{1}{0,57 CBR} \right) - 0,025} \right\}$$

Para la cual **e** representa el espesor en centímetros de la fundición del pavimento.

Para la cual **CBR** (**C**alifornia **B**earing **R**atio) – La proporción de apoyo del terreno determinada por la comparación de las cargas de penetración del terreno respecto a materiales estándar. El método incluye evaluaciones de la calidad relativa de sub-grados de terreno pero también es aplicable a sub-bases y a bases de materiales corrientes.

a) Tipo de Pavimento:

- **R:** Rígido.
- **F:** Flexible.

b) Categoría de resistencia (sub-grado)

- **A:** Alta
- **B:** Media
- **C:** Baja
- **D:** Ultra-Baja.

c) Categoría de presión de llantas.

- **W:** Alta, sin límite de presión.
- **X:** Media, limitada a 1.50 MPa (217 psi).
- **Y:** Baja, limitada a 1.00 MPa (145 psi).
- **Z:** Muy baja, limitada a 0.50 MPa (73 psi).

d) Método de Cálculo del Pavimento.

- **T:** Evaluación Técnica.
- **U:** Usando las experiencias de los aviones.

Ejemplo: Pista 13R-31L Aeropuerto Eldorado PCN 80/F/C/W/T

La resistencia de un pavimento Flexible (F) sobre un sub-grado de resistencia baja (C) ha sido establecida por evaluación Técnica (T) como PCN 80 y no hay limitación de presión de llantas (W).

(Normas y Métodos Recomendados Internacionales, Anexo 14 Convenio sobre aviación Civil Internacional, Aerodromos, OACI, 2008)

