

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1.1-----	4
Fotografía del A – 380 donde se señala la ubicación de la BF.	
Fig. 1.1.2-----	5
Perspectiva de la BF en la que se muestran los conductos y canalizaciones que contiene.	
Fig. 1.1.3-----	6
Partes constitutivas de un panel perteneciente a la BF.	
Fig. 1.1.4-----	7
Disposición general de la toma de aire AGU – NACA.	
Fig. 1.1.5-----	7
Corte longitudinal de la toma AGU – NACA en el que se señalan las diferentes partes que la constituyen.	
Fig.1.2.1-----	9
Representación de una de las disposiciones específicas de ensayo del conjunto.	
Fig. 1.2.2-----	10
Mesa de vibración.	
Fig. 1.2.3-----	11
Elemento encargado de la transición entre el AGU – NACA y la mesa de vibración (CAMA).	
Fig. 1.2.4-----	12
Elemento estructural diseñado para aportar rigidez al conjunto.	

Fig. 1.2.5-----	12
<i>Disposición del conjunto Útil-Cama durante el ensayo llevado a cabo en el INTA.</i>	
Fig. 2.3.1-----	17
<i>Entorno de trabajo de PATRAN.</i>	
Fig. 2.3.2-----	18
<i>Descripción botones principales de la barra de herramientas.</i>	
Fig. 2.3.1.1-----	19
<i>Ficha de la aplicación Geometry.</i>	
Fig. 2.3.1.2-----	20
<i>Opciones seleccionables en Object y Method para la acción Create.</i>	
Fig. 2.3.1.3-----	20
<i>Opciones seleccionables en Object y Method para la acción Edit.</i>	
Fig. 2.3.1.4-----	21
<i>Opciones utilizadas para la creación de los bordes (izda.) y las superficies biparamétricas de las secciones (dcha.).</i>	
Fig. 2.3.1.5-----	22
<i>Ficha de aplicación para la creación de un sólido mediante Extrude.</i>	
Fig. 2.3.1.6.a-----	23
<i>Conjunto de superficies topológicamente incongruentes.</i>	
Fig. 2.3.1.6.b-----	23
<i>Conjunto de superficies topológicamente congruentes.</i>	

Fig. 2.3.1.7 -----	24
Ficha de la aplicación “cortar sólido por plano”.	
Fig. 2.3.1.8 -----	24
Parametrización de las superficies en PATRAN (ξ_1, ξ_2).	
Fig. 2.3.1.9 -----	25
Parametrización de los sólidos en PATRAN (ξ_1, ξ_2, ξ_3).	
Fig. 2.3.2.1 -----	26
Diferentes opciones posibles en los botones de selección Action, Object y Type de la aplicación Elements.	
Fig. 2.3.2.2 -----	27
Ficha de aplicación asociada al mallado 3D en la que se muestran los tipos de elementos disponibles en PATRAN.	
Fig. 2.3.2.3 -----	28
Ficha de aplicación asociada al mallado 2D en la que se muestra las opciones seleccionadas para el mallado de la superficie de contacto útil – cama.	
Fig. 2.3.2.4 -----	29
Ficha de aplicación asociada a la creación del “mallado por barrido”.	
Fig. 2.3.2.5 -----	30
Coincidencia de la cara inferior de un elemento tetraédrico con un elemento triangular asociado a la superficie del sólido inferior.	
Fig. 2.3.2.6 -----	31
Ficha de aplicación asociada al mallado por tetraedros utilizado para los sólidos superiores de la cama.	

Fig. 2.3.2.7-----	32
Ficha de aplicación asociada al mallado con elementos Quad4.	
Fig. 2.3.2.8-----	33
a) Elemento Hex8; b) Elemento Tri3; c) Elemento Wedge6;	
d) Elemento Tet4.	
Fig. 2.3.3.1-----	34
Ficha de la aplicación Load and Boundary conditions.	
Fig. 2.3.3.2-----	35
Ficha de introducción de datos para Displacements.	
Fig. 2.3.3.3-----	36
Ficha de introducción de datos para Force.	
Fig. 2.3.4.1-----	37
Posibilidades de elección para los 3 botones de selección de	
la aplicación Materials.	
Fig. 2.3.4.2-----	38
Introducción manual de las propiedades de los materiales que	
aparecen en el modelo (aplicación Materials).	
Fig. 2.3.5.1-----	39
Posibilidades de selección en la ficha Properties para el caso	
concreto de creación de propiedades para entidades 2D.	
Fig. 2.3.5.2-----	40
Ficha de creación de propiedades para los sólidos que conformaban	
las piezas de los modelos.	

Fig. 2.3.5.3-----	41
<i>Ficha de creación de la propiedad de masa para los elementos puntuales creados para el Método de las grandes masas puntuales.</i>	
Fig. 2.3.7.1-----	43
<i>Ficha principal del botón Analysis.</i>	
Fig. 2.3.7.2-----	44
<i>Ficha de selección del tipo de análisis a realizar.</i>	
Fig. 2.3.7.3-----	45
<i>Proceso de configuración del análisis en frecuencia (Parte I).</i>	
Fig. 2.3.7.4-----	46
<i>Proceso de configuración del análisis en frecuencia (Parte II).</i>	
Fig. 2.4.1-----	52
<i>Detalle de la aplicación de cargas y condiciones de contorno sobre los elementos puntuales de elevada masa.</i>	
Fig. 3.1.1-----	54
<i>Modelo de Elementos Finitos de la toma AGU – NACA.</i>	
Fig. 3.2.1.1-----	57
<i>Superficies que conforman la sección del travesaño longitudinal.</i>	
Fig. 3.2.1.2-----	57
<i>Creación del primer travesaño longitudinal por extrusión de las superficies.</i>	
Fig. 3.2.1.3-----	58
<i>Creación del segundo travesaño longitudinal por traslación del primero.</i>	

Fig. 3.2.1.4-----	58
<i>Superficies que conforman la sección del travesaño transversal.</i>	
Fig. 3.2.1.5-----	59
<i>Creación del primer travesaño transversal por extrusión de las superficies.</i>	
Fig. 3.2.1.6-----	59
<i>Creación de varios travesaños transversales por traslación del primero.</i>	
Fig. 3.2.1.7-----	60
<i>Geometría completa para el diseño preliminar del útil.</i>	
Fig. 3.2.1.8-----	61
<i>Dimensiones y vistas principales de la geometría preliminar.</i>	
Fig. 3.2.2.1-----	62
<i>Mallado de la geometría asociada al modelo del diseño preliminar.</i>	
Fig. 3.3.1-----	64
<i>Disposición voladizo del modelo del diseño preliminar del útil.</i>	
Fig. 3.3.2-----	66
<i>Disposición centrada del modelo del diseño preliminar del útil.</i>	
Fig. 3.3.3-----	67
<i>Conjunto útil – cama en el que se comprueba que la segunda queda dentro del contorno exterior del primero.</i>	
Fig. 3.3.4-----	68
<i>Conjunto útil – mesa vibración para la disposición en voladizo.</i>	

Fig. 3.3.5-----	68
<i>Conjunto útil – mesa vibración para la disposición centrada.</i>	
Fig. 4.2.1-----	72
<i>Esquema de la notación seguida para referirse a las partes específicas del útil.</i>	
Fig. 4.2.2-----	73
<i>Cambios introducidos en los perfiles de los largueros.</i>	
Fig. 4.2.3-----	74
<i>Zona de incidencia de las irregularidades que impedían atornillar el útil a la mesa de vibración.</i>	
Fig. 4.2.4-----	74
<i>Representación cualitativa del útil construido con los aligerados circulares.</i>	
Fig. 4.3.1.1-----	75
<i>Perfil por extrusión del cual se obtiene un larguero.</i>	
Fig. 4.3.1.2-----	76
<i>Creación de larguero y traslación del mismo para obtener el otro.</i>	
Fig. 4.3.1.3-----	76
<i>Perfil asociado a un travesañ transversal.</i>	
Fig. 4.3.1.4-----	77
<i>Creación del travesañ transversal y traslaciones sucesivas para obtener los restantes.</i>	
Fig. 4.3.1.5-----	77
<i>Consecución de los aligerados y aspecto final de la geometría del útil.</i>	

Fig. 4.3.1.6-----	79
<i>Vistas principales del útil.</i>	
Fig. 4.3.2.1-----	80
<i>Mallado del útil para el análisis de frecuencias naturales.</i>	
Fig. 4.4.1-----	82
<i>Disposición en voladizo del modelo de EF del útil.</i>	
Fig. 4.4.2-----	83
<i>Disposición centrada del modelo de EF del útil.</i>	
Fig. 4.4.3-----	85
<i>Disposición en planta del conjunto útil – mesa (VOLADIZO).</i>	
Fig. 4.4.4-----	85
<i>Disposición en planta del conjunto útil – mesa (CENTRADO).</i>	
Fig. 4.5.1.1-----	87
<i>Geometría del modelo 2D a partir de superficies congruentes.</i>	
Fig. 4.5.1.2-----	88
<i>Detalle de geometría del modelo 2D del útil.</i>	
Fig. 4.5.1.3-----	88
<i>Malla de EF para el modelo 2D del útil.</i>	
Fig. 4.5.1.4-----	89
<i>Detalle de elementos puntuales para la aplicación del “large mass method” en el análisis en frecuencia,</i>	
Fig. 4.5.1.5-----	91
<i>Aplicación de cargas y CC en el modelo 2D.</i>	

Fig. 4.5.2.1-----	93-
<i>Disposición esquemática del útil para los ensayos de vibración realizados sobre él.</i>	
Fig. 4.5.2.2-----	94
<i>Ubicación del punto del modelo del que se han tomado los desplazamientos para elaborar la gráfica de comparación.</i>	
Fig. 4.5.2.3-----	96
<i>Mapa tensional σ_x sobre la deformada del útil $\omega_1=69$ Hz.</i>	
Fig. 4.5.2.4-----	96
<i>Mapa tensional σ_y sobre la deformada del útil $\omega_1=69$ Hz.</i>	
Fig. 4.5.2.5-----	97
<i>Mapa tensional σ_z sobre la deformada del útil $\omega_1=69$ Hz.</i>	
Fig. 4.5.2.6-----	97
<i>Mapa tensional σ_{xy} sobre la deformada del útil $\omega_1=69$ Hz.</i>	
Fig. 4.5.2.7-----	98
<i>Mapa tensional σ_{zx} sobre la deformada del útil $\omega_1=69$ Hz.</i>	
Fig. 4.5.2.8-----	98
<i>Mapa tensional σ_{yz} sobre la deformada del útil $\omega_1=69$ Hz.</i>	
Fig. 4.5.2.9-----	99
<i>Espectro de “aceleraciones vs. frecuencia” obtenido a partir del análisis en frecuencia del modelo 2D del útil (Escala logarítmica).</i>	

Fig. 4.5.2.10-----	100
<i>Espectro de “aceleraciones vs. frecuencia” obtenido a partir del análisis en frecuencia del modelo 2D del útil (Escala lineal).</i>	
Fig. 5.3.1.1-----	104
<i>Pieza a ensayar.</i>	
Fig. 5.3.2.1-----	104
<i>Disposición para el ensayo de vibración en el eje X.</i>	
Fig. 5.3.2.2-----	105
<i>Disposición para el ensayo de vibración en el eje Y.</i>	
Fig. 5.3.2.3-----	105
<i>Disposición para el ensayo de vibración en el eje Z.</i>	
Fig. 5.3.3.1-----	107
<i>Perfil de Excitación y límites (alarma y aborto) para el ensayo de vibración sinusoidal.</i>	
Fig. 5.3.3.2-----	109
<i>Perfil de Excitación y límites para el Ensayo RANDOM.</i>	
Fig. 5.3.4.1-----	109
<i>Conjunto fijado para el ensayo de vibración en el eje X.</i>	
Fig. 5.3.4.2-----	110
<i>Conjunto fijado para el ensayo de vibración en el eje Y.</i>	
Fig.5.3.4.3-----	110
<i>Conjunto fijado para el ensayo de vibración en el eje Z.</i>	

Fig.5.3.5.1-----	112
<i>Disposición de acelerómetros para los ensayos de vibración del útil (sólo realizados en eje X).</i>	
Fig. 5.3.5.2-----	113
<i>Disposición de acelerómetros para los ensayos de vibración del conjunto en el eje X.</i>	
Fig.5.4.1-----	117
<i>Identificación del acelerómetro que proporciona los datos para las representaciones gráficas.</i>	
Fig. 5.4.1.1-----	119
<i>Gráfica resultante del ensayo sinusoidal sobre el útil obtenida a partir de las medidas del acelerómetro ubicado en el voladizo.</i>	
Fig. 5.4.2.1-----	121
<i>Gráfica resultante del ensayo RANDOM sobre el útil obtenida a partir de las medidas del acelerómetro ubicado en el voladizo.</i>	
Fig. A.2.1.1-----	126
<i>Geometría de la cama generada para la construcción del modelo.</i>	
Fig. A.2.1.2-----	127
<i>Superficie inferior de la toma AGU – NACA.</i>	
Fig. A.2.1.3-----	127
<i>Borde de anchura adecuada obtenido tras el recorte.</i>	
Fig. A.2.1.4-----	128
<i>Geometría de la cama tras la extrusión y la posterior consecución de la superficie inferior plana.</i>	

Fig. A.2.1.5-----	129
<i>Zona de la mesa real asociada a la mesa modelada.</i>	
Fig. A.2.1.6-----	130
<i>Geometría de la mesa en el modelo.</i>	
Fig. A.2.2.1-----	132
<i>Mallado no congruente entre el útil y la cama.</i>	
Fig. A.2.2.2-----	133
<i>Cuadro de diálogo de la orden “Associate”.</i>	
Fig. A.2.2.3-----	134
<i>Disposición que muestra las curvas proyectadas procedentes de la cama asociadas a la superficie superior del útil.</i>	
Fig. A.2.2.4-----	135
<i>Cuadro de diálogo asociado a la orden “Create Mesh”.</i>	
Fig. A.2.2.5-----	136
<i>Detalle de la congruencia del mallado.</i>	
Fig. A.2.2.6-----	136
<i>Disposición general de la superficie superior del útil mallada de forma congruente con la superficie inferior de la cama.</i>	
Fig. A.2.2.7-----	137
<i>Cuadro de diálogo de la orden “Sweep”.</i>	
Fig. A.2.2.8-----	138
<i>Mallado de un sólido a partir del mallado triangular de una de sus caras.</i>	

Fig. A.2.2.9-----139
Disposición general del mallado del útil y la mesa de vibración.

Fig. A.2.2.10-----140
Malla de uno de los sólidos superiores de la cama.

Fig. A.2.2.11-----140
Disposición general del conjunto mallado mesa-útil- cama.

Fig. A.2.3.1-----143
Esquema de la disposición real del útil sobre la mesa.

Fig. A.2.3.2-----143
Detalle de aplicación de las cargas en el modelo.

Fig. A.2.3.3-----144
Detalle de las condiciones de contorno.

Fig. A.2.3.4-----145
Detalle de los elementos puntuales rígidos situados en los nodos de aplicación de las cargas (“large mass method”).