



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Implantación de técnicas de mantenimiento autónomo en armas
de Infantería de Marina*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Francisco García Ruiz

DIRECTORES: M^a Elena Arce Fariña

Miguel Ángel Álvarez Feijoo

CURSO ACADÉMICO: 2015-2016

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Implantación de técnicas de mantenimiento autónomo en armas
de Infantería de Marina*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Infantería de Marina

UniversidadeVigo

RESUMEN

En el presente Trabajo de Fin de Grado se implementan técnicas de mantenimiento autónomo en distintas armas utilizadas en el Cuerpo de Infantería de Marina. Por disponibilidad en la Escuela Naval Militar se escogieron como casos de estudio la pistola FN P9 17 y la ametralladora FN HERSTAL MINIMI PARA, ambos sistemas reglamentarios en la Armada.

Se realizan ensayos en la pistola, realizando sesiones de tiro en la galería de la Escuela Naval Militar, para determinar si existe posibilidad de prevenir averías y/o elementos críticos mediante mediciones termográficas y de ruido, mediante una cámara térmica y un sonómetro respectivamente.

Con la ametralladora MINIMI se realiza una guía de mantenimiento autónomo usando los históricos de averías de las distintas unidades de la Fuerza de Infantería de Marina.

Se pretende sistematizar el mantenimiento de dicho arma, con una serie de checklists para que el usuario siga los pasos de limpieza y mantenimiento del arma en cuestión, alargando así el tiempo que ha de transcurrir entre dos revisiones del arma, con el consiguiente aumento del tiempo operativo.

PALABRAS CLAVE

TPM, armas, Infantería de Marina, termografía, ruido

AGRADECIMIENTOS

Hay muchas personas a las que mencionar. En primer lugar a mis padres, Francisco y Catalina, por apoyarme siempre y darme ánimos, no sólo en la Escuela Naval Militar, sino durante toda mi vida. A mis tutores, M^a Elena y Miguel Ángel, por guiarme durante todo el desarrollo de este TFG y por saber encontrar siempre una salida alternativa cuando las cosas no salían como esperábamos. Al personal del pañol del condestable de la Escuela Naval Militar, por toda la información, documentación que me han proporcionado y, sobre todo, por la ayuda prestada. Y, por último, a mis compañeros Alejandro y Borja, por auxiliarme en los ensayos y ayudarme a recopilar los registros.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	3
Índice de Tablas.....	4
1 Introducción y objetivos.....	5
1.1 Objetivos	5
1.2 Definición de mantenimiento	6
1.3 Tipos de mantenimiento.....	6
1.3.1 Mantenimiento correctivo.....	6
1.3.2 Mantenimiento preventivo	7
1.3.3 Mantenimiento predictivo.....	7
1.3.4 Mantenimiento Productivo Total	8
1.4 El mantenimiento en la Armada.....	9
1.4.1 Los escalones de mantenimiento	10
1.4.2 Tipos de mantenimiento	10
1.4.3 Los escalones de mantenimiento en la BRIMAR.....	10
1.5 Introducción a ruido	11
1.5.1 Sonido. El fenómeno físico.....	11
1.5.2 El ruido	14
1.5.3 El sonómetro	14
1.6 La ametralladora FN HERSTAL MINIMI	15
1.7 La pistola FN P9 17	15
2 Estado del arte	16
2.1 Introducción	16
2.2 La evolución del mantenimiento durante el siglo XX	16
2.2.1 Primera Generación	16
2.2.2 Segunda Generación	17
2.2.3 Tercera Generación.....	18
2.3 Mantenimiento en la actualidad	20
3 Metodología.....	22
3.1 Medidas térmicas y acústicas	22
3.1.1 Instrumentos de medida.....	23
3.1.2 Condiciones de los ensayos	24
3.1.3 Software empleado	25

3.2 Gamas de mantenimiento	26
3.2.1 Desarrollo de unagama de mantenimiento. Etapas.....	26
3.2.2 Descripción de la plantilla	27
4 Resultados	34
4.1 Resultados ensayos térmicos.....	34
4.2 Resultados ensayos acústicos.....	37
4.3 Gama de mantenimiento aplicada a la MINIMI PARA.....	39
4.3.1 Ficha de la máquina	39
4.3.2 Zonas y elementos	40
4.3.3 Croquis del sistema de funcionamiento	41
4.3.4 Lista de averías frecuentes.....	43
4.3.5 Ficha de elemento crítico	44
4.3.6 Plan de limpieza dirigida	45
4.3.7 Lista de anomalías	48
4.3.8 Gama de mantenimiento	49
5 Conclusiones y líneas futuras	50
5.1 Conclusiones de los ensayos térmicos en pistolas	50
5.2 Conclusiones de los ensayos acústicos en pistolas	50
5.3 Conclusiones de la gama de mantenimiento autónomo en ametralladoras.....	51
5.4 Líneas futuras	51
6 Bibliografía.....	52
Anexo I: Registros de temperaturas	54
Anexo II: Registros acústicos.....	71
Anexo III: Gama de mantenimiento MINIMI PARA	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Esquema de objetivos	6
Figura 1-2 Presión acústica [7].....	12
Figura 1-3 Onda sinusoidal [8].....	13
Figura 1-4 FN Herstal MINIMI Mod. PARA	15
Figura 1-5 Pistola FN P9 17	15
Figura 2-1 Curva de la bañera [14].....	17
Figura 2-2 Esquema de la gestión del mantenimiento [1].....	18
Figura 2-3 Objetivos y medios de mantenimiento en las empresas durante el s. XX [1]	20
Figura 3-1 Esquema de medición	22
Figura 3-2 Sonómetro 2260 "Observer"	23
Figura 3-3 Cámara FLIR i3	23
Figura 3-4 Sonómetro en la galería de tiro	24
Figura 3-5 Interfaz software QuickReport	25
Figura 3-6 Interfaz Noise Explorer	26
Figura 3-7 Plantilla de la ficha de máquina.....	28
Figura 3-8 Plantilla de "Zonas y elementos"	29
Figura 3-9 Plantilla de un croquis	30
Figura 3-10 Plantilla del histórico de averías	30
Figura 3-11 Plantilla de la ficha de elemento crítico.....	31
Figura 3-12 Plantilla del plan de limpieza dirigida	32
Figura 3-13 Plantilla de la lista de anomalías.....	32
Figura 3-14 Plantilla de gama de mantenimiento.....	33
Figura 4-1 Gráfica de registros de temperaturas para la pistola #1	35
Figura 4-2 Gráfica de registros de temperaturas para la pistola #2.....	36
Figura 4-3 Gráfica de registros acústicos para la pistola #1.....	38
Figura 4-4 Gráfica de registros acústicos para la pistola #2.....	38
Figura 4-5 Parte superior de la ficha de máquina.....	40
Figura 4-6 Parte inferior de la ficha de máquina.....	40
Figura 4-7 Zonas y elementos	41
Figura 4-8 Croquis de funcionamiento 1.....	42
Figura 4-9 Croquis de funcionamiento 2.....	43
Figura 4-10 Lista de averías frecuentes.....	44
Figura 4-11 Ficha de elemento crítico: regulador de gases.....	45

Figura 4-12 Plan de limpieza dirigida 1	46
Figura 4-13 Plan de limpieza dirigida 2	47
Figura 4-14 Plan de limpieza dirigida 3	47
Figura 4-15 Plan de limpieza dirigida 4	48
Figura 4-16 Lista de anomalías	48
Figura 4-17 Gama de mantenimiento	49

Índice de Tablas

Tabla 1-1 Características de los distintos tipos de mantenimiento	9
Tabla 3-1 Características atmosféricas durante los ensayos	24
Tabla 4-1 Prueba t de Student para temperaturas en recámara	36
Tabla 4-2 Resultados prueba t de Student para temperaturas en boca	37
Tabla 4-3 Resultados prueba de t de Student para registros acústicos	38

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Objetivos

Para el desarrollo del presente Trabajo de Fin de Grado, en adelante TFG, se establecieron dos principales objetivos:

- Realización de ensayos para prevención de fallos en armas.
- Desarrollo de una gama de mantenimiento autónomo.

El criterio para elegir una máquina a la hora de hacer una iniciativa de mantenimiento es, inicialmente, su singularidad o su criticidad para un determinado proceso. En este caso, por motivos de disponibilidad en las instalaciones de la Escuela Naval Militar, los ensayos se restringirán a dos armas. Concretamente, la pistola FN P9 17 y la ametralladora FN MINIMI, ambos sistemas reglamentarios en la Armada Española. La gama de mantenimiento autónomo, al tratarse de un estudio de caso, se realizará exclusivamente para la ametralladora.

La secuencia a seguir en el desarrollo del trabajo para la consecución de los objetivos definidos previamente, se estructura en cuatro etapas (Figura 1-1). En primer lugar, y una vez seleccionadas las armas objeto de análisis, se deben conocer los procedimientos de utilización, así como los históricos de averías. Esta información servirá para definir zonas críticas en los equipos. Posteriormente se realizarán los ensayos en cada una de las dos armas, llevando a cabo diferentes sesiones de tiro, variando cadencia y continuidad en el mismo. Con los resultados de los ensayos, se realizará un estudio de los posibles componentes y/o partes que puedan producir averías en los sistemas. Finalmente, con toda esta información, se constituirá una gama de mantenimiento para la ametralladora, como ya se ha mencionado previamente.

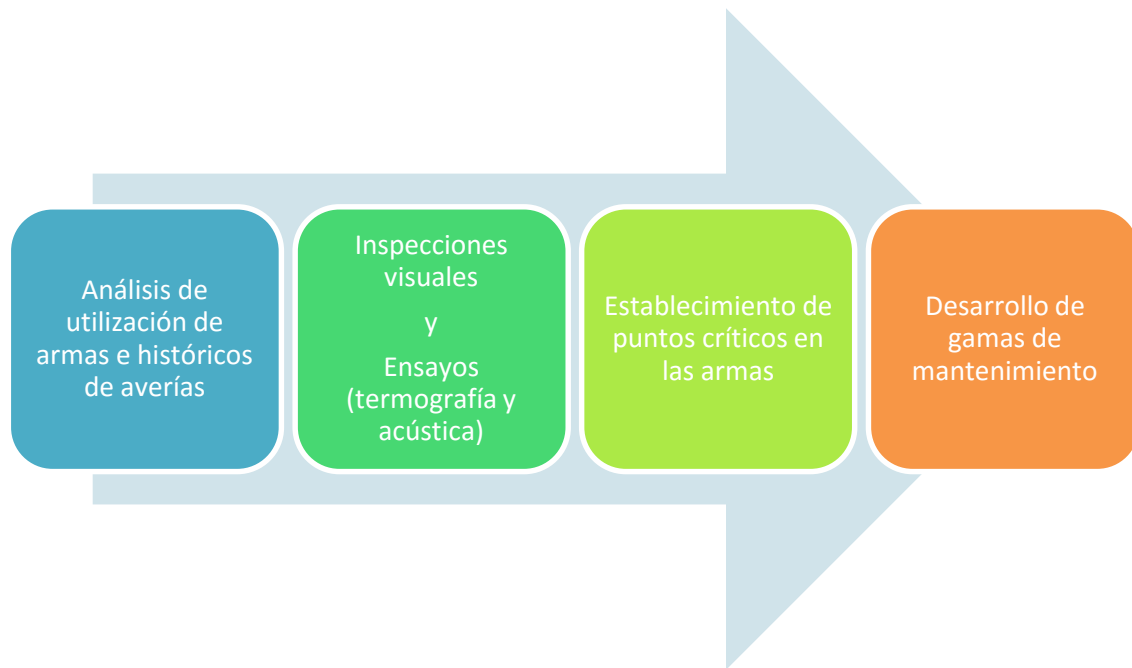


Figura 1-1 Esquema de objetivos

1.2 Definición de mantenimiento

En el Diccionario de la Real Academia Española se define mantenimiento como el conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificio, industrias, etc., puedan seguir funcionando correctamente. Lo que se consigue con el mantenimiento es, por tanto, tratar de conservar o restaurar un artículo para que realice la función para la cual está diseñado correctamente.

Dentro del ámbito de las Fuerzas Armadas, en la publicación PD4-601 del Ejército de Tierra, se hace referencia al mantenimiento como el conjunto de actividades encaminadas a conseguir un determinado nivel de disponibilidad en condiciones de empleo aceptable, al mínimo coste, con oportunidad y en con el máximo de seguridad para el personal que lo utiliza y lo mantiene.

Por su parte la RIM 16-001 de Apoyo de Servicios de Combate, describe el mantenimiento como las acciones que deben ser ejercidas para conservar el material en las mejores condiciones de eficacia, corregir las causas que lo deterioran y recuperar el averiado o inútil, propio o del enemigo, para su destrucción o aprovechamiento.

Se puede observar que, salvo nimiedades, el mantenimiento tiene un objetivo común, tanto en el ámbito civil como en el militar, que no es sino conseguir un estado de funcionamiento óptimo de las herramientas y equipos para que éstos puedan realizar su función.

1.3 Tipos de mantenimiento

1.3.1 Mantenimiento correctivo

Es aquel que se ocupa de la reparación una vez se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina, herramienta o instalación. Su objetivo es corregir los defectos que se van presentando en los mismos. Dentro de este tipo de mantenimiento encontramos dos tipos de enfoques, en función del alcance del mantenimiento [1] [2] [3] [4]:

- Mantenimiento paliativo o de campo, que se encarga de la reposición del funcionamiento, aunque no quede eliminada la fuente de error que produjo la falla.

- Mantenimiento curativo o de reparación, destinado a la reparación propiamente dicha, eliminando las causas que produjeron el fallo de funcionamiento.

Podemos encontrar otra clasificación de mantenimiento, en cuanto al nivel de predicción del mismo:

- No planificado. De emergencia. Debe efectuarse con urgencia, ya sea por una falla imprevista que hay que reparar a la mayor brevedad o por una condición imperativa que debemos paliar (p. ej.: de normas legales).
- Planificado. En este caso se sabe con antelación lo que hay que debe hacerse, de modo que cuando se produzca el fallo o avería, se encuentren en disposición los equipos, el personal y repuestos para llevar a cabo la reparación.

Hay que tener en cuenta que el correctivo no se puede eliminar en sus totalidad, pero se ha de conseguir reducirlo al mínimo posible.

Aunque este mantenimiento es rentable en equipos que no intervienen de manera instantánea en la producción, donde la implantación de otro sistema resultaría poco rentable, y que no se necesita una infraestructura excesiva, sí es cierto que se pueden producir paradas y daños imprevisibles en la producción que afecten a la planificación. Además, se suele producir una baja calidad de reparación debido a la rapidez en la intervención, y a la prioridad de reponer antes que reparar definitivamente. Lo que en muchos casos se traduce el uso de este tipo de mantenimiento es la consecución de más fallos al cabo del tiempo, por lo que será difícil acabar con esta inercia.

1.3.2 Mantenimiento preventivo

Durante la Segunda Guerra Mundial, el mantenimiento adquiere un desarrollo importante debido a la necesidad de los aliados de tener sus equipos y sistemas en perfecto estado de funcionamiento, como el cambio de algunos componentes de los mismos en función del número de horas de funcionamiento o la inspección de los aviones previa a la realización del vuelo [1] [2] [4] [3].

De esta necesidad de rebajar el mantenimiento correctivo y todas las pérdidas que representa nace el mantenimiento preventivo. Este tipo de mantenimiento se realiza con el fin de disminuir o evitar la reparación, mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de componentes deteriorados y así mantener los equipos en un nivel de funcionamiento aceptable. A reparación, rutina y renovación se las conoce como “las tres erres del mantenimiento” y se postula que, si la segunda y tercera no se realizan, la primera es inevitable.

El principal problema de este mantenimiento consiste en fijar un periodo de inspección. Si el intervalo es muy corto, el tiempo de producción disminuye y la probabilidad de fallos por interferencia humana aumenta, ya que se pueden producir desajustes en la maquina debido al desarme e inspección de la misma. Por otra parte, si el periodo es muy grande, el peligro de aparición de averías entre dos inspecciones consecutivas se incrementa. Por lo tanto, hay que llegar a un equilibrio entre los costes inherentes a las inspecciones a realizar y los derivados de las averías que pudieran producirse.

Esto nos lleva al gran inconveniente de este tipo de mantenimiento, que consiste en el alto coste que conlleva realizar las inspecciones periódicas. Estas inspecciones han de ser minuciosas, por lo que puede antojarse innecesario el desmontaje y revisión de una máquina que está funcionando correctamente o la sustitución de componentes que no se encuentran deteriorados. Por lo que cobra mayor importancia la elección de un periodo adecuado entre dos inspecciones consecutivas, aun partiendo de la base de que se puedan producir averías durante dicho periodo.

1.3.3 Mantenimiento predictivo

También conocido como mantenimiento según estado, surge como respuesta a reducir los altos costes de las anteriores clases de mantenimiento. Se basa en la realización de revisiones periódicas

para detectar los problemas, fallos o defectos que pueda tener una máquina. Se trata de resolver el problema en el mínimo tiempo posible con el objetivo de reducir la parada del proceso productivo.

Para el mantenimiento predictivo, los técnicos se basan en los indicios de parámetros físicos, tales como la temperatura, vibraciones, etc., que les inducen a sospechar de que puede haber un problema. Hoy en día, existen tecnologías con las que se puede acceder a gran cantidad de información de la máquina en tiempo real que nos ayuda a predecir estos fallos.

La filosofía de este mantenimiento está basada en que normalmente las averías no aparecen de repente, sino que un defecto que puede causar una avería grave tiene una evolución. El mantenimiento predictivo consiste en detectar esos defectos con antelación para corregirlos y evitar paradas innecesarias, con lo que reducimos costes de producción.

Las ventajas de este tipo de mantenimiento son la reducción de paros, en la producción, el ahorro en costes de mantenimiento o la reducción del número de accidentes.

1.3.4 Mantenimiento Productivo Total

El TPM supone un nuevo concepto de gestión del mantenimiento, que trata de que éste sea competencia a todos los niveles y siendo responsabilidad de todos los empleados, a través de actividades en pequeños grupos [3]. Incluye cinco objetivos:

- Participación de todo el personal. Incluir a todos y cada uno de ellos para alcanzar los objetivos propuestos.
- Creación de una cultura corporativa para la obtención de la máxima eficiencia en el sistema de producción.
- Implantación de un sistema de gestión de plantas productivas tal que se facilite la eliminación de la MUDA, o pérdidas.
- Implantación del Mantenimiento Preventivo como base para alcanzar el objetivo de “cero pérdidas”, apoyándose en el Mantenimiento Autónomo.
- Aplicación de los sistemas de gestión a todos los aspectos de la producción, desde el diseño hasta las ventas.

Con esto, es fácil decir que el TPM no se centra exclusivamente en el mantenimiento, si no que se basa en él para crear una nueva filosofía de trabajo para abarcar todos los aspectos de una planta productiva.

Es necesario comparar los distintos tipos de mantenimiento. Para ello, en la Tabla 1-1 se relacionan los distintos tipos de gestión que se pueden llevar a cabo durante todo el ciclo de vida de un equipo que puedan producir pérdidas:

- Previsión del mantenimiento (MP) en el diseño de equipos.
- Mejora de la mantenibilidad (MI). Aplicación de mejoras a los equipos que están en producción.
- Mantenimiento preventivo (PM).
- Mantenimiento Autónomo (MA). Llevado a cabo por los operarios en sus puestos de trabajo.

Tabla 1-1 Características de los distintos tipos de mantenimiento

Características Sist. Gestión Mtto.	MP	MI	PM	MA
Mtto. Correctivo	No	No	No	No
Mtto. Preventivo	No	No	Incluido	No
Mtto. Predictivo	No	No	Incluido	Incluido
TPM	Incluido	Incluido	Incluido	Incluido

Por lo tanto, los objetivos serán:

- Minimizar los costes y Stock mínimo.
- Maximizar la calidad total y la productividad.

El TPM se basa en el mantenimiento realizado en el puesto de trabajo o Mantenimiento Autónomo. Éste mantenimiento es el principal objetivo del presente trabajo.

La filosofía del Mantenimiento Autónomo se fundamenta en que:

“La persona que utiliza un equipo productivo es la más cualificada para ocuparse de su buen funcionamiento, inspección y medidas preventivas a su alcance en función del entrenamiento que haya recibido” [3].

De esta manera lo que se consigue es motivar al operario. Esto se traduce en una reducción de costes y tiempo de Mantenimiento Correctivo.

1.4 El mantenimiento en la Armada

El mantenimiento es parte integral del apoyo logístico del material que tiene por objeto la conservación, reparación y recuperación de todas las armas y equipos empleados en las operaciones militares, comprende todas las acciones que deben ser ejercidas para mantener el material en las mejores condiciones de eficacia, corregir las causas que lo deterioran y recuperar el averiado o inútil, (propio o del enemigo, para su destrucción o aprovechamiento) [5].

Son acciones pertenecientes al mantenimiento aquellas destinadas a mantener los equipos, sistemas y armas en las mejores condiciones, corregir los fallos que los deterioran y recuperar el averiado o inútil, ya sea propio o del enemigo, para su destrucción o aprovechamiento. Las mejores condiciones a las que se refiere lo anterior son aquellas que permiten su utilización en apoyo de las operaciones militares.

El mantenimiento se basa en tres principios:

- Efectuar las acciones de mantenimiento al nivel más bajo posible.
- Realizar inmovilizaciones periódicas para ejecutar las acciones de mantenimiento preventivo
- Emplear la técnica de reparación por sustitución de módulos o subconjuntos.

Es necesario que los diferentes escalones de la BRIMAR ejecute el mantenimiento en base a los tres principios anteriores para incrementar la disponibilidad, el rendimiento y la eficacia de sistemas, equipos y armas de la Fuerza de Infantería de Marina.

1.4.1 Los escalones de mantenimiento

Son cuatro y se definen en función del personal, el lugar y la autoridad responsable del mismo [6]:

- Primer escalón. Conjunto de acciones de mantenimiento llevadas a cabo por la dotación de la unidad bajo la responsabilidad directa de su comandante.
- Segundo escalón. Son las llevadas a cabo por personal ajeno a la unidad, realizadas por Grupos en instalaciones de Mantenimiento de la Fuerza bajo una autoridad subordinada al Comandante General de Infantería de Marina (COMGEIM).
- Tercer escalón. Conjunto de acciones de mantenimiento realizado en Instalaciones de Apoyo Logístico bajo la responsabilidad de una autoridad subordinada al Almirante Jefe de Apoyo Logístico (AJAL).
- Cuarto escalón. Aquellas acciones que se realizan por personal ajeno a la Armada bajo la responsabilidad de una autoridad subordinada al AJAL.

Todos los Grupos e Instalaciones de Mantenimiento de la Armada dependerán del AJAL para la aplicación de los procedimientos para la ejecución de las acciones de mantenimiento.

1.4.2 Tipos de mantenimiento

La Armada contempla tres tipos de mantenimiento en base a la naturaleza de las acciones a las que se somete el material, de los cuales ya hablamos previamente [6]:

- Mantenimiento preventivo, que comprende todas las acciones programadas que se realizan para evitar, o al menos retrasar, las posibles averías y fallas en los equipos, armas y sistemas.
- Mantenimiento correctivo, el encaminado a restaurar el funcionamiento de los equipos, sistemas y armas tras un fallo.
- Mantenimiento de modificación, que comprende las acciones a las que se somete un equipo para mejorar su rendimiento operativo, su fiabilidad o su mantenibilidad.

1.4.3 Los escalones de mantenimiento en la BRIMAR

1.4.3.1 El primer escalón

El primer escalón de mantenimiento es el conjunto de actividades llevadas a cabo por la dotación de la unidad bajo la responsabilidad de su comandante. Son mayoritariamente acciones de tipo preventivo y correctivo. Se le da el nombre de Mantenimiento Orgánico, debido a que se realiza por la propia dotación orgánica de la unidad en cuestión [5] [6].

Se estructura en dos actividades diferentes:

- Mantenimiento directo. La base de todo sistema de mantenimiento. Lo hace el responsable del uso del equipo, es decir, el usuario. Como ya se ha dicho previamente, este mantenimiento es de tipo preventivo, con carácter limitado. Además, atiende a la limpieza del equipo o sistema.
- Mantenimiento de unidad. En este caso se trata de acciones de tipo preventivo y correctivo limitado. Se realiza de acuerdo a los Procedimientos Operativos Vigentes (POV's) promulgados y se centra en engrases y pequeñas sustituciones.

1.4.3.2 El segundo escalón

El segundo escalón de mantenimiento son aquellas acciones llevadas a cabo por personal ajeno a la unidad, y cuya responsabilidad recae sobre una autoridad subordinada al COMGEIM. Engloba dos tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento de campaña. Es exclusivo de la BRIMAR y es ejecutado por equipos de la Compañía de Mantenimiento del Grupo de Apoyo de Servicios de Combate (GASC), organizados para cada fuerza. Es el realizado en operaciones y, por lo tanto, se adoptan organizaciones operativas diferentes, dependiendo del tipo de misión, equipos y composición y tamaño de la fuerza que realiza la operación. Además del mantenimiento preventivo, poseen capacidad de realizar acciones de tipo correctivo de mediana entidad y de tipo modificación limitada.
- Mantenimiento de base. También realizado por el GASC, pero cuando no está desplegado. Posee un gran alcance correctivo y de modificación de mediana entidad.

1.4.3.3 El tercer escalón

En cuanto al tercer escalón, aquellas acciones realizadas por personal de la Armada en instalaciones de Apoyo Logístico, está representado en la BRIMAR por el Grupo Permanente de Infantería de Marina (GPIM). El GPIM está encuadrado dentro de la Jefatura Industrial de Arsenales de la Jefatura de Apoyo Logístico y sus cometidos son:

- Asesorar a la Jefatura Industrial de Arsenales sobre las acciones de mantenimiento de tercer escalón.
- Inspeccionar o dirigir las actividades del cuarto escalón de mantenimiento.
- Asesorar e informar a otros órganos sobre necesidades relacionadas con material específico de Infantería de Marina.

1.4.3.4 El cuarto escalón

El cuarto escalón de mantenimiento, que son las acciones realizadas por personal o entidades ajenas a la Armada, son responsabilidad de una autoridad subordinada al Almirante Jefe de Apoyo Logístico que, en el caso de la Fuerza de Infantería de Marina, corresponde a la Sección de Armas y Sistemas de Infantería de Marina (SASIM), que depende orgánicamente de la Subdirección de Mantenimiento General. Tiene como cometidos asesorar a los órganos de la JAL sobre material específico de Infantería de Marina.

1.5 Introducción a ruido

1.5.1 Sonido. El fenómeno físico

1.5.1.1 Ondas sonoras

El sonido es un fenómeno físico que consiste en una perturbación que se propaga a través de un fluido, producida por elemento en vibración, que es capaz de generar una sensación auditiva. Las vibraciones se introducen por el pabellón del oído haciendo vibrar la membrana del tímpano, de ahí pasa al oído medio y al interno, lo que hace excitar las terminales del nervio acústico o auditivo que transmiten al cerebro los impulsos neuronales que se registran como la anteriormente mencionada sensación acústica [7].

En el aire, que es el medio propagador que se usará en el presente trabajo, el sonido se propaga por la vibración de las moléculas de aire situadas en la proximidad de la fuente propagadora o elemento vibrante, que se van transmitiendo a las moléculas colindantes en forma de ondas sonoras, y así sucesivamente. La vibración de las moléculas produce una variación de la presión atmosférica, es decir, el paso de la onda produce una onda de presión que se propaga por el aire.

Esta variación de la presión se denomina presión acústica, y se define como la diferencia entre la presión instantánea y la presión atmosférica, en un instante determinado (Figura 1-2). El oído humano puede percibir las variaciones en la presión acústica.

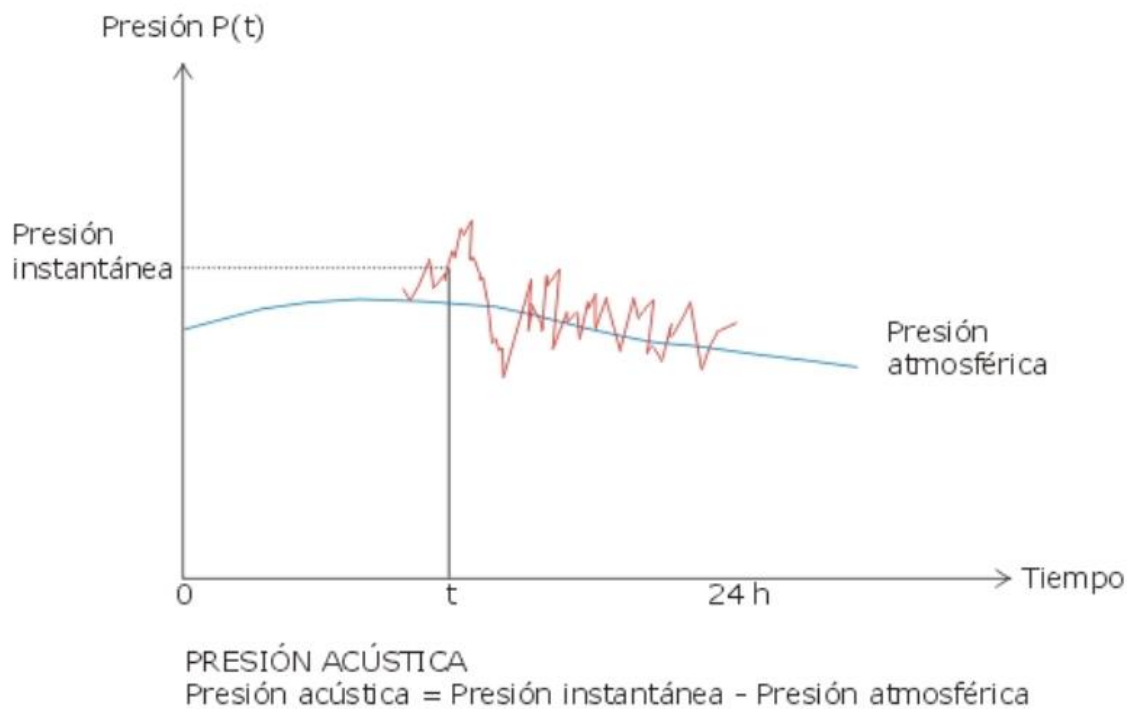


Figura 1-2 Presión acústica [7]

Las ondas sonoras se atenúan con la distancia y pueden ser absorbidas o reflejadas por los diferentes obstáculos que encuentren a su paso.

1.5.1.2 El movimiento ondulatorio

El movimiento ondulatorio es aquel que se caracteriza por la propagación de energía, sin necesidad de transferencia de materia, a través de un medio material o en el vacío (Figura 1-3). Éstas ondas serán mecánicas si necesitan de un medio material para propagarse o electromagnéticas, si pueden propagarse a través del vacío.

Según la dirección de propagación, encontramos dos tipos de ondas:

- Ondas longitudinales. Cuando la dirección de propagación de la onda es paralela a la dirección del movimiento de las partículas, como un muelle que se comprime y se estira. Las ondas sonoras son de esta clase.
- Ondas transversales. Donde la vibración de las partículas es perpendicular a la dirección de propagación de la onda.

El movimiento ondulatorio queda definido por una serie de magnitudes de espacio, de tiempo y aquellas que relacionan las dos anteriores:

- Amplitud (A). Es la máxima separación de la onda desde su punto de equilibrio, es decir, se trata del valor máximo del movimiento de una onda.
- Periodo (T). El tiempo, en segundos, que tarda un punto en realizar una oscilación completa al paso de una onda. A la inversa del periodo se le denomina frecuencia (f).
- Longitud de onda (λ). La distancia entre dos puntos consecutivos que se encuentran el mismo estado de vibración.

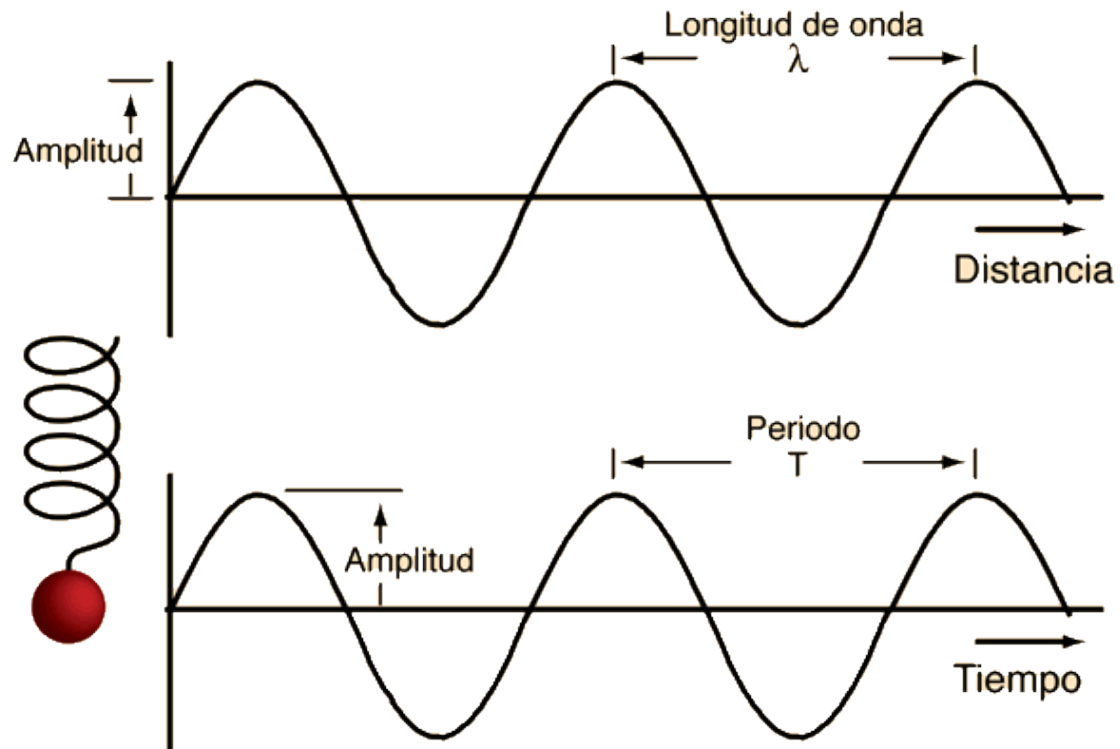


Figura 1-3 Onda sinusoidal [8]

Para la medición de la amplitud sonora de la onda a estudiar se pueden utilizar varias magnitudes: presión, potencia e intensidad sonora. La fuente sonora genera una energía en un espacio de tiempo determinado, lo que crea una potencia. Esta energía se propaga hacia el exterior creando una perturbación en la presión, como se ha mencionado anteriormente, es decir, aumentando el nivel de presión sonora en el medio al paso de dicha onda. El hecho de que la presión sonora que varía de un punto a otro hace que la medición, en ciertos casos, se realice mediante la evaluación de la potencia o la intensidad.

Intensidad sonora es la energía acústica generada por unidad de área y permite determinar la cantidad de energía radiada por una fuente en un ambiente en el que existe ruido. Cabe señalar que no es posible medir esta magnitud con un sonómetro.

Como se ha señalado anteriormente, la potencia sonora o acústica es la cantidad de energía radiada por una fuente por unidad de tiempo. Para una fuente concreta, la potencia será siempre la misma, independientemente del lugar en el que se halle, ya que se trata de un valor intrínseco de la misma.

Si bien la potencia sonora depende únicamente de la fuente sonora, la intensidad y la presión están relacionadas con la distancia: son inversamente proporcionales al cuadrado de la misma.

En cuanto a la relación entre estas tres magnitudes, hay que señalar que la intensidad y presión acústicas sólo es posible relacionarlas en ausencia total de reflexiones, debido que si tenemos un cuerpo que refleja la onda, para una intensidad determinada, la presión no será la correspondiente. Para una esfera puntual, la relación viene dada por:

$$A = \frac{W}{4\pi r^2} = \frac{p^2}{\rho c}$$

donde x es la densidad del aire y c la velocidad de propagación del sonido. El producto de estos dos valores se conoce como la “impedancia característica del medio”.

1.5.2 El ruido

El ruido se define como aquella parte del sonido que no es deseado. Una emisión de energía que provoca una sensación de molestia. En el caso del presente trabajo, el sonido emitido por el arma al realizar un disparo es ruido en sí, ya que produce sensación de molestia y no es deseado. Lo que se buscará en el presente trabajo será diferenciar los ruidos provocados por armas en buen estado y las que tengan alguna avería o mayor tiempo de uso.

En el mantenimiento industrial se habla de la monitorización de vibraciones producidas por las máquinas. En el caso práctico de un arma, no tiene sentido analizar las vibraciones, ya que el disparo se produce durante un espacio de tiempo muy corto y, como es lógico pensar, el arma sufre grandes vibraciones debido a la deflagración de la carga de proyección del proyectil. Por eso, lo que es objetivo del presente trabajo es analizar si existe algún patrón diferenciador del espectro de frecuencias de la emisión de energía generada por el sonido del disparo en distintos ejemplares del arma.

Para ello se utilizará un sonómetro del que se hablará a continuación.

1.5.3 El sonómetro

El sonómetro es un equipo utilizado para la medición de nivel de presión sonora. En un equipo básico encontramos los siguientes bloques que integran el medidor: micrófono, preamplificador, detector de sobrecarga, red de ponderación en frecuencia, banco de filtros, amplificador, detector RMS, red de ponderación temporal y un display para la representación de la señal recogida [9].

1.5.3.1 El micrófono

Es el elemento que se encarga de convertir las variaciones de presión sonora en señales eléctricas. Un micrófono debe presentar la misma sensibilidad, que es la relación de transformación de presión acústica en tensión eléctrica, en todo el rango de frecuencias (de 20 Hz a 20 KHz). Estos micrófonos presentan una impedancia de salida demasiado alta por lo que se usa un preamplificador para adaptarla a la impedancia normal de entrada de un equipo de audio.

1.5.3.2 El detector de sobrecarga

Su misión es evaluar si el margen dinámico de la señal captada es demasiado alto para alguno de los bloques posteriores. En caso de que así sea, se encargaría de enviar un mensaje de error para advertir de que la medida recibida no sería evaluable.

1.5.3.3 La red de ponderación en frecuencia

En este bloque se simula las curvas de igual sonoridad mediante el paso de la señal por un filtro que cuya respuesta varía como lo haría el oído humano. Con esto se consigue que el nivel de presión sonora medio refleje el nivel subjetivo percibido. En el caso del presente trabajo no importa realmente, por lo que se utiliza la opción de red de respuesta lineal. Esta opción permite que la señal pase sin modificación.

1.5.3.4 El banco de filtros

Se usa para aplicaciones en el que se requiera el análisis del espectro de frecuencias de la señal captada.

1.5.3.5 El detector RMS

Nos permite cambiar la respuesta temporal dependiendo de la fluctuación de la señal, es decir, cuán rápido mide el cambio de presión el sonómetro. Existen tres respuestas normalizadas: Fast, para

medidas de ruidos fluctuantes; Slow, para medidas de señales que no fluctúan rápidamente; e Impulse, únicamente utilizados para ruidos impulsivos, como puede ser un disparo.

1.6 La ametralladora FN HERSTAL MINIMI

La ametralladora MINIMI con raíl integrado, de fabricación belga, desarrollada en la Fabrique Nationale de Herstal, es un arma liviana completamente automática y con funcionamiento por toma de gases. La ametralladora, que ha sido provista de un raíl Picatinny integrado en su tapa de alimentación. Puede disparar munición de calibre 5,56 como 7,62 OTAN alimentada mediante cintas de eslabones desintegrables M27 o a partir de cargadores de tipo M16, en su versión de 5,56 x 45 mm OTAN (Figura 1-4) [10].



Figura 1-4 FN Herstal MINIMI Mod. PARA [11]

Es la ametralladora reglamentaria en Infantería de Marina en su modelo PARA, en los calibres 5,56x45 y 7,62x51 mm OTAN. El modelo PARA incluye una culata deslizante que, junto con un cañón más corto, la diferencia con el modelo STD [10].

Es una ametralladora automática refrigerada por aire y recarga accionada por gas. Funciona mediante cerrojo rotatorio [12] [13].

1.7 La pistola FN P9 17

La P9 17, fabricada por la casa Fabrique Nationale, es una pistola operada por retroceso corto y cierre por bloqueo. Es una pistola de doble acción con martillo externo. Tiene un calibre de 9x19 mm OTAN y un alcance eficaz de 50 metros. La velocidad que alcanza el proyectil en boca es de 369 m/s y tiene un peso de 712 gr. Es la pistola reglamentaria en Infantería de Marina actualmente, tras haber sustituido a la Llama-82 (Figura 1-5) [14].



Figura 1-5 Pistola FN P9 17 [11]

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Introducción

La necesidad de la industria competitiva actual de asegurar el correcto funcionamiento de los equipos de producción, así como de obtener de ellos la máxima disponibilidad, ha originado una significativa evolución del mantenimiento industrial en las últimas décadas. Sin embargo, el mantenimiento, como tal, es un concepto mucho más antiguo [1] [4].

Aunque sin tener cuerpo de doctrina, a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX, durante la Revolución Industrial, comenzaron a formar parte del mecanismo productivo las tareas de reparación de la maquinaria, lo que hoy se conoce como mantenimiento correctivo, del que se hablará más tarde.

2.2 La evolución del mantenimiento durante el siglo XX

Una vez analizada la vasta literatura existente acerca del mantenimiento industrial y sus tipos, se concluye que existen tres principales etapas durante el siglo XX [1]. Estas etapas no son claramente diferenciables en el tiempo, pero sí dan una idea de la evolución de las técnicas que se han ido implementando durante este último siglo. A estas tres etapas se las conoce como Primera, Segunda y Tercera Generación.

Cabe decir que el factor fundamental por el que no existe dicha frontera temporal entre ellas es, entre otros, la diferente evolución que los diferentes sectores de la industria han experimentado [3] [4]. Así, por ejemplo, el sector de la aeronáutica siempre ha ido muy por delante del naval y ferroviario.

2.2.1 Primera Generación

Constituida desde principio de siglo XX, hasta la Segunda Guerra mundial. Esta etapa está caracterizada, salvo excepciones, a reparaciones en caso de avería. A parte de las reparaciones, las actividades de mantenimiento también se centraban en periódicos engrases, lubricaciones y limpiezas [1].

El mantenimiento de equipos y máquinas apareció por primera vez, como actividad organizada, en las fundiciones de Estados Unidos, durante la Primera Guerra Mundial. Más tarde, durante la década de 1920, el mantenimiento como tal y las primeras técnicas de verificación mecánica se comenzaron a practicar en granjas agrícolas y transportes.

2.2.2 Segunda Generación

A partir de la Segunda Guerra Mundial, se definen como objetivos tanto la disponibilidad operacional de los medios de producción, barcos, aviones, ferrocarriles y equipos en general, como que éstos duren lo máximo posible en condiciones operativas idóneas, con los menores costes posibles. Muy probablemente esto vino motivado por los avances en los sectores industriales para la fabricación armamentística, así como por la evolución aeronáutica. A todo esto hay que añadir, la enorme competencia que se crea entre la década de los 50 y finales de los años 70, debido a la incorporación de fabricantes orientales al mercado occidental, lo que genera una continua búsqueda de mejores resultados [1] [2].

En esta segunda etapa, se comienzan a implantar sistemas de mantenimiento preventivo, basados en revisiones cíclicas de los equipos e instalaciones, como se verá más adelante. Estas revisiones se definen en base a la conocida “curva de la bañera”, una gráfica que representa los fallos durante el periodo de vida útil (Figura 2-1). En ella se aprecian tres etapas.

2.2.2.1 Fallos iniciales o infantiles

Se caracteriza por un elevado número de averías que desciende rápidamente con el tiempo. Éstas se solucionan, básicamente, con los primeros ajustes y puestas en marcha del equipo. Pueden deberse a la existencia de instalaciones incorrectas, desconocimiento del equipo por parte de los operarios o inexistencia de un procedimiento correcto.

2.2.2.2 Fallos normales o aleatorios

En esta etapa aparece un periodo continuo de vida útil en el que no es necesario intervenir en el equipo, salvo para subsanar un pequeño número de averías, ciertos reengrases o inspecciones puntuales. Estos fallos son producidos por causas aleatorias externas. Pueden ser accidentes fortuitos o condiciones inadecuadas. Durante esta vida útil, es cuando se establecen las mencionadas revisiones cíclicas que cada sector definen de forma independiente, en relación al número de horas de trabajo, número de horas de vuelo, kilómetros recorridos, etc.

2.2.2.3 Fallos de desgaste

Caracterizada por una tasa de errores que aumenta rápidamente. Los fallos son producidos por el desgaste natural del equipo debido al transcurso del tiempo.

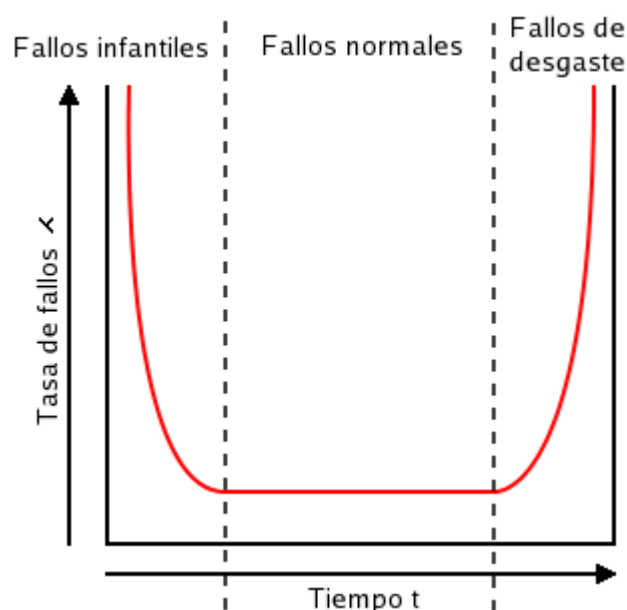


Figura 2-1 Curva de la bañera [15]

A los sistemas de mantenimiento preventivo característicos de esta generación se les añaden las reparaciones precisas en caso de fallo o reparaciones programadas, como es obvio.

La optimización del mantenimiento de Segunda Generación se fundamenta en avanzados sistemas de planificación y control de los trabajos realizados, mediante órdenes de trabajo, tanto el lanzamiento de éstas como la retroalimentación y verificación de los datos contenidos en esas órdenes de trabajo (equipo afectado, subsistema averiado, agentes que han intervenido, horas de trabajo, horas de la parada, repuestos consumidos, centro de coste, etc.) [1].

Es durante esta etapa, a comienzos de los años 70, cuando se empiezan a desarrollar herramientas informáticas, de tal manera que todas esas órdenes de trabajo y los datos contenidos en las mismas se fueron implementando en bases de datos informatizadas, con el objeto de optimizar los sistemas de toma de decisiones. Paralelamente a estas herramientas, comenzaron a aparecer en el mercado herramientas de software para facilitar a los responsables del mantenimiento de los equipos aquellas tareas de planificación y control.

Más tarde, durante la década de los 80, se llegó a la conclusión de que el mantenimiento preventivo de la Segunda Generación entraba en una situación de estancamiento una vez optimizado en cuanto a periodicidades y consistencias de las revisiones cíclicas mencionadas anteriormente y en cuanto a los sistemas de planificación y control, es decir, se estabilizaban los índices principales del mantenimiento: la fiabilidad, la disponibilidad y los costes. Se dedujo que esta situación de estancamiento se alcanzaba en un determinado punto en el que cualquiera de los tres índices a mejorar implicaba el detrimento de uno de los otros dos. Por ejemplo, si se quería optimizar los costes minimizando los repuestos o la mano de obra, la disponibilidad y/o la fiabilidad empeoraban sustancialmente. Se puede expresar este equilibrio como un mesa de tres patas, en la que cualquier exceso o pérdida en una de sus patas, genera un desequilibrio global (Figura 2-2).



Figura 2-2 Esquema de la gestión del mantenimiento [1]

2.2.3 Tercera Generación

Ante esta situación de estancamiento, en los años 80 se empezó a hablar de mantenimiento de Tercera Generación, el cual fundamenta sus objetivos en los tres ya mencionados –fiabilidad,

disponibilidad y costes-, abordando complementariamente otros aspectos poco analizados en las etapas anteriores.

La seguridad pasó a ser prioritaria durante las últimas dos décadas del siglo XX, con gran emisión de normativa, reglamentación, etc. Asimismo, la calidad comenzó a tomar gran importancia con la publicación de las normas ISO 9000 e ISO 9002. La protección medioambiental, con la publicación de la norma ISO 14000, se convirtió también en un aspecto crucial en cualquier actividad de mantenimiento. Durante esta etapa, los expertos se dieron cuenta de que ya no sólo era importante que el sistema o equipo fuera fiable y mantenible, sino que la primera inversión, sumada a los costes financieros y los costes de operación, mantenimiento y reemplazo, es decir, su coste total de ciclo de vida, fueran los menores posibles, por lo que pasó a ser determinante la duración de los equipos mediante el análisis detallado de los costes de ciclo de vida (*Life Cycle Cost*, *LCC*, por sus siglas en inglés) en las decisiones de compra de nuevos equipos y sistemas.

Además, durante esta etapa del mantenimiento cobró una importancia primordial la observancia de la normativa. Aparecen numerosas administraciones estatales, autonómicas y locales que abordan las reglamentaciones específicas del mantenimiento. A su vez, aparece durante esta etapa el llamado mantenimiento reglamentario o legal que, dentro del mantenimiento preventivo, se encarga de las inspecciones obligatorias que las legislaciones obligan a realizarse de forma periódica, ya sea por parte de las propias empresas o por personal ajeno autorizado.

Las técnicas del mantenimiento de Tercera Generación se basan, principalmente, en la incorporación de métodos que lleven a intervenir en los sistemas y equipos únicamente cuando sea necesario. Así pues, aparecen los Mantenimientos según Condición (MOC, por sus siglas en inglés), encaminados a intervenir antes de que se produzca el fallo o deterioro grave, basándose en el análisis de la evolución de una variable que realmente sea significativa y determine el estado de la máquina. Aparecen durante esta etapa otras muchas técnicas, como el Mantenimiento Total Productivo (TPM, por sus siglas en inglés)

El TPM comienza a implantarse en los años setenta en Japón. Se trata de un programa de gestión del mantenimiento efectivo e integrado que engloba a todos los anteriores. Dentro del mismo destaca el Mantenimiento Autónomo; es decir, el mantenimiento llevado a cabo por los propios operarios de producción. Otro concepto innovador de esta técnica es la implicación activa de todos los empleados en alcanzar los objetivos propuestos por la empresa y la creación de una cultura propia que estimule el trabajo en equipo y eleve la moral del personal. De este tipo de mantenimiento se hablará en un apartado específico del presente trabajo.

Durante esta etapa, se presenta el análisis de riesgos como una herramienta importante para las nuevas estrategias de mantenimiento. Es posible que sea más rentable dejar que falle un equipo si dicha avería supone un riesgo mínimo y asumible, o incluso nulo. A partir de 1980 era difícil concebir cualquier aparato industrial sin un autómata programable que memorizase ciertos parámetros y/o eventos y que ayudase a su mantenimiento.

Estos sistemas, en principio ubicados a pie de máquina, van incorporándose en redes informáticas de control de plantas, instalaciones, etc., lo que da comienzo a la etapa de descentralización de los sistemas de información y análisis riguroso y técnico de los datos por expertos.

Paralelamente, aparecen los análisis de causas y fallos. No solamente hay que analizar la avería, sino que hay que evaluar sus causas dentro de un contexto operacional determinado. Los equipos y sistemas no fallan igual en un lugar que en otro. Las causas son diferentes, luego las acciones a tomar también lo son (Figura 2-3).

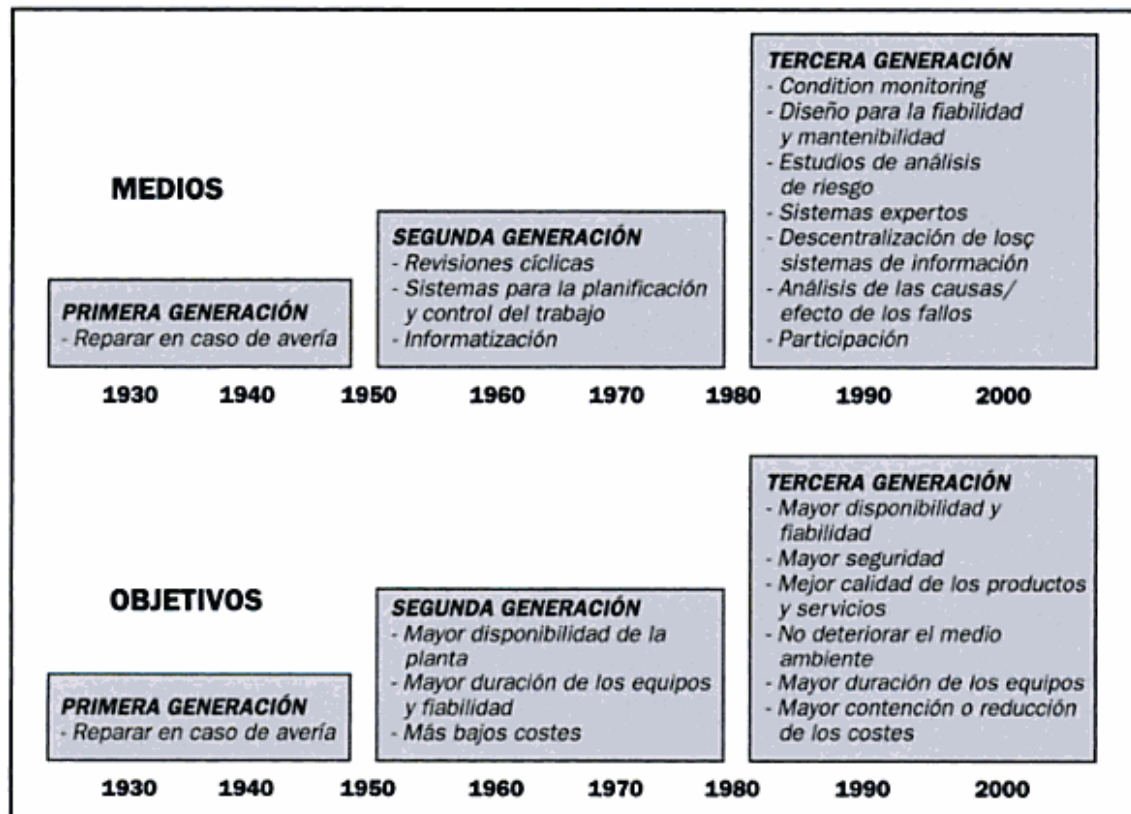


Figura 2-3 Objetivos y medios de mantenimiento en las empresas durante el s. XX [1]

2.3 Mantenimiento en la actualidad

Con el cambio de siglo, aparecen nuevas tendencias en el mantenimiento industrial. En primer lugar, se refleja la necesidad de integrar todos los nuevos conceptos de mantenimiento de los últimos años del siglo XX. Si en un principio estos conceptos se plantearon de forma más o menos aislada, como el RCM o TPM, en esta nueva etapa del mantenimiento se comienza a realizar una gestión integrada del mantenimiento, para así poder ayudarse de todas estas nuevas “mantecnologías”.

Otro enfoque que comienza a tomar forma en el presente siglo es la gestión del mantenimiento orientada al cliente, y no a resultados técnicos. Además, un aspecto diferenciador con respecto a etapas anteriores es la externalización o contratación de actividades. Si bien en la Tercera Generación se comenzó a dar esta estrategia, en el siglo XXI se encuentra ya plenamente esbozada. Se profundiza en esta idea como mejora de costes y calidad en el servicio. Aparecen los contratos “ganador-ganador”, con el objetivo de hacer más atractiva la actividad de mantenimiento, motivando a llevar a cabo procesos de mejora continua. Se basan principalmente en compartir objetivos, riesgos, beneficios o pérdidas en el servicio de mantenimiento o en la total claridad entre contratista y contratante, que se corresponsabilizan con la buena marcha del servicio.

En lo referente a normativa de gestión, las aisladas certificaciones de calidad y medio ambiente pasan a estar integradas junto a aspectos de seguridad de los trabajos y competencia de los trabajadores. También, se profundiza en dar participación a los trabajadores e informar de los resultados, avances y retrocesos. Para ello, el benchmarking se abordara a todos los niveles, es decir, que la empresa se comparará con las mejores del sector e intentar saber cómo consiguen ellos mejoras en los aspectos diferenciadores.

Por último, en el presente siglo sigue siendo crucial la observancia de la normativa. El hecho de que exista un mercado globalizado, se traduce en una inclusión de una gran cantidad de reglamentos, normas y recomendaciones que hasta ahora no tenían lugar en el mercado occidental [3].

3 METODOLOGÍA

En el presente apartado de este TFG quedará reflejado en primer lugar la manera en que se realizaron los ensayos con la pistola, los instrumentos que se utilizaron para la recogida de datos y el software usado para el procesado de los registros.

A continuación se reflejará la gama de mantenimiento utilizada, estableciendo primero las etapas necesarias para poder realizar acciones de mantenimiento autónomo en una máquina, pasando a explicar la plantilla utilizada en la gama de mantenimiento.

3.1 Medidas térmicas y acústicas

Para comenzar con el desarrollo del presente trabajo, se vio como una necesidad el realizar ensayos de tiro. El objeto de ello es el de evaluar si es posible prevenir averías en los puntos o elementos críticos del arma. Por razones de disponibilidad, sólo fue posible realizar ensayos con la pistola en la galería de tiro de la Escuela Naval Militar.

Los ensayos consistían en realizar un disparo. Mediante el sonómetro se recogía el ruido del mismo y, a continuación, se recogía la firma térmica de la pistola mediante la cámara termográfica (Figura 3-1).



Figura 3-1 Esquema de medición

3.1.1 Instrumentos de medida

3.1.1.1 El sonómetro

El instrumento utilizado para la medición del ruido de los disparos durante los ensayos es el analizador de ruido modular de precisión “2260 Observer” de la casa Brüel & Kjær [16]. Es un instrumento portátil que normalmente se utiliza en la medición de ruido en entornos de trabajo (Figura 3-2).



Figura 3-2 Sonómetro 2260 "Observer"

Realiza todos los parámetros de banda ancha y valores estadísticos en paralelo, de forma que nada se pierde. Es posible, además, almacenar los datos espectrales y de banda ancha recogidos para su posterior análisis.

3.1.1.2 La cámara térmica

El instrumento utilizado para la toma de registros térmicos fue la cámara térmica FLIR i3. Permite realizar fotografías térmicas con una exactitud de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ (Figura 3-3).



Figura 3-3 Cámara FLIR i3

3.1.2 Condiciones de los ensayos

Los ensayos se realizaron el mismo día, en el mismo lugar y, por lo tanto, bajo las mismas condiciones atmosféricas (Tabla 3-1). Estas condiciones fueron las siguientes:

Tabla 3-1 Características atmosféricas durante los ensayos

Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Presión atmosférica (Pa)	Radiación horizontal ($W \cdot h/m^2$)	Dirección viento (deg)	Velocidad viento (m/s)
10,95	72,33	103489	130,63	264,33	0,74

Para realizar los ensayos, se utilizaron dos ejemplares de la pistola FN P9 17. Se decidió que para evaluar las condiciones normales de funcionamiento del arma requería poseer una muestra amplia, dentro de las posibilidades que se ofrece en la Escuela Naval Militar, por lo que era necesario utilizar dos ejemplares distintos. Además, se fijó el tamaño mínimo de la muestra para cada arma a treinta.

En lugar en el que se realizaron los ensayos fue la galería de tiro ubicada en la Escuela Naval Militar. La galería es un pabellón a cielo abierto y cuyo suelo es de césped. Permite realizar disparos hasta una distancia de 15 metros, pero los ensayos se realizaron a 7 metros de los blancos, debido a que, en la línea de los 15 metros, sí que posee un techo metálico que podría interferir con los resultados de las medidas de ruido.

El sonómetro se colocó a la distancia de 7 metros y a 50 centímetros del sonómetro se realizaban los disparos (Figura 3-4).



Figura 3-4 Sonómetro en la galería de tiro

Debido a que los cargadores de la pistola no poseen capacidad para 30 disparos y solo se disponía de 2 cargadores por arma, se municionaron 15 disparos por cargador para conseguir que la pistola se enfriara lo menos posible.

3.1.3 Software empleado

Para analizar las distintas medidas recogidas y analizarlas se utilizaron tres programas:

3.1.3.1 FLIR QuickReport

Es un programa creado por la casa FLIR utilizado para analizar las fotografías tomadas con la cámara termográfica. Entre sus opciones tiene, por ejemplo, la posibilidad de cambiar las condiciones atmosféricas en las que se hizo la fotografía para una mayor precisión en las medidas.

En este software es posible seleccionar diversos puntos de la fotografía para mostrar su temperatura. Además de poder seleccionar un área para medir la temperatura media.

El objetivo de usar este programa es analizar cada una de las fotografías, punteando las zonas más calientes del arma, para poder analizar los puntos en los que más se calienta el arma y medir la variación de temperatura entre cada uno de los ejemplares (Figura 3-5Figura 3-5 Interfaz software QuickReport).

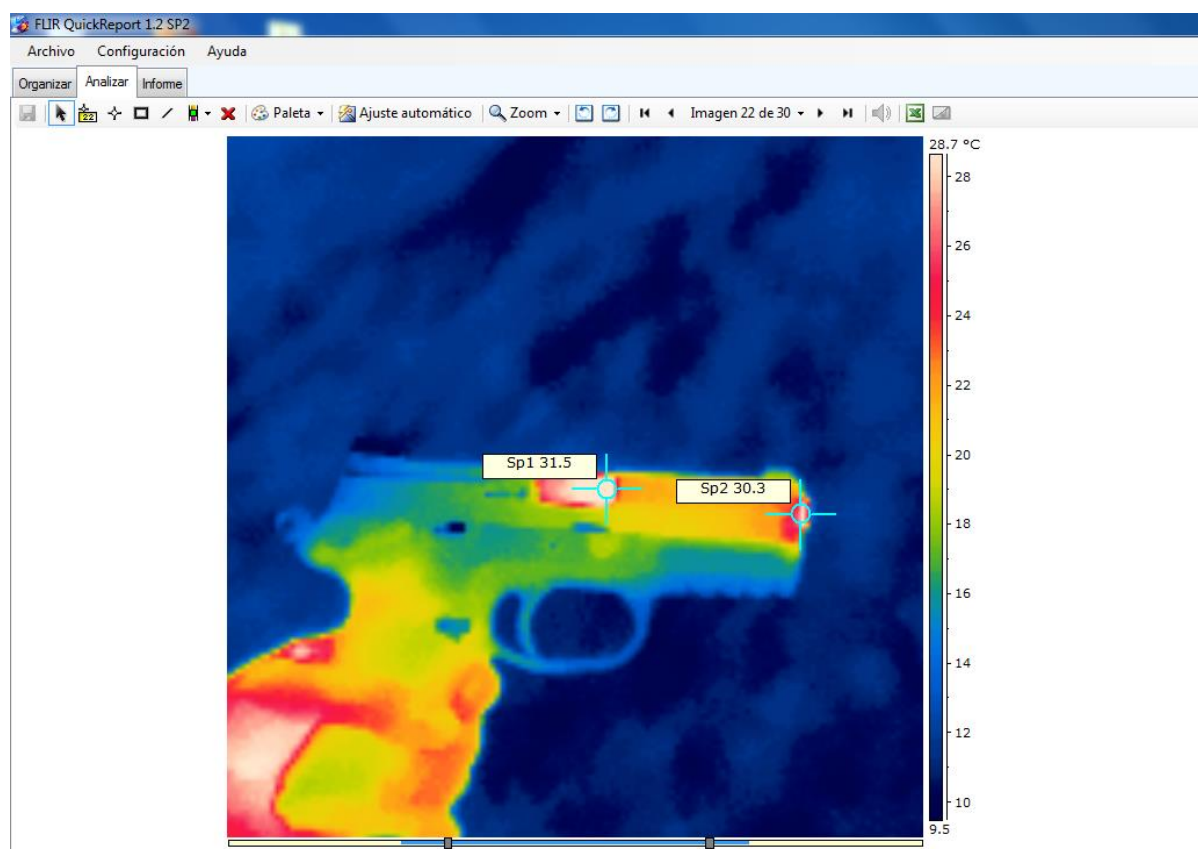


Figura 3-5 Interfaz software QuickReport

En la figura se muestra una de las muestras tomadas con la cámara térmica y en ella punteados los dos zonas de interés para el trabajo: la boca del cañón y la recámara.

3.1.3.2 Noise Explorer

Noise Explorer es una herramienta que permite analizar muestras acústicas recogidas por medio de un sonómetro (Figura 3-6). En el presente trabajo este software es de ayuda para poder evaluar si existen cambios significativos en la intensidad generada por un disparo cuando el arma lleva un uso continuado.

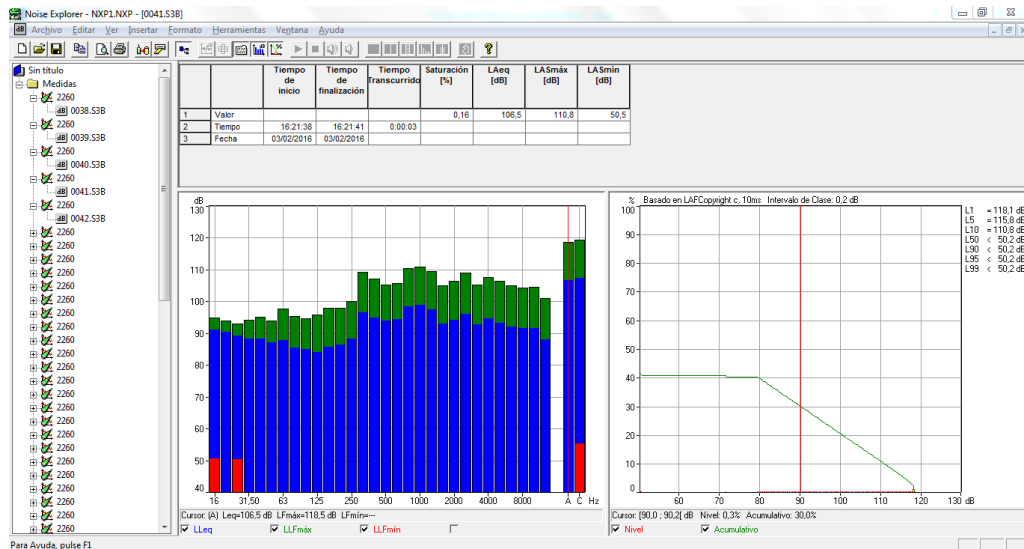


Figura 3-6 Interfaz Noise Explorer

En la ventana del programa se puede apreciar que nos aparecen una serie de valores de la muestra recogida. Para el presente trabajo, es de interés el valor LASmáx, que representa el valor máximo de intensidad sonora registrado durante la medición.

A mayores se puede apreciar que el programa también proporciona la intensidad repartida por el espectro de frecuencias de la medición. El espectro se encuentra repartido en octavas de frecuencia.

3.1.3.3 SPSS Statistics

SPSS Statistics es un programa creado por la empresa IBM que permite realizar numerosas operaciones estadísticas y que en el presente trabajo nos permite analizar si existen diferencias entre las muestras recogidas en las dos pistolas.

Para ello utilizamos la prueba de la distribución de la T de Student, que permite de la determinación de diferencias entre dos medias muestrales cuando el tamaño de la muestra es pequeño, 30 en nuestro caso.

El SPSS Statistics presenta una apariencia similar a una hoja de cálculo del Microsoft Excel en la que se introducen las variables y el programa realiza los cálculos necesarios.

3.2 Gamas de mantenimiento

3.2.1 Desarrollo de un agama de mantenimiento. Etapas

Como se ha desarrollado antes en este Trabajo de Fin de Grado, el mantenimiento autónomo tiene por objeto aumentar la efectividad de las máquinas e instalaciones y prevenir su deterioro, completando y apoyando las actividades del mantenimiento especializado. En el presente caso de estudio, la ametralladora MINIMI, lo que interesa es aumentar el tiempo entre dos revisiones periódicas, lo que se traduce en una mejora del periodo operativo del arma. El usuario de la misma debe realizar este mantenimiento y, para ello, es objetivo del presente trabajo realizar una gama de mantenimiento para dotar al usuario de una herramienta de fácil aplicación para realizar el mantenimiento autónomo del arma, tal y como lo indica el fabricante.

Para que esto pueda llevarse a cabo es necesaria la colaboración entre operadores y mantenedores y una integración en la producción de las tareas básicas de mantenimiento. Estas acciones simples son preventivas, como limpieza, inspección, apriete de pernos o lubricación; y de corrección, como sustituciones o pequeños arreglos. Éstas últimas estarán siempre al alcance técnico del operador del sistema.

Para poder realizar mantenimiento autónomo a una máquina son necesarias una serie de etapas que culminan en la realización de una gama de mantenimiento autónomo.

3.2.1.1 Etapa 1: conocimiento de la máquina

El propósito de esta etapa es, como puede intuirse, el conocimiento con detalle de la máquina. El grado de detalle ha de ser el máximo que se nos permita, teniendo en cuenta las acciones de mantenimiento que el operario va a poder llevar a cabo. Asimismo, se han de identificar los puntos críticos, aquellas zonas más problemáticas, y las anomalías más frecuentes de la máquina [17].

En esta fase se elabora el “Libro de la máquina para operadores” y se lleva a cabo la limpieza dirigida de la máquina, poniendo especial atención en identificar las anomalías que la máquina tiene.

3.2.1.2 Etapa 2: prevención, detección y corrección del deterioro

Esta etapa se ocupa de evitar el desgaste acelerado de la máquina. Para ello se utilizan las anomalías identificadas en la limpieza dirigida y se corrigen. Además, es necesario identificar las operaciones sencillas y frecuentes que el operario puede realizar para contribuir al mantenimiento de la máquina. A estas tareas hay que asignarles una frecuencia de ejecución. Y con esto, se realiza la gama de mantenimiento autónomo de la máquina.

3.2.1.3 Etapa 3: mantenimiento de mejora

El propósito de la tercera y última etapa es mejorar las prestaciones de las instalaciones. Con esto se pretende que las máquinas requieran de un menor mantenimiento, mejorando las limitaciones de las mismas.

Con lo recogido en la gama de mantenimiento de la máquina, se identifican las limitaciones en el funcionamiento de las instalaciones, se diseñan mejoras que permitan superar dichas limitaciones y, por último, se implantan las mejoras diseñadas.

En el presente caso de estudio, se trata de mejorar aquellas zonas o puntos críticos del arma, reduciendo el número de acciones de mantenimiento correctivo necesarias.

3.2.2 Descripción de la plantilla

Para realizar la gama de mantenimiento autónomo, se utiliza una plantilla que consta de varias partes. Dicho formato de plantilla es utilizado por empresas como Navantia S.A. o MAESSA S.A., entre otras, para sus máquinas.

3.2.2.1 Ficha de máquina

La primera parte de dicha plantilla es lo que se denomina “Ficha de la máquina”.

Página 1

Figura 3-7 Plantilla de la ficha de máquina

Como se puede observar en la Figura 3-7, se distinguen tres partes:

- La superior, en la que se introduce una fotografía de la máquina en la que se puedan ver todas las zonas que nos interesan. Estas partes se rotulan con letras.
- La inferior izquierda, que quedan reflejados los principales datos de la máquina que sean de interés.
- Y la inferior derecha, con las letras que corresponden a cada zona de la máquina y su correspondiente nombre, que serán de utilidad en las secciones posteriores.

3.2.2.2 Zonas y elementos

La siguiente parte de la plantilla utilizada es la denominada “zonas y elementos”. En ella se presentan todos los elementos que componen los conjuntos que se indicaban anteriormente en la primera página de la guía (Figura 3-8).

		ESTRUCTURA DE MÁQUINA. ZONAS Y ELEMENTOS		Cod:	
				Fecha:	
				Pág:	2
MÁQUINA:					
ZONA		ELEMENTO			
CÓDIGO	NOMBRE	CÓDIGO	NOMBRE		

Figura 3-8 Plantilla de "Zonas y elementos"

El código de un elemento estará compuesto por el código de la zona, que es la letra usada en la primera parte, más un número. De esta manera el primer elemento de la primera zona será el A1 y así sucesivamente.

Cabe destacar que en una máquina existe una gran cantidad de elementos que componen una zona. Por lo tanto, en este apartado sólo interesa indicar aquellos elementos que sean susceptibles de ser mantenidos por el operario, que hayan de ser desmontados por el mismo, etcétera.

3.2.2.3 Croquis de sistema

En esta parte de la guía de mantenimiento es necesario indicar algunos croquis de funcionamiento de la máquina, debido a que, como ya se indicaba anteriormente, la primera etapa en el desarrollo del mantenimiento autónomo es el conocimiento con detalle de la máquina (Figura 3-9).

Esta parte se encarga de tener identificados los diferentes elementos críticos de la máquina. Es necesario que el operario conozca cuales son estos elementos y que, sobre todo, conozca las condiciones de limpieza en las que deben estar estos elementos.

Figura 3-11 Plantilla de la ficha de elemento crítico

Además hay que hacer especial hincapié en las condiciones básicas de limpieza en las que debe estar el elemento para que el operario pueda identificar fácilmente si está en condiciones adecuadas o si es necesario limpiarlo, lubricarlo, etcétera.

3.2.2.6 Plan de limpieza dirigida

31

Las primeras tres columnas indican el elemento en el que se produce la anomalía. A continuación se indica de qué tipo de anomalía se trata (Figura 3-13). Existen varios tipos, que pueden cambiar dependiendo de la máquina:

- FS: Fuente de suciedad
- PD: Punto deteriorado
- AP:
- LDL: Lugar de difícil limpieza
- PDL: Punto de difícil lubricación
- PIA: Punto insuficiente apriete

Las tres últimas columnas son una pequeña descripción de la anomalía del elemento en cuestión, la causa que lo provoca y la solución que pueda tener y, por último, unas observaciones acerca de la anomalía.

3.2.2.8 Gama de mantenimiento

Esta es la culminación de todo el documento. Es la gama de mantenimiento propiamente dicha. En ella se incluyen todas las acciones del plan de limpieza dirigida más detalladamente.

GAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			MÁQUINA:		MÁQUINA DE PLASMA TELEREX TXB			RESPONSABLE: _____			
MÁQUINA PARADA/EN MARCHA											
Cód. _____			Cód. _____								
Fecha _____			Pág. _____								
Rep. _____			Rep. _____								
Croquis/fotos de la máquina											

Figura 3-14 Plantilla de gama de mantenimiento

Además de las columnas del plan de limpieza dirigida, se puede apreciar que en la cuarta columna se indica la frecuencia con la que la acción ha de ser llevada a cabo (Figura 3-14). Asimismo, se indica cómo se ha de realizar la acción (p.e: se han de levantar las escobillas y limpiar la parte interior).

Se indica la duración de cada una de las acciones y no del total, como en el plan de limpieza dirigida.

Se añade, además, un croquis o fotografía de la máquina y un orden de las zonas a limpiar.

4 RESULTADOS

En este apartado se analizarán los datos recogidos en los ensayos. En la pistola se analizarán primero los registros de temperaturas en recámara y en boca en cada pistola. Tras esto, se utilizará la prueba de la *t* de Student para evaluar si existen diferencias significativas entre las dos pistolas utilizadas en los ensayos. Se realizará el mismo procedimiento con los registros acústicos.

Por último, se expondrá la gama de mantenimiento aplicada a la ametralladora MINIMI, explicando cada uno de sus apartados.

4.1 Resultados ensayos térmicos

Cuando se analizó con el programa Quick Report las sesenta muestras tomadas, treinta de cada pistola, se podía ver a simple vista que los dos puntos que mayor temperatura alcanzaban eran la recámara y la boca del cañón. Estos datos se pasaron a una hoja de cálculo en Excel para poder realizar una gráfica (Figura 4-1 y Figura 4-2).

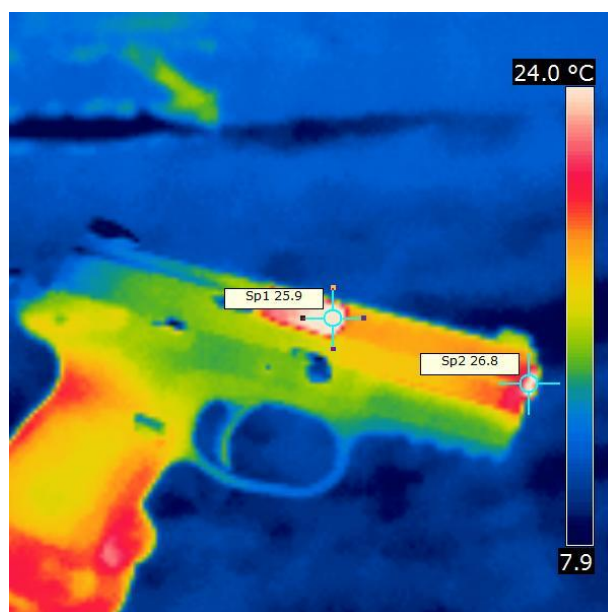


Figura 4-1. Imagen termográfica de las temperaturas alcanzadas en las distintas partes de la pistola, recámara y boca del cañón.

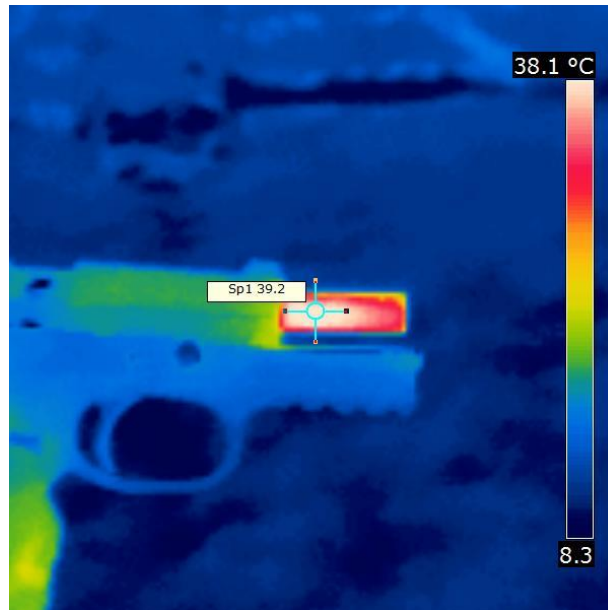


Figura 4-2.Imagen termográfica de las temperaturas alcanzadas en las distintas partes de la pistola, parte intermedia del cañón.

En los ensayos de ambas armas se puede observar el calentamiento inicial del arma en los 2 primeros disparos, a partir de los cuales el calentamiento es más suave y tiende a estabilizarse la temperatura (Figura 4-3 y Figura 4-4). Los picos que se muestran en las figuras (círculos amarillos) representan los últimos disparos de cada cargador, en los cuales la corredera se ha desplazado hacia atrás liberando el cañón, por lo tanto, dejando visible la zona del arma que más temperatura alcanza. Aunque se esperaba que al retirar la corredera se refrigerase el arma, como este proceso se realizó en un breve periodo de tiempo, el perfil de temperaturas continuó estable.

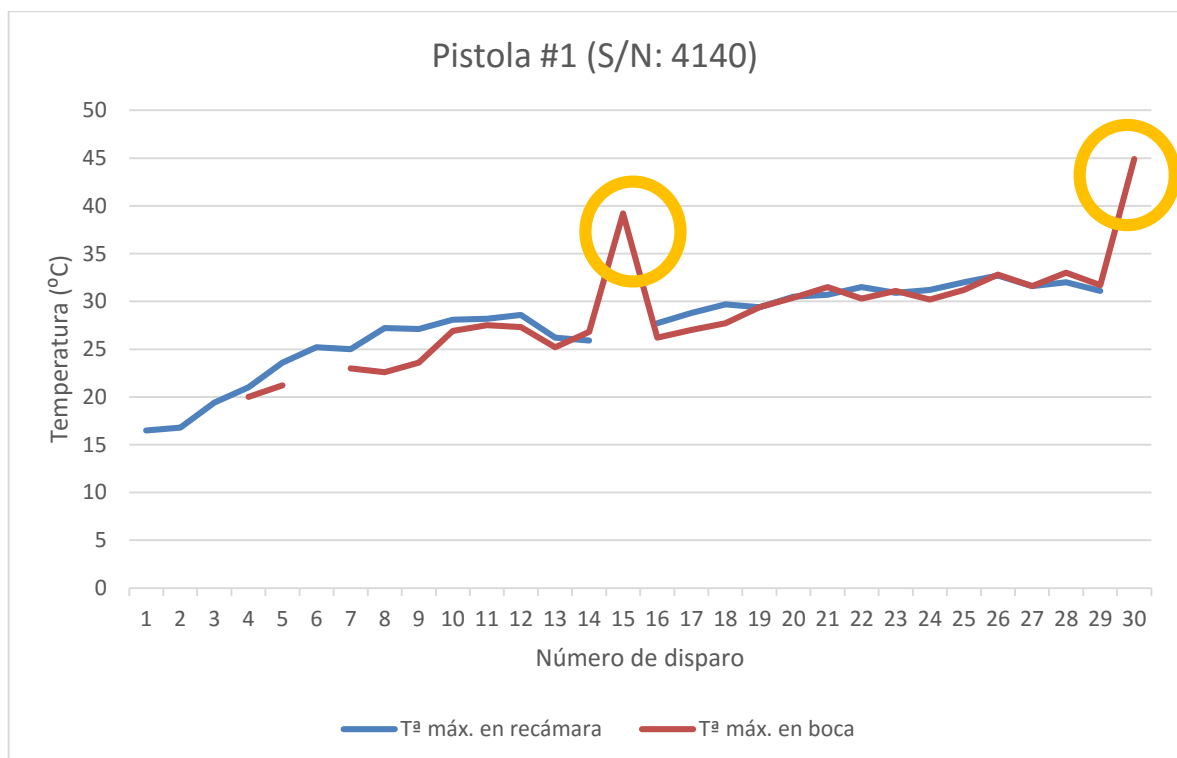


Figura 4-3 Gráfica de registros de temperaturas para la pistola #1

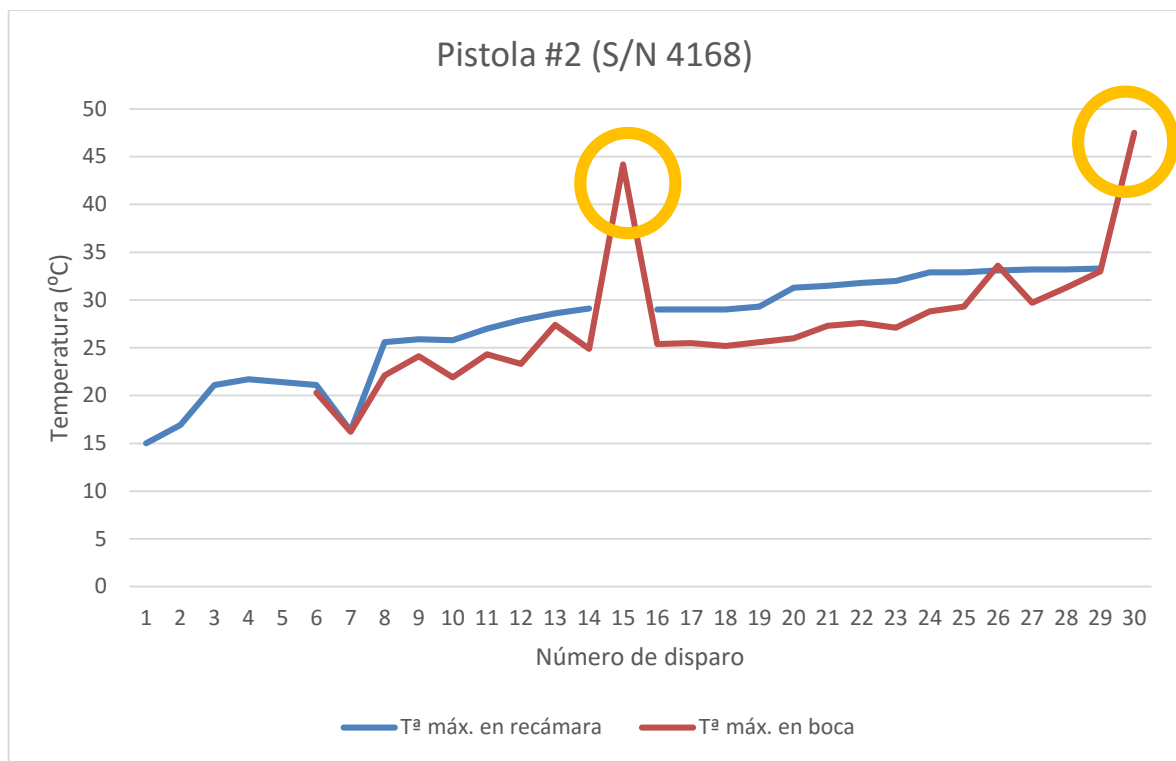


Figura 4-4 Gráfica de registros de temperaturas para la pistola #2

Tras esto, se procedió a evaluar si existían diferencias significativas entre los dos ejemplares. En caso de no haberlas, se puede constatar que se han verificado las condiciones normales de funcionamiento para estos dos ejemplares, teniendo como muestra los treinta disparos que se realizaron con cada uno.

Con el software SPSS Statistics se evaluó si existían diferencias entre las temperaturas en recámara de las dos armas. Al tratarse de grupos de ensayos con tamaño de muestra inferior a 30, se comprobó que los datos se ajustaban a una distribución normal a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov ($p > 0.05$). En la Tabla 4-1 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 4-1 Prueba t de Student para temperaturas en recámara

Grupos	N	Media (Temp. °C)	Desv. Típica	Prueba de Levene para igualdad de varianzas		Prueba t para muestras independientes		
				F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Pistola #1	28	27.45	4.49	1.73	0.19	0.09	54	0.92
Pistola #2	28	27.32	5.53					

Se aprecia que no existen diferencias significativas entre los dos ejemplares de la pistola. Por lo tanto se tienen las temperaturas en recámara como normales de funcionamiento para nuestras muestras.

Para las temperaturas en boca se realiza el mismo procedimiento. Se comprueba que los datos se ajustaban a una distribución normal, por medio de la prueba de Kolgomorov-Smirov. En la Tabla 4-2 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 4-2 Resultados prueba t de Student para temperaturas en boca

Grupos	N	Media (Temp. °C)	Desv. Típica	Prueba de Levene para igualdad de varianzas		Prueba t para muestras independientes		
				F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Pistola #1	26	28.93	5.34	0.22	0.64	0.75	49	0.46
Pistola #2	25	27.66	6.69					

Se puede constatar, tal y como en las temperaturas en recámara, que no existen diferencias significativas.

4.2 Resultados ensayos acústicos

En cuanto a los ensayos acústicos, se realizó el mismo procedimiento que el llevado a cabo con las muestras de imágenes térmicas. Se clasificaron los registros sonoros obtenidos como ruidos de impacto, ya que en base a lo indicado por Cortés [18] se entiende por ruido de impacto aquel en el que las variaciones entre dos máximos consecutivos de nivel acústico se efectúan en un tiempo superior a un segundo, como es el caso.

En la pistola los datos obtenidos fueron los siguientes:

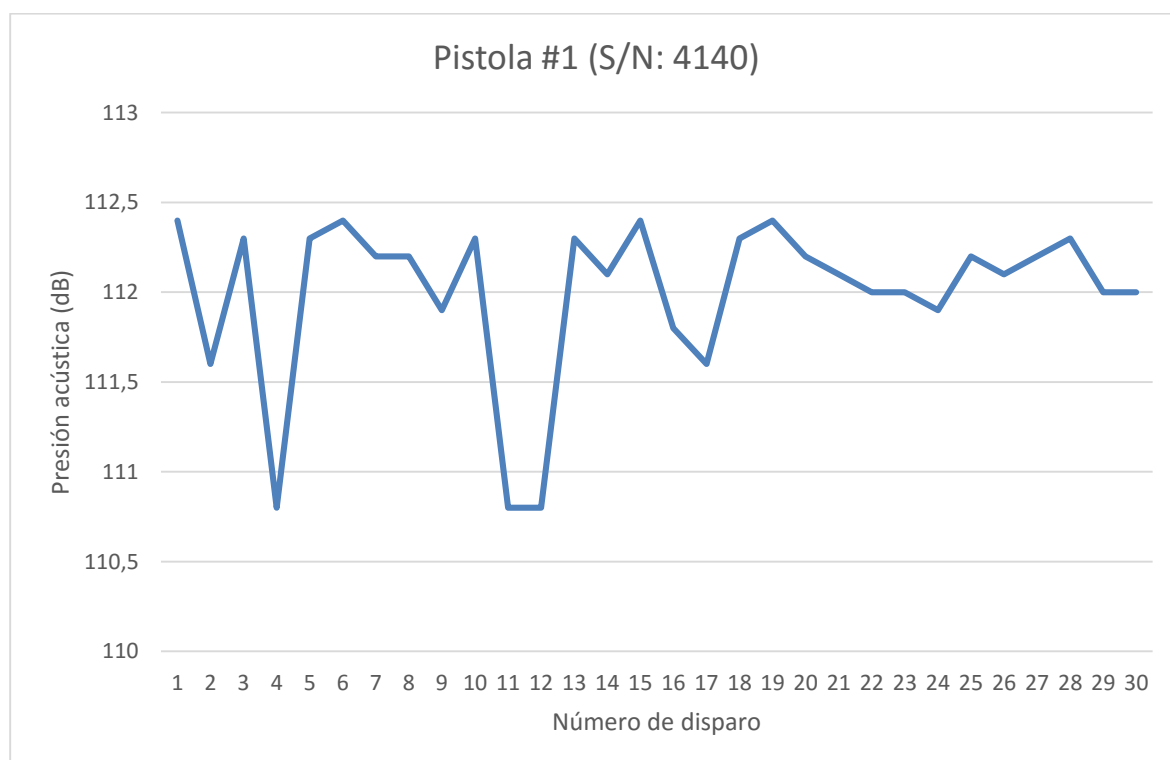
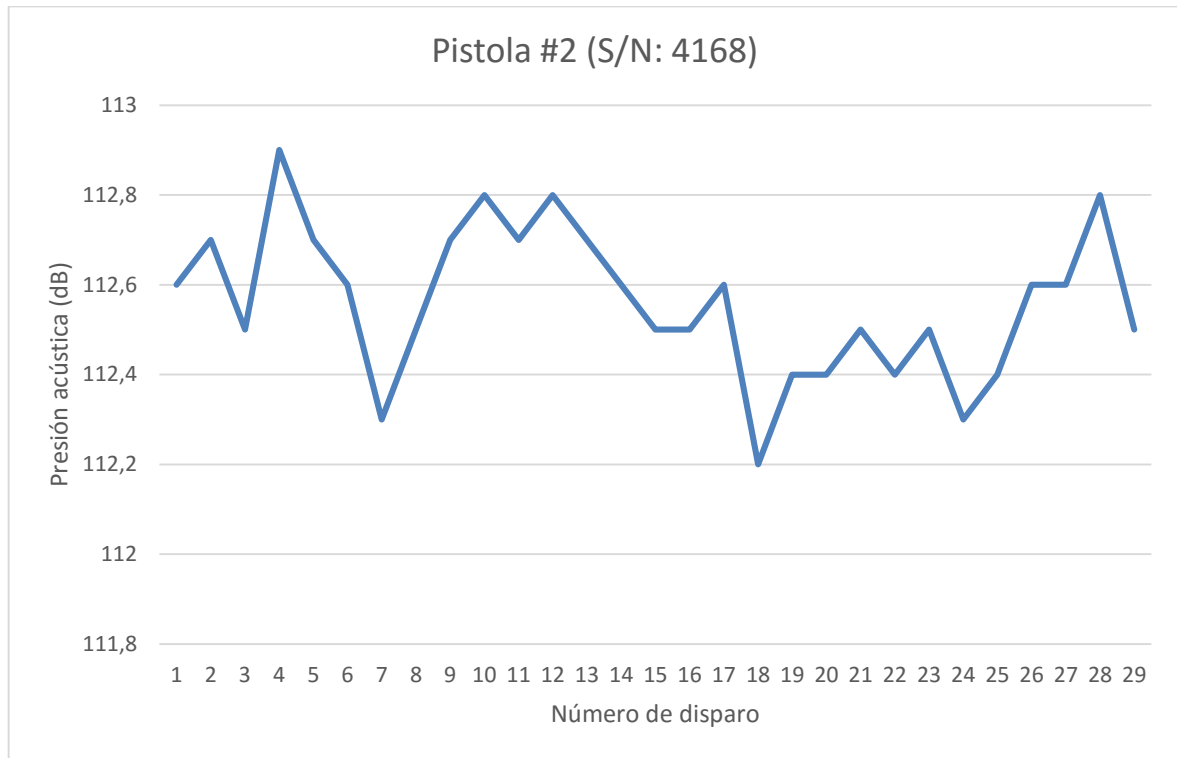


Figura 4-5 Gráfica de registros acústicos para la pistola #1

La gráfica no presenta ningún patrón que pueda servir de base para diferenciar un uso continuado de la misma (Figura 4-5).

En cuanto al segundo ejemplar:

**Figura 4-6 Gráfica de registros acústicos para la pistola #2**

En la Figura 4-6 no se aprecia ningún patrón en la segunda pistola que pueda servir para evidenciar, en principio, un comportamiento anómalo en el arma o distinción de uso continuado del arma.

Una vez más, con el software SPSS Statistics se evaluó si existían diferencias entre las medidas de ruido de las dos armas. Se comprobó que los datos se ajustaban a una distribución normal a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov ($p > 0.05$). En la Tabla 4-3 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 4-3 Resultados prueba de t de Student para registros acústicos

Grupos	N	Media (Hz)	Desv. Típica	Prueba de Levene para igualdad de varianzas		Prueba t para muestras independientes		
				F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Pistola #1	30	111.99	0.46	9.412	0.05	-6.32	36.84	0
Pistola #2	29	112.56	0.17					

Una vez analizado los datos, se concluye que, debido a que la significancia de la prueba t de Student es inferior a 0.05, existen diferencias significativas entre las dos pistolas.

Una limitación que se tuvo en el registro con el sonómetro fue que el nivel pico que era capaz de registrar el modelo usado es de 133 dB. En todos los disparos se registró un nivel sonoro pico de 133 dB(C), que era el máximo que podía registrar el sonómetro. En esta línea, el Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo para ruidos de impacto establece como criterio higiénico que el valor máximo absoluto (pico) de la presión acústica no debe exceder de 140 dBC, siendo este valor techo. El número máximo de impactos permitidos (TLVs) por día para nivel sonoro (pico) de 140 dBC es de 100. Aunque se desconoce el nivel pico que se alcanzó en los registros, se puede asegurar que, al haber obtenido los registros según la escala A (dBA), los valores en la escala C (dBC) serían superiores a los registrados (133 dBA), por lo que se puede afirmar que se superó el valor techo de 140 dBC, por lo que ningún usuario de pistola debería de hacer más de 100 disparos en una jornada y, por supuesto, durante los mismos debería utilizar protecciones auditivas (se superaron los 85 dBA). Se considera necesario analizar esta problemática con un instrumento que no tenga limitado el nivel de registro pico.

4.3 Gama de mantenimiento aplicada a la MINIMI PARA

En el tercer punto del presente trabajo se expone qué es una guía de mantenimiento, los pasos que hay que seguir en un proceso para aplicar el mantenimiento autónomo a una máquina y qué plantilla se iba a utilizar en el presente trabajo.

En este apartado se va a desarrollar la guía de mantenimiento autónomo aplicada a la ametralladora ligera FN HERSTAL MINIMI PARA.

4.3.1 Ficha de la máquina

En esta primera parte de la gama de mantenimiento se presenta el arma, como ya se había explicado anteriormente.

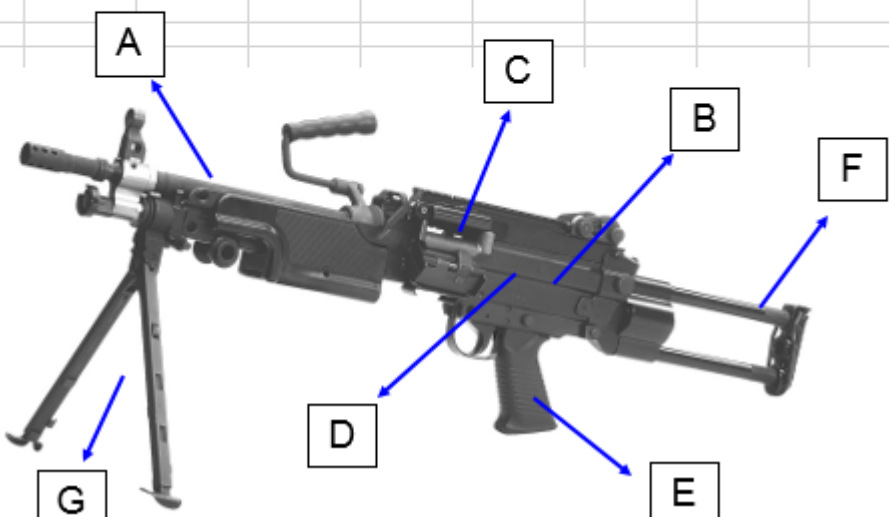
 	FICHA DE MÁQUINA	Fecha:	01/04/2016
		Pág:	1
MÁQUINA:		FN HERSTAL MINIMI PARA 5,56x45	
FOTO			

Figura 4-7 Parte superior de la ficha de máquina

En la Figura 4-7 se muestra la fotografía de la ametralladora con los rótulos de cada uno de los grupos que se han elegido como principales.

DATOS DE LA MÁQUINA		ZONAS DE LA MÁQUINA	
		A	GRUPO CAÑON
MODELO	PARA	B	GRUPO CAJON
AÑO FABRICACIÓN	2007	C	GR. ALIMENTACION MUNICION
LONG. TOTAL	914 mm	D	GRUPO PIEZAS MOVILES
ALTURA (EN BIPODE)	340 mm	E	GRUPO DISPARADOR
PESO (VACIA)	7,14 kg	F	GRUPO CULATA
VELOCIDAD INICIAL	875 m/s	G	GRUPO BIPODE
ALCANCE EFECTIVO	800 m		
ALCANCE MÁXIMO	2700 m		
CADENCIA CICLICA	700-850 dpm		
CALIBRE	5,56x45 mm OTAN		

Figura 4-8 Parte inferior de la ficha de máquina

Se resaltan las principales características del arma, tales como el alcance efectivo o el calibre que posee, y los nombres de las zonas principales con su correspondiente letra que la identifica (Figura 4-8).

Esta parte sirve como presentación del arma, como inicio del conocimiento detallado del arma que debe tener el operador.

4.3.2 Zonas y elementos

Como está detallado en el punto 3.2 del presente trabajo, este apartado desglosa las zonas principales en elementos de importancia para el operador.

 		ESTRUCTURA DE MÁQUINA. ZONAS Y ELEMENTOS		Fecha:	01/04/2016
				Pág:	2
MÁQUINA: FN HERSTAL MINIMI PARA 5,56x45					
ZONA			ELEMENTO		
CÓDIGO	NOMBRE		CÓDIGO	NOMBRE	
A	GRUPO CAÑON		A1	CANON ENSAMBLADO	
			A2	ROMPELLAMAS	
			A3	ANILLO REGULADOR GASES	
			A4	REGULADOR DE GASES	
B	GRUPO CAJON		B1	CAJON DE MECANISMOS	
			B2	CILINDRO DE GASES	
			B3	GUARDAMANOS	
C	GRUPO ALIMENTACION MUNICION		C1	TAPA DE ALIMENTACION PICATINNY	
			C2	MESA DE ALIMENTACION	
			C3	EJE TAPA DE ALIMENTACION	
			C4	PALANCA DE ALIMENTACION	
			C5	ALZA	
D	GRUPO PIEZAS MOVILES		D1	CERROJO	
			D2	CORREDERA	
			D3	PISTON	
			D4	RESORTE RECUPERADOR	
			D5	AMORTIGUADOR RECUPERADOR	
E	GRUPO DISPARADOR		E1	EMPUNADURA	
			E2	EJE INFERIOR CULATA	
F	GRUPO CULATA		F1	CULATA TELESCOPICA	
			F2	EJE SUPERIOR CULATA	
G	GRUPO BÍPODE		G1	BÍPODE	

Figura 4-9 Zonas y elementos

En el arma objeto de estudio se eligieron 6 zonas principales: el grupo cañón, el grupo cajón, el grupo de alimentación de munición, el grupo piezas móviles, el grupo disparador, el grupo culata y, por último, el grupo bípode (Figura 4-9).

Estos grupos se desglosaron en los elementos que puedan ser fácilmente identificables por el operador y que en el plan de limpieza dirigida, no exista la menor duda del elemento al que el plan se refiere en cada paso.

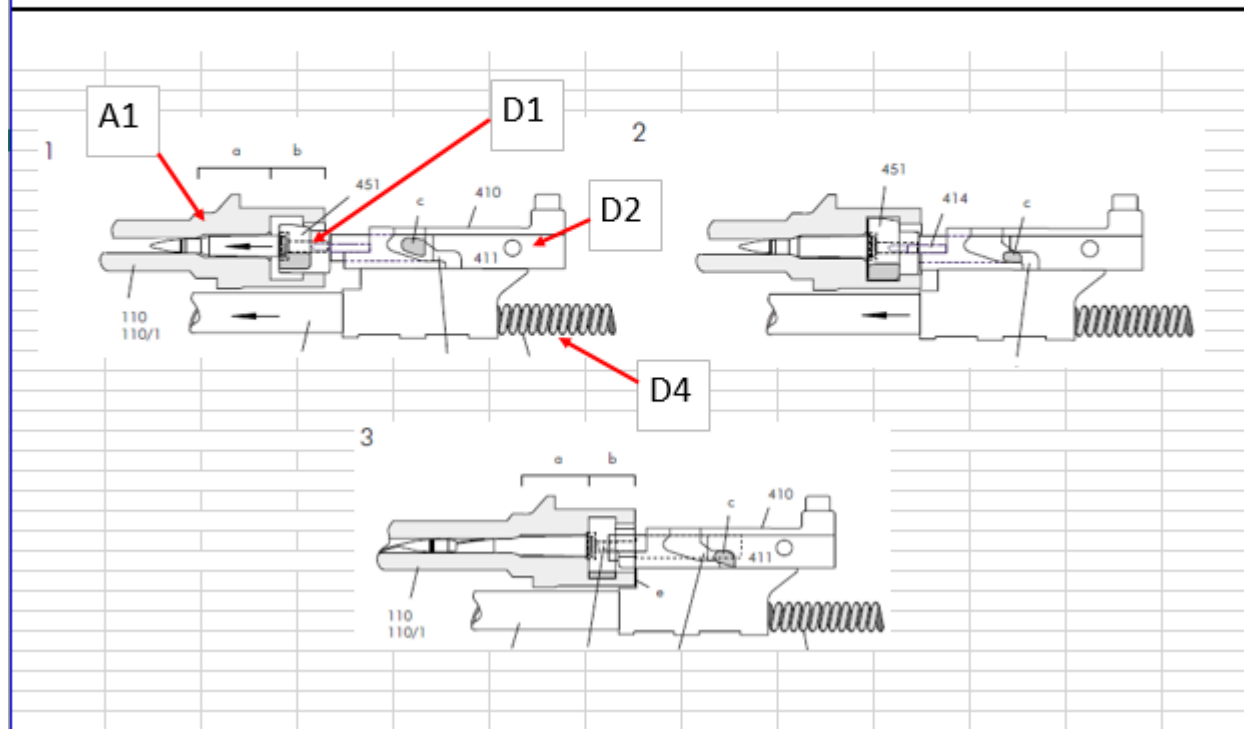
Además, las zonas son partes del arma cuya función dentro del funcionamiento de la misma son sustancialmente diferentes, por lo que se pueden agrupar más fácilmente.

4.3.3 Croquis del sistema de funcionamiento

En los dos croquis incluidos en la gama de mantenimiento autónomo de la ametralladora queda reflejado el movimiento combinado de las piezas móviles durante un disparo.

FN HERSTAL MINIMI PARA 5,56x45

MOVIMIENTO HACIA DELANTE PIEZAS MÓVILES (DISPARO)



En la Figura 4-10 se pueden observar tres imágenes. En la primera, el cartucho es introducido en la recámara empujado por la corredera (D2) y el cerrojo (D1). En la segunda, el cartucho queda completamente introducido y el cerrojo ocupa su posición más adelantada, se dice que el arma está acerrojada. En la imagen inferior, el estopín es percutido por la aguja, se produce la deflagración y comienza a avanzar por el cañón.

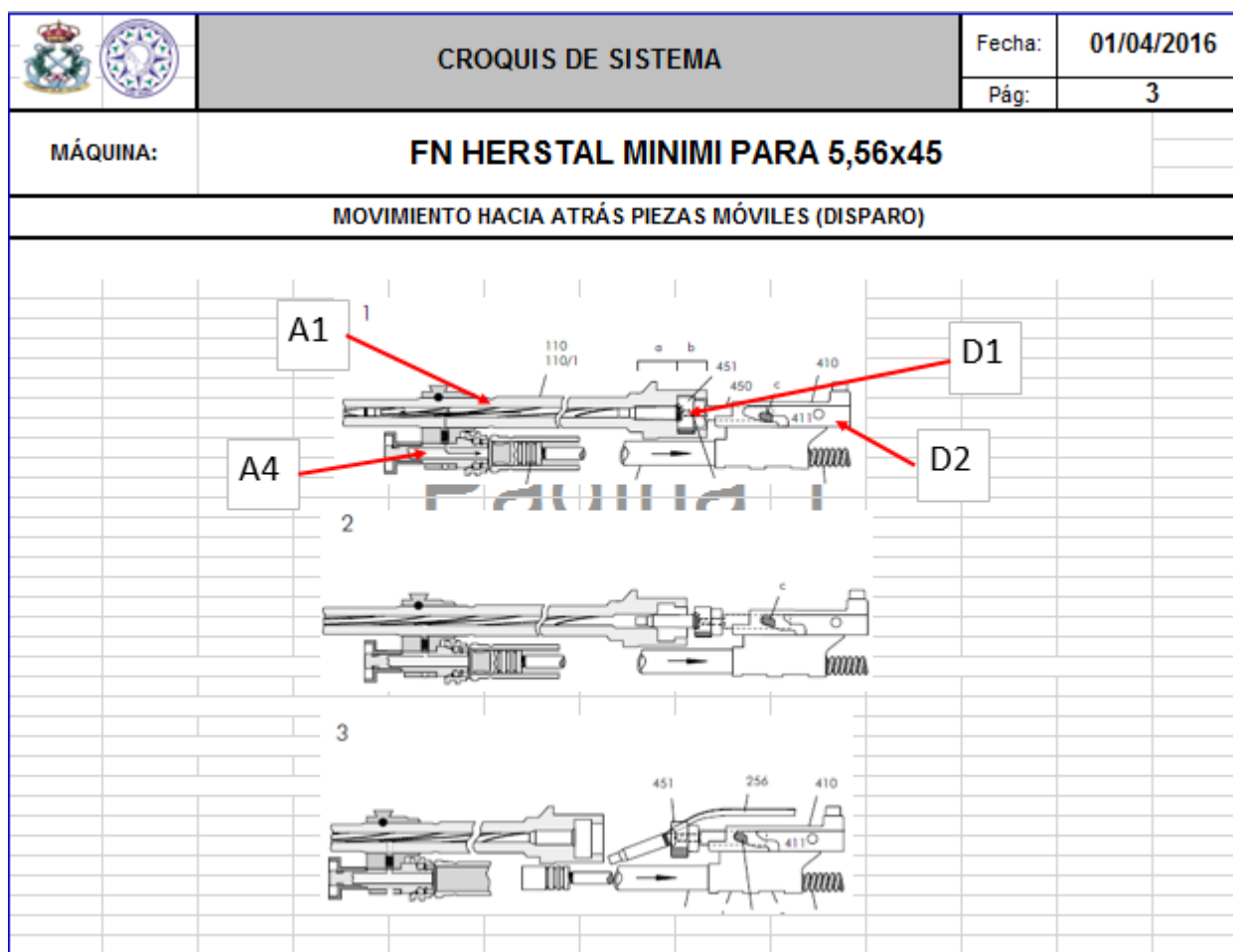


Figura 4-11 Croquis de funcionamiento 2

Una vez realizado el disparo, los gases producidos por la deflagración de la carga de proyección avanzan por el cañón y llegan al regulador de gases (A3) que los canaliza y hace retroceder al resorte recuperador (Figura 4-11). Con este, el cerrojo y la corredera retroceden también, liberando la recámara y arrastrando la vaina. Por último, el cartucho es extraído por la uña extractora.

4.3.4 Lista de averías frecuentes

Las averías expuestas en esta sección se tomaron de las unidades de mantenimiento de la BRIMAR, puesto que su experiencia es mayor y tienen mucho más contacto con este arma a diario que el personal de la Escuela Naval Militar.

 		AVERÍAS		Fecha:	28/06/2010		
				Pág:			
MÁQUINA:		FN HERSTAL MINIMI PARA 5,56x45					
PERÍODO:		HISTÓRICO					
LISTADO AVERÍAS							
Nº	Zona	Elemento	Descripción	Cantidad	Tiempo	¿	Causa
1	F	F1	Perdida clip retencion culata	-	-	-	-
2	E	E2	Pérdida clip portador eje inferior culata	-	-	-	-
3	A	A1	Rotura pasador elástico asa	-	-	-	-
4	A	A1	Pérdida pasador elástico asa transporte	-	-	-	-
5	A	A1	Rotura palanca bloqueo cañon	-	-	-	Mal uso
6	B	B2	Abolladura interna cilindro gases	-	-	-	Mal cambio de cañon
7	G	G1	Rotura pasadores elásticos bípode	-	-	-	Desgaste por uso
8	B	B1	Rotura tapa eyección	-	-	-	Desgaste por uso
9	A	A3	Rotura anillo regulador gases	-	-	-	Mal montaje

Figura 4-12 Lista de averías frecuentes

En la Figura 4-12 están expuestas las averías en orden descendente de la frecuencia con la ocurren las averías en la ametralladora. Como se puede ver se desconoce la causa de algunas de las averías y no se lleva un recuento de la cantidad de averías que ocurren.

Se puede ver que la mayoría de las averías se producen en la zona A “Grupo cañón”. Si bien el elemento en cuestión no es al que le ocurre la avería, sí está englobado en él (por ejemplo: el elemento E2 se refiere al eje inferior de la culata y no al clip, pero sí está contenido en el eje en cuestión). Esto se hizo de esta manera porque el despiece que realiza el operador de la ametralladora no es un despiece completo, ya que ese desensamblaje se debe realizar en un segundo escalón de mantenimiento por personal especializado y con herramientas específicas. Por lo tanto, al operador no le conviene conocer todos y cada uno de los elementos de los que se compone la ametralladora, sólo los necesarios para su limpieza y mantenimiento periódico.

4.3.5 Ficha de elemento crítico

Se ha elegido como elemento crítico el regulador de gases. El regulador de gases es un elemento crítico en el correcto funcionamiento de la ametralladora, ya que permite que la vaina del último cartucho usado sea extraída y que uno nuevo entre en la recámara, permitiendo el fuego automático del arma. A través del mismo pasan los gases producidos por la deflagración de la carga de proyección del cartucho disparado. El regulador de gases empuja al conjunto amortiguador recuperador que permite que se extraiga la vaina del último disparo y uno nuevo se introduzca en la recámara, permitiendo el fuego automático de la ametralladora [10].

Es un elemento que acumula muchos residuos, debido a que los gases traen consigo todos los residuos sólidos generados en la misma deflagración. Además de ser una gran fuente de suciedad, es un elemento de difícil limpieza, debido a la gran cantidad de ranuras y agujeros que posee.

Al ser un elemento de vital importancia en el tiro, unido a la gran cantidad de residuos que posee tras el tiro y a la dificultad de limpieza, se ha elegido como principal elemento crítico de la ametralladora.

ELEMENTO:		REGULADOR DE GASES (A4)	
FOTO			
DESCRIPCIÓN Y FUNCIÓN			
Canaliza los gases producidos por la deflagración			
COMPONENTES	PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	CONDICIONES BÁSICAS	
NOR	Los gases pasan a través de él y este hace retroceder al conjunto amortiguador recuperador, que permite la introducción de un nuevo cartucho en la recámara	Limpio, sin residuos. No lubricado.	
AVERIAS MÁS HABITUALES		ACCIONES PREVENTIVAS	
Gran desgaste, suciedad		Limpieza. No lubricar.	

Figura 4-13 Ficha de elemento crítico: regulador de gases

Como se puede observar en la Figura 4-13, es muy importante que este elemento no esté lubricado en el momento de realizar el tiro, debido a la temperatura de los gases que pasan por él.

4.3.6 Plan de limpieza dirigida

Debido a la gran cantidad de operaciones distintas que se han de realizar, además de que se ha querido llegar al detalle en las operaciones, distinguiendo cada una por nimia que pueda parecer, el plan de limpieza dirigida es algo extenso, pero no por ello más complicado o difícil de implementar.

PLANIFICACIÓN DE LA LIMPIEZA DIRIGIDA										FECHA:	
FN HERSTAL MINIMI PARA 5,56x45										HOJA	
¿DÓNDE?			¿QUÉ?	¿CÓMO?	MEDIOS	¿QUIÉN?		SEGURIDAD		¿CUÁNDO?	
ZONA	ELEMENTO	DENOMIN.	ACCIÓN	CRITERIO		EQUIPO	MTTO.	EPI	INSTRUCC.	DURACIÓN	
-	-	ARMA	INSPECCIÓN	NO CARGADA	-	OPERADOR	-	-	DEMORA CLARA		
A	A1	ÁNIMA CAÑÓN Y RECÁMARA	APLICAR SOLVENTE	FINA CAPA DE SOLVENTE (DEJAR ACTUAR 2 MIN.)	ESCOBILLÓN OREA 1184 Y ACEITE SOLVENTE	OPERADOR	-	-	-		
A	A1	ÁNIMA CAÑÓN	QUITAR SOLVENTE Y RESIDUOS	SECO	ESCOBILLÓN OREA 1184	OPERADOR	-	-	-		
A	A1	RECÁMARA	QUITAR SOLVENTE Y RESIDUOS	SECO	LIMPIADOR OREA 258	OPERADOR	-	-	-		
A	A1	ÁNIMA CAÑÓN Y RECÁMARA	LIMPIAR	TOTALMENTE LIMPIO	LIMPIADOR OREA 1183 Y TRAPO	OPERADOR	-	-	-		
A	A1	ÁNIMA CAÑÓN Y RECÁMARA	LUBRICAR	FINA CAPA DE LUBRICANTE	LIMPIADOR 1183, TRAPO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-		
A	A1	EXTERIOR CAÑÓN	LIMPIAR AGUJERO FUGA GASES	LIMPIO	RASCADOR OREA 261	OPERADOR	-	-	-		
A	A2	ROMPELLAMAS	LIMPIAR	LIMPIO	TRAPO	OPERADOR	-	-	-		

Figura 4-14 Plan de limpieza dirigida 1

En la Figura 4-14 se puede observar que aunque la primera acción a realizar no está relacionada con la limpieza del arma, hay que hacer siempre hincapié en la seguridad.

Este plan de limpieza dirigida está dirigido al mantenimiento que ha de hacer el operador tras haber realizado un tiro. El fabricante, en la guía de mantenimiento del arma, dice que en condiciones de disparo normales se ha de realizar esta limpieza y lubricación del arma tras una sesión de tiro y que, en condiciones de disparo intensivo, se ha de realizar tras realizar 1800 disparos con el arma.

A	A1	EXTERIOR CAJÓN	LIMPIAR	LIMPIO Y LIGERAMENTE LUBRICADO	TRAPO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-
A	A4	REGULADOR GASES	LIMPIAR INTERIOR	LIMPIO	RASCADOR OREA 261	OPERADOR	-	-	-
A	A4	REGULADOR GASES	LIMPIAR AGUJEROS	LIMPIOS	RASCADOR OREA 261	OPERADOR	-	-	-
A	A3	ANILLO REGULADOR GASES	LIMPIAR	LIBRE RESIDUOS	RASCADOR OREA 261 (MUESCA)	OPERADOR	-	-	-
B	B2	CILINDRO GASES	LIMPIAR INTERIOR PARTE DELANTERA	LIBRE RESIDUOS	RASCADOR OREA 261 (PARTE PLANA)	OPERADOR	-	-	-
B	B2	CILINDRO GASES	APLICAR SOLVENTE	FINA CAPA SOLVENTE (DEJAR ACTUAR 2 MIN.)	ESCOBILLÓN OREA 93 Y ACEITE SOLVENTE		-	-	-
B	B2	CILINDRO GASES	RETIRAR SOLVENTE	NO SOLVENTE NI RESIDUOS	ESCOBILLÓN OREA 93	OPERADOR	-	-	-
B	B2	CILINDRO GASES	LIMPIAR	LIMPIO	LIMPIADOR OREA 1193 Y TRAPO		-	-	-
E	E1	CAJÓN	LIMPIAR	NO RESIDUOS	TRAPO	OPERADOR	-	-	-
E	E1	CAJÓN	LUBRICAR	GUIAS PIEZAS MÓVILES LUBRICADAS	TRAPO Y ACEITE LUBRICANTE		-	-	-
B	B3	GUARDAMAÑO S	LIMPIAR	SIN RESIDUOS	TRAPO Y CEPILLO	OPERADOR	-	-	-
C	C1	TAPA ALIMENTACIÓN MESA	LIMPIAR	SIN RESIDUOS	TRAPO Y CEPILLO		-	-	-
C	C2	ALIMENTACIÓN	LIMPIAR	SIN RESIDUOS	TRAPO Y CEPILLO	OPERADOR	-	-	-

Figura 4-15 Plan de limpieza dirigida 2

En la Figura 4-15 se puede ver que entre los elementos necesarios para realizar la limpieza hay una serie de herramientas que llevan el nombre de “OREA”. Estas herramientas son las recomendadas por el fabricante para realizar estas acciones y cada ametralladora trae consigo un kit de limpieza en el que el fabricante incluye todas estas herramientas.

PLANIFICACIÓN DE LA LIMPIEZA DIRIGIDA										FECHA:
FN HERSTAL MINIMI PARA 5,56x45										HOJA
¿DÓNDE?			¿QUÉ?	¿CÓMO?	MEDIOS	¿QUIÉN?		SEGURIDAD		¿CUÁNDO?
ZONA	ELEMENTO	DENOMIN.	ACCIÓN	CRITERIO		EQUIPO	MTTO.	EPI	INSTRUCC.	DURACIÓN
C	C1	TAPA ALIMENTACIÓN	LUBRICAR GUIAS CORREDERA	FINA CAPA LUBRICANTE APLICADA	TRAPO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-	
C	C3	EJETAPA ALIMENTACIÓN	LIMPIAR Y LUBRICAR	SIN RESIDUOS Y FINA CAPA LUBRICANTE APLICADA	TRAPO, CEPILLO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-	
C	C4	PALANCA ALIMENTACIÓN	LUBRICAR	PUNTA PIVOTANTE Y PARTE DELANTERA LUBRICADAS	TRAPO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-	
C	C5	ALZA	LIMPIAR	SIN RESIDUOS	TRAPO Y CEPILLO	OPERADOR	-	-	-	
D	D3	PISTON EXTREMO DELANTERO	LIMPIAR INTERIOR Y RANURAS EXTERIORES	SIN RESIDUOS	RASCADOR OREA 261	OPERADOR	-	-	-	
D	D1	CERROJO	LIMPIAR EXTRACTOR	LIMPIO	TRAPO	OPERADOR	-	-	-	
D	D2	CORREDERA	LUBRICAR RODAJA GUÍA	FINA CAPA LUBRICANTE APLICADA	TRAPO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-	
D	D1/D2	CERROJO Y CORREDERA	LUBRICAR PARTES CORREDIZAS	FINA CAPA LUBRICANTE APLICADA	TRAPO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-	

Figura 4-16 Plan de limpieza dirigida 3

En cuanto a quién debe hacer el mantenimiento, es un arma cuyo operador es uno y siempre es el mismo, no es una máquina de una planta productiva en la que haya varios equipos de operadores y se

tengan que turnar en el mantenimiento (Figura 4-16). Esto es beneficioso ya que el mantenimiento siempre lo hará la misma persona y será un aprendizaje más corto que si hubiera varias personas encargadas de dichas acciones.

D	D4	RESORTE RECUPERADOR	LUBRICAR	FINA CAPA LUBRICANTE APLICADA	TRAPO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-
D	D5	AMORTIGUADOR RECUPERADOR	LUBRICAR VÁSTAGO	FINA CAPA LUBRICANTE APLICADA	TRAPO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-
E	E2	EJE INFERIOR CULATA	LIMPIAR Y LUBRICAR	SIN RESIDUOS Y FINA CAPA LUBRICANTE APLICADA	TRAPO, CEPILLO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-
E	E1	EMPUÑADURA	LIMPIAR	SIN RESIDUOS	TRAPO Y CEPILLO	OPERADOR	-	-	-
F	F1	CULATA	LIMPIAR	SIN RESIDUOS	TRAPO Y CEPILLO	OPERADOR	-	-	-
F	F2	EJE SUPERIOR CULATA	LIMPIAR Y LUBRICAR	SIN RESIDUOS Y FINA CAPA LUBRICANTE APLICADA	TRAPO, CEPILLO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-
G	G1	BÍPODE	LIMPIAR	LIMPIO	TRAPO Y CEPILLO	OPERADOR	-	-	-

Figura 4-17 Plan de limpieza dirigida 4

Por último, aunque hay una gran cantidad de acciones a realizar en el plan de limpieza, se estima como media de tiempo 2 horas, pudiendo ser más o menos según la cantidad de residuos que posea el arma tras realizar el tiro, que estará en relación con el número de disparos realizados en la sesión de tiro (Figura 4-17).

4.3.7 Lista de anomalías

En este apartado se detallan los fallos inherentes al arma, que se solucionan con una correcta aplicación del plan de limpieza dirigida.

 			LIMPIEZA A FONDO DE MÁQUINA: LISTA DE ANOMALIAS						Fecha:	01/04/2016	
									Pág:		
PARTICIPANTES:			EQUIPO PROYECTO								
DÓNDE			TIPO						Descripción	Causa / Solución	Observaciones
Nº	Zona	Elemento	FS	PD	AP	LDL	PDL	PIA			
1	A	A1	X						Ánima con muchos residuos	Limpieza	
2	A	A4	X						Muy sucio	Limpieza	
3	A	A4				X			Ranuras difíciles limpiar	Utilizar rascador OREA 261	
4	B	B2	X						Muchos residuos en extremo delantero	Limpieza	Aloja a elemento A4
5	B	B2		X					Abolladura	Mal cambio de cañón/ Desensamblar con cuidado	
6	A	A3		X					Rotura	Mal montaje / Cuidado al montar	
7	C	C1				X			Guías de la corredera difíciles de limpiar/lubricar	Utilizar herramientas recomendadas	En caso de no ser posible, pasar a un escalon superior

Figura 4-18 Lista de anomalías

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

En este apartado se va a proceder a reflejar las conclusiones extraídas en base a los resultados obtenidos. En primer lugar se establecerán las correspondientes a los ensayos realizados con la pistola, primero los ensayos térmicos pasando luego a los acústicos. Tras esto, se reflejarán las conclusiones relativas a la gama de mantenimiento de la ametralladora MINIMI.

Por último, se plasmarán las posibles líneas futuras que se cree que pueden ser objetivo de próximos trabajos de investigación.

5.1 Conclusiones de los ensayos térmicos en pistolas

En base a los resultados obtenidos (prueba t de Student), se concluye que no existen diferencias significativas entre las temperaturas medidas en las dos pistolas durante los ensayos. Por lo que los resultados obtenidos para estas dos armas son representativos de las condiciones de funcionamiento de armas del mismo modelo.

También se ha observado que, tal y como era de esperar, la temperatura asciende conforme lo hace el número de disparos realizados. Las temperaturas máximas se registran en la zona intermedia del cañón, hecho observable cuando se desplaza la corredera en último disparo del cargador.

El rango medio de temperaturas en boca va desde los 20.1°C hasta los 46.2°C, y en recámara desde los 15.8°C hasta los 33.0°C.

5.2 Conclusiones de los ensayos acústicos en pistolas

En cuanto a los ensayos acústicos, los resultados de la prueba de la t de Student evidencian que sí existen diferencias significativas entre las muestras tomadas de cada una de las armas. Si bien las pistolas se han sometido a los ensayos en el mismo lugar y bajo las mismas condiciones, estas diferencias se considera que pueden ser debidas a la influencia de variables atmosféricas, principalmente el viento, ya que la galería de tiro de la Escuela Naval Militar está descubierta (ver fotografías en la sección de metodología).

Al no existir ningún patrón de funcionamiento en las gráficas de resultados, es imposible evaluar si mediante el análisis de registros acústicos de disparos es posible prevenir fallas en este arma. Es necesario, por lo tanto, realizar ensayos acústicos con armas que posean fallos y compararlos con otras que funcionen correctamente.

Dado que la distribución de la presión acústica a lo largo del espectro de frecuencias en cada arma es muy similar durante los disparos, es posible que evaluando cambios en esos espectros sea posible prevenir fallos o detectar futuros comportamientos anómalos en la pistola.

5.3 Conclusiones de la gama de mantenimiento autónomo en ametralladoras

La realización de la gama de mantenimiento autónomo se ha visto influenciada por la ausencia por parte del fabricante de la periodicidad con la que han de hacerse ciertas revisiones. Si bien las recomendaciones del fabricante en cuanto a limpieza y lubricación son detalladas, en lo referente a inspecciones y ajustes de la ametralladora no indica cuándo han de hacerse las revisiones. En esta línea, para que el arma esté en condiciones óptimas de uso, se debe establecer con el fabricante y el personal a cargo del mantenimiento una gama de revisiones periódicas en base al número de disparos o cada cierto periodo de tiempo.

A parte del fabricante, en la Armada aún no se ha estandarizado ningún plan de mantenimiento de la ametralladora, lo cual hace que el plan de mantenimiento no sea todo lo eficiente que debiera ser.

También se ha detectado una carencia en las unidades de un exhaustivo histórico de averías que controle los fallos producidos en las ametralladoras. Cuánto más detallados sean esos históricos de averías, con mayores datos se podrá trabajar a la hora de hallar los elementos críticos del arma.

5.4 Líneas futuras

Puesto que la muestra de armas con las que se realizaron los ensayos era muy reducida, sería conveniente ampliarla, así como realizar más ensayos, de cara a poder generalizar los resultados. Además, estos ensayos han de hacerse en una galería de tiro cerrada y con un aislamiento acústico adecuado, de manera que las condiciones atmosféricas no afecten a los registros. En esta línea, otro punto de interés sería conocer el efecto de la refrigeración tras los disparos, para lo cual se propone realizar ensayos retirando la corredera tras cada disparo y comparar estos resultados con lo obtenido.

Puesto que no se ha encontrado ningún patrón en los ensayos acústicos, se propone también realizar mediciones con armas que tengan tiempos de uso muy distintos (en base a registros en la aplicación militar SIGAPEA).

Otra posible línea futura de investigación sería llevar un registro de fallas y anomalías encontradas en la ametralladora y comprobar si, siguiendo la gama de mantenimiento creada, se alarga la vida útil del arma y, en caso contrario, modificarla para una mejor aplicación. Para ello, sería conveniente dotar de esta gama a las unidades para que hagan uso de ella, que evalúen los fallos que pueda contener y que aporten datos de la aplicación de la misma.

Para dotar de la gama de mantenimiento a las unidades es necesario estandarizar un plan de mantenimiento para escalones superiores, de manera que estén reguladas todas las inspecciones a realizar.

6 BIBLIOGRAFÍA

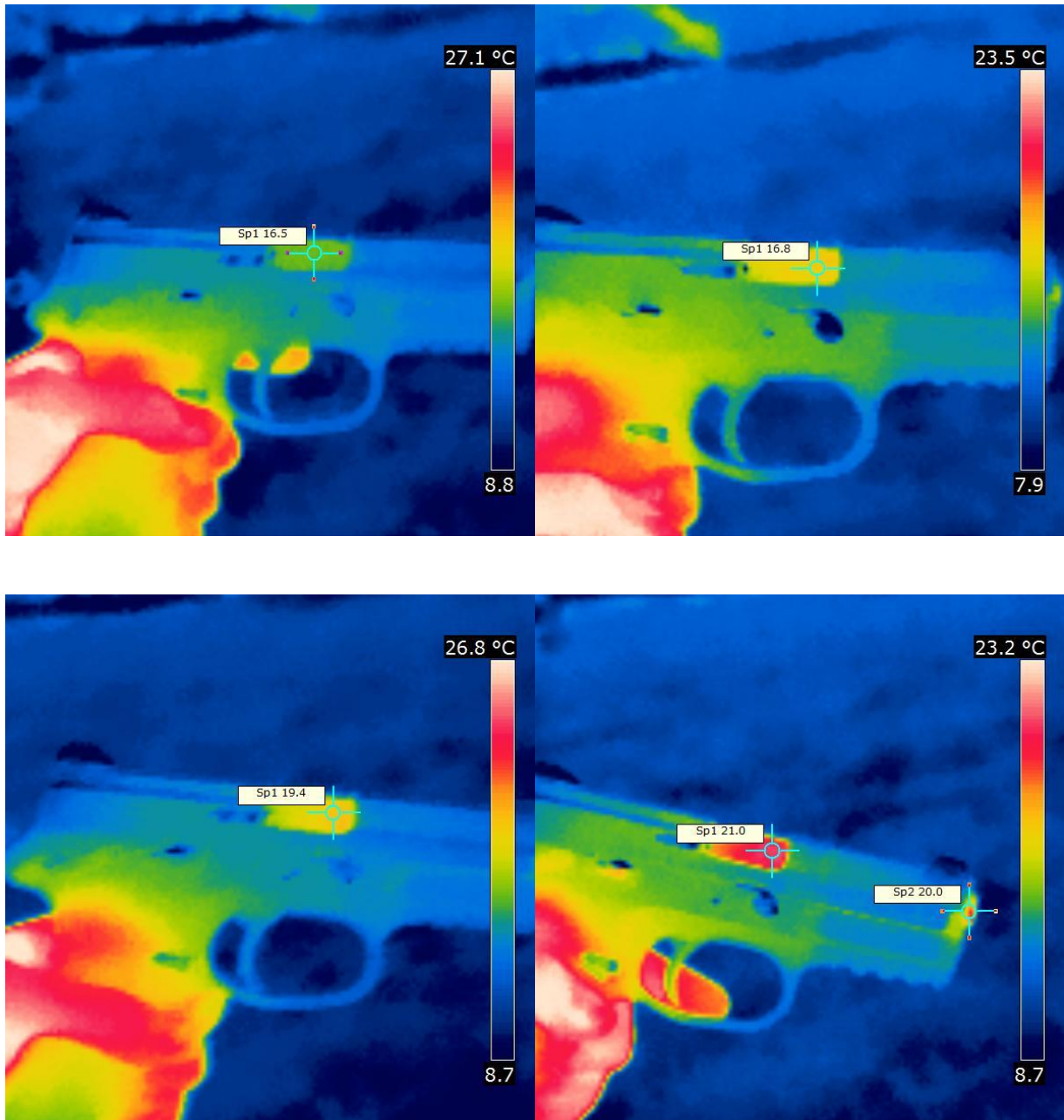
- [1] F. González Fernández, Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado.
- [2] S. García Garrido, Organización y gestión integral de mantenimiento, Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2003.
- [3] L. Cuatrecasas Arbós y F. Torrell Martínez, TPM en un entorno Lean Management, Barcelona: Profit Editorial I., S.L., 2010.
- [4] F. Gómez de León, Tecnología del mantenimiento industrial, 1998.
- [5] Ministerio de Defensa, D-RIM-401 Apoyo de Servicios de Combate, 2011.
- [6] Estado Mayor de la Armada, «Concepto de Apoyo Logístico del recurso de material,» 2008.
- [7] Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, «Conceptos básicos del ruido ambiental,» [En línea]. Available: http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/contaminacion_acustica_tcm7-1705.pdf. [Último acceso: Enero 2016].
- [8] M. Nave y R. Olmo, «HyperPhysics,» Enero 2016. [En línea]. Available: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/waves/funhar.html>.
- [9] M. Sobreira y E. Alexandre, Ingeniería acústica, Servicio de Publicacions de Teleco Vigo.
- [10] F. Herstal, Manual de mantenimiento MINIMI con Raíl Integrado, 2007.
- [11] «Internet Movie Firearms Database,» [En línea]. Available: http://www.imfdb.org/wiki/FN_Minimi. [Último acceso: 15 marzo 2016].
- [12] «Armas Modernas,» [En línea]. Available: <http://www.armasmodernas.com/fn-minimi.html>. [Último acceso: 30 marzo 2016].
- [13] M. Popenker y A. Williams, Machine Gun. The Development of the Machine Gun from the Nineteenth Century to the Present Day, Londres: Crowood Press, 2008.
- [14] Ministerio de Defensa, «Portal Armada,» [En línea]. Available: http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/Armadaespannola/buques_infanteria/prefLang_es/05_material-armamento-infanteria-marina--06_armamento--pistola-fn-p9-17_es. [Último

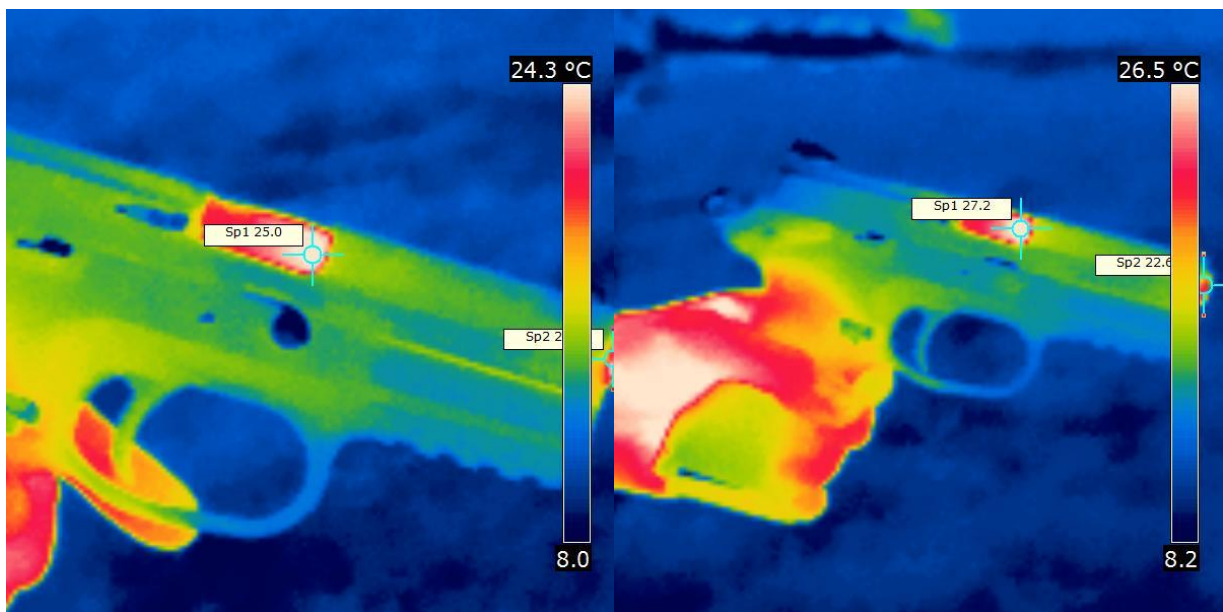
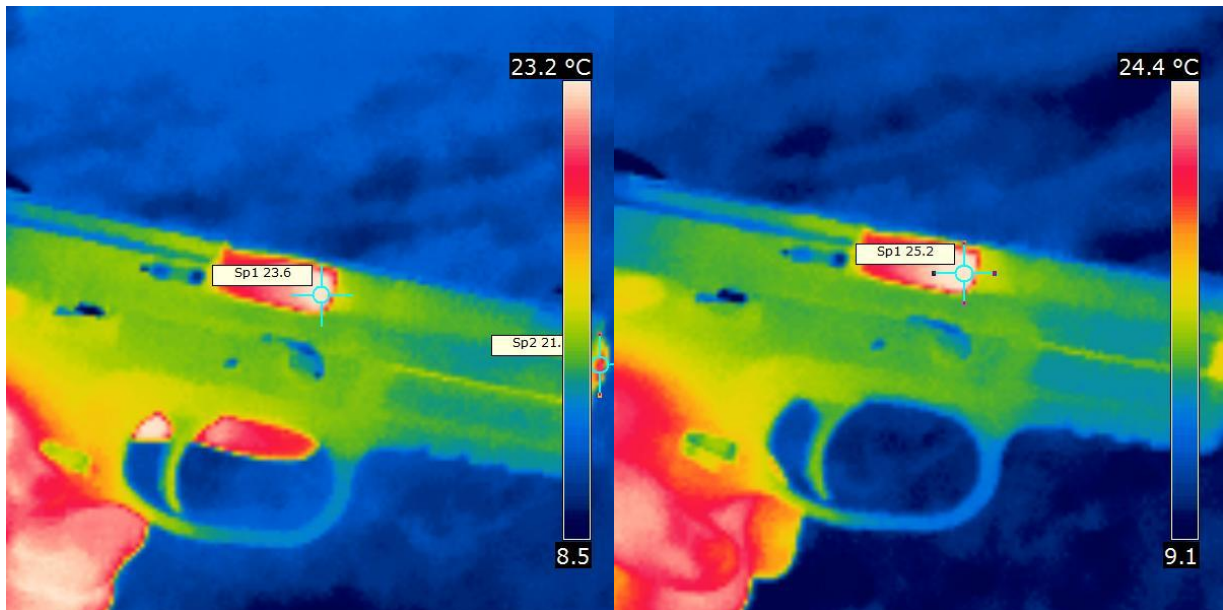
acceso: 28 marzo 2016].

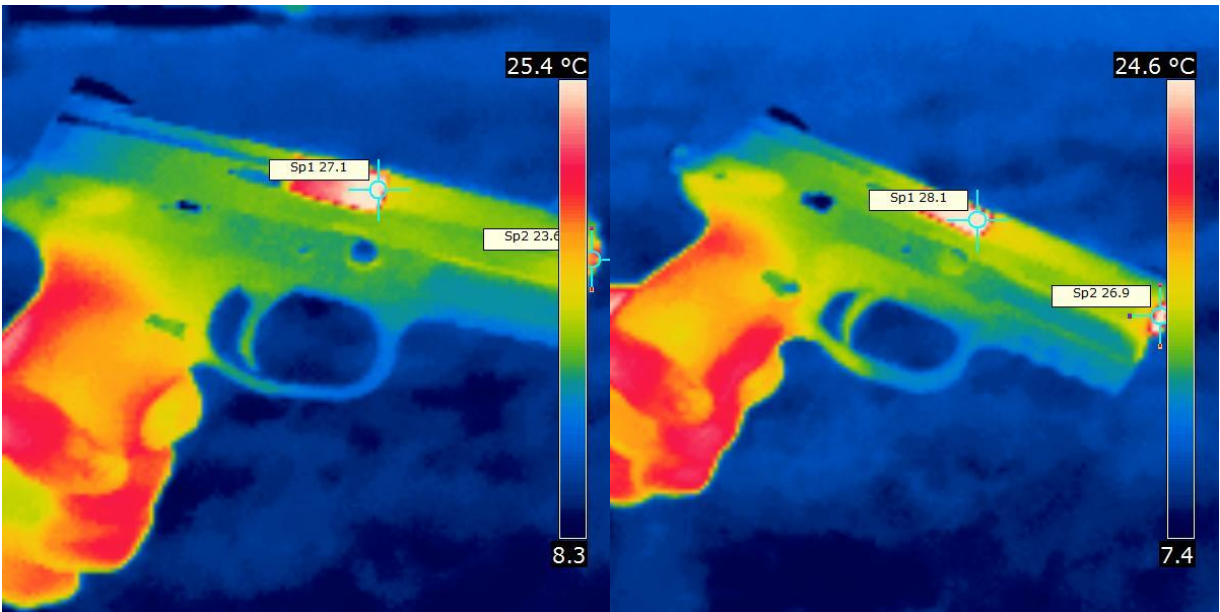
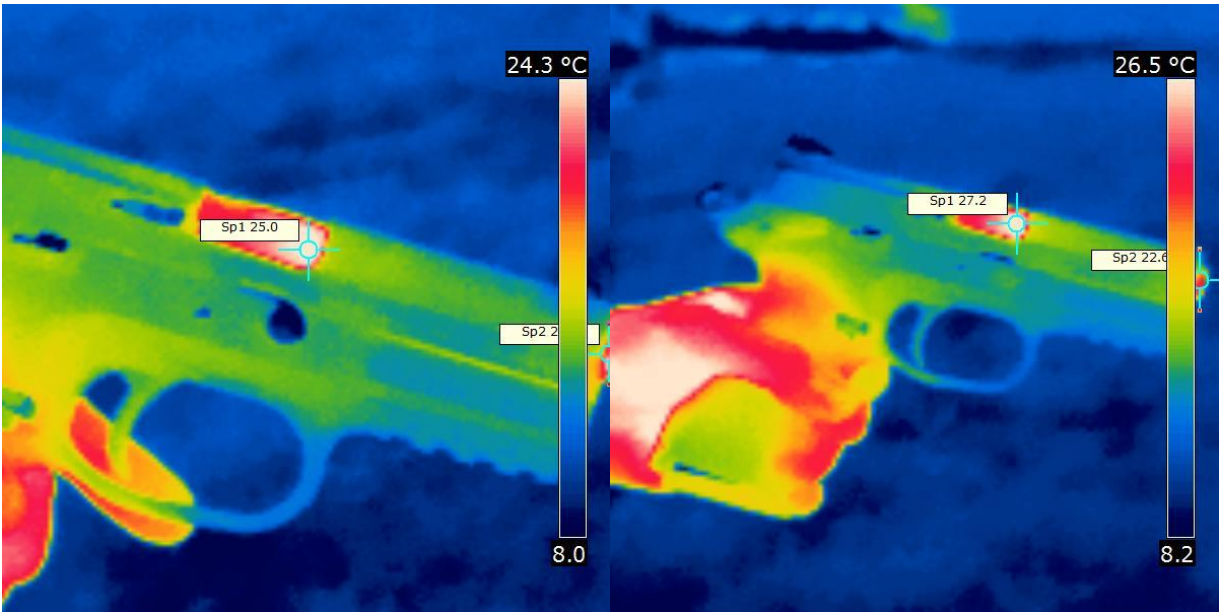
- [15] «queaprendemoshoy,» [En línea]. Available: <http://queaprendemoshoy.com/que-es-el-mtbf/>. [Último acceso: diciembre 2015].
- [16] Brüel & Kjaer, Analizador de ruido modular de precisión 2260 Observer. Características técnicas.
- [17] Navantia, S.A., Programa de Mejora Continua -Mantenimiento Autónomo-, Ferrol.

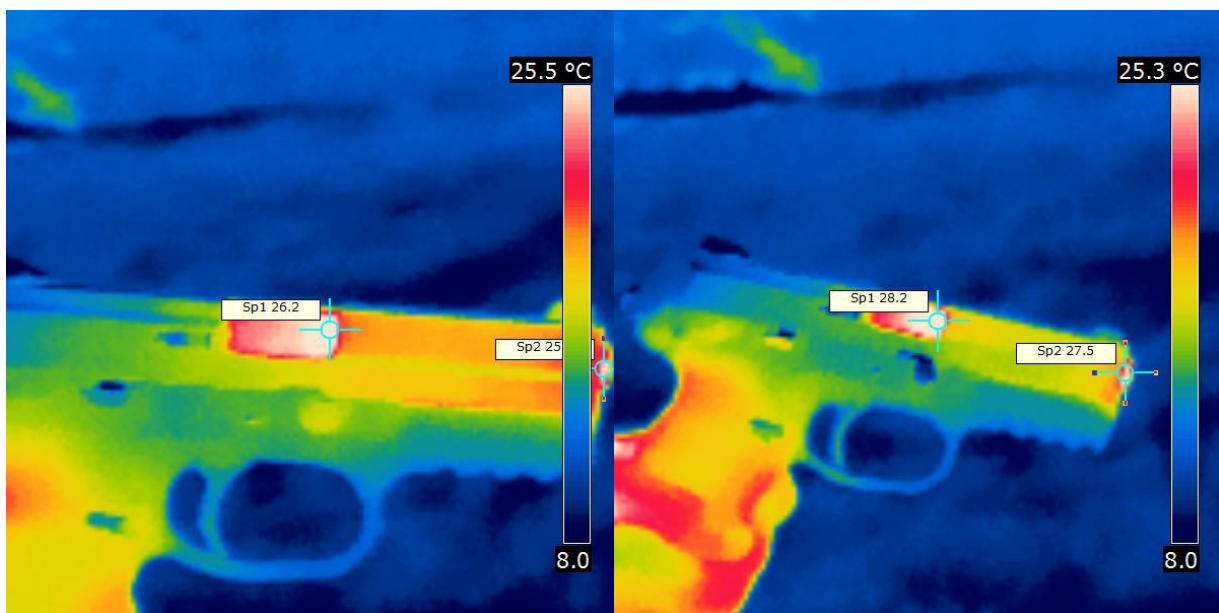
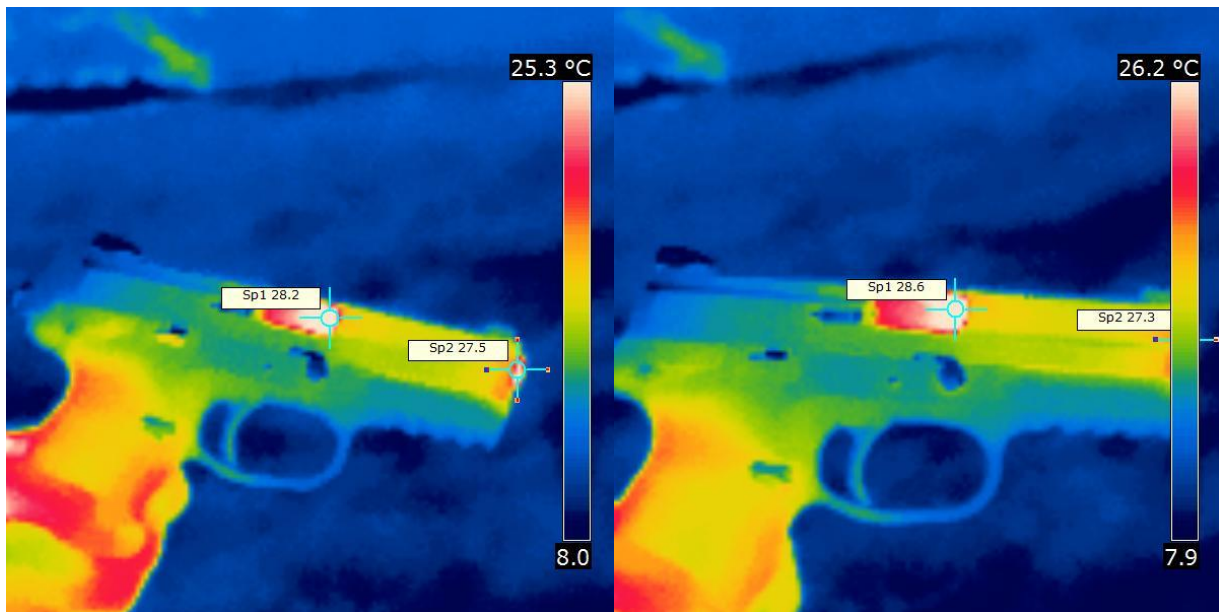
ANEXO I: REGISTROS DE TEMPERATURAS

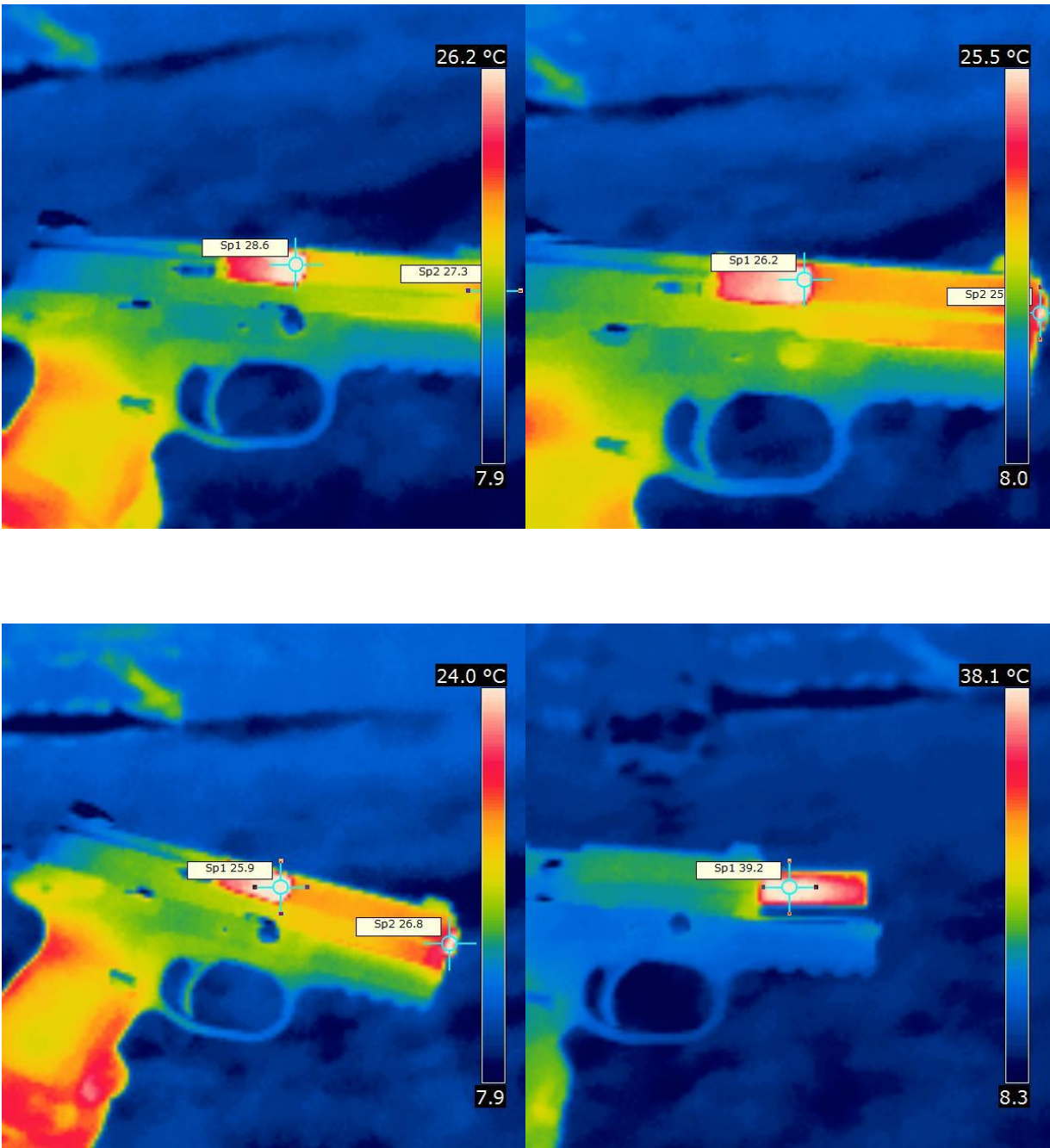
En el presente anexo, se plasman todas las fotografías tomadas con la cámara térmica, una vez analizados con el software FLIR QuickReport. Primero los registros de la pistola #1:

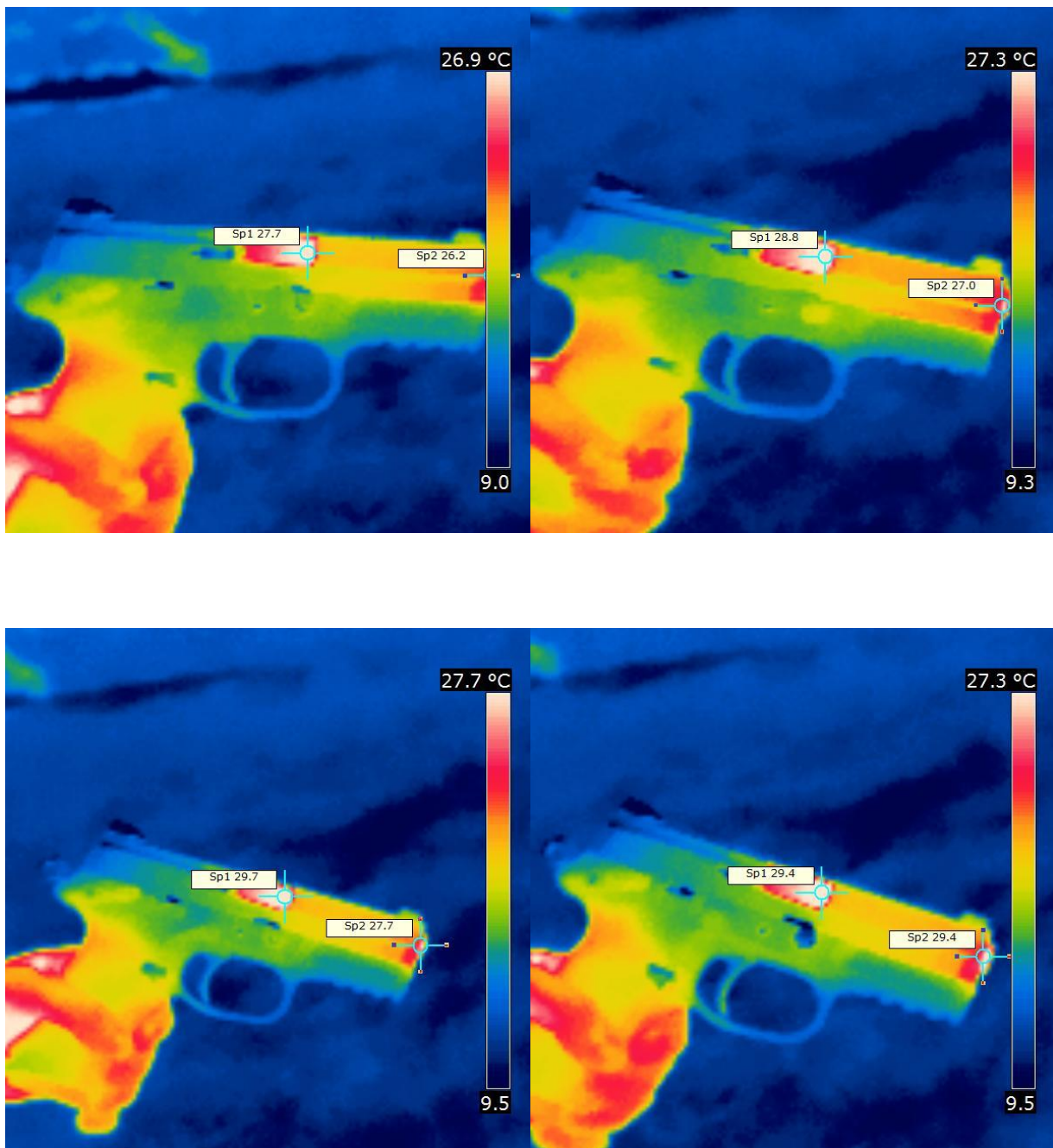


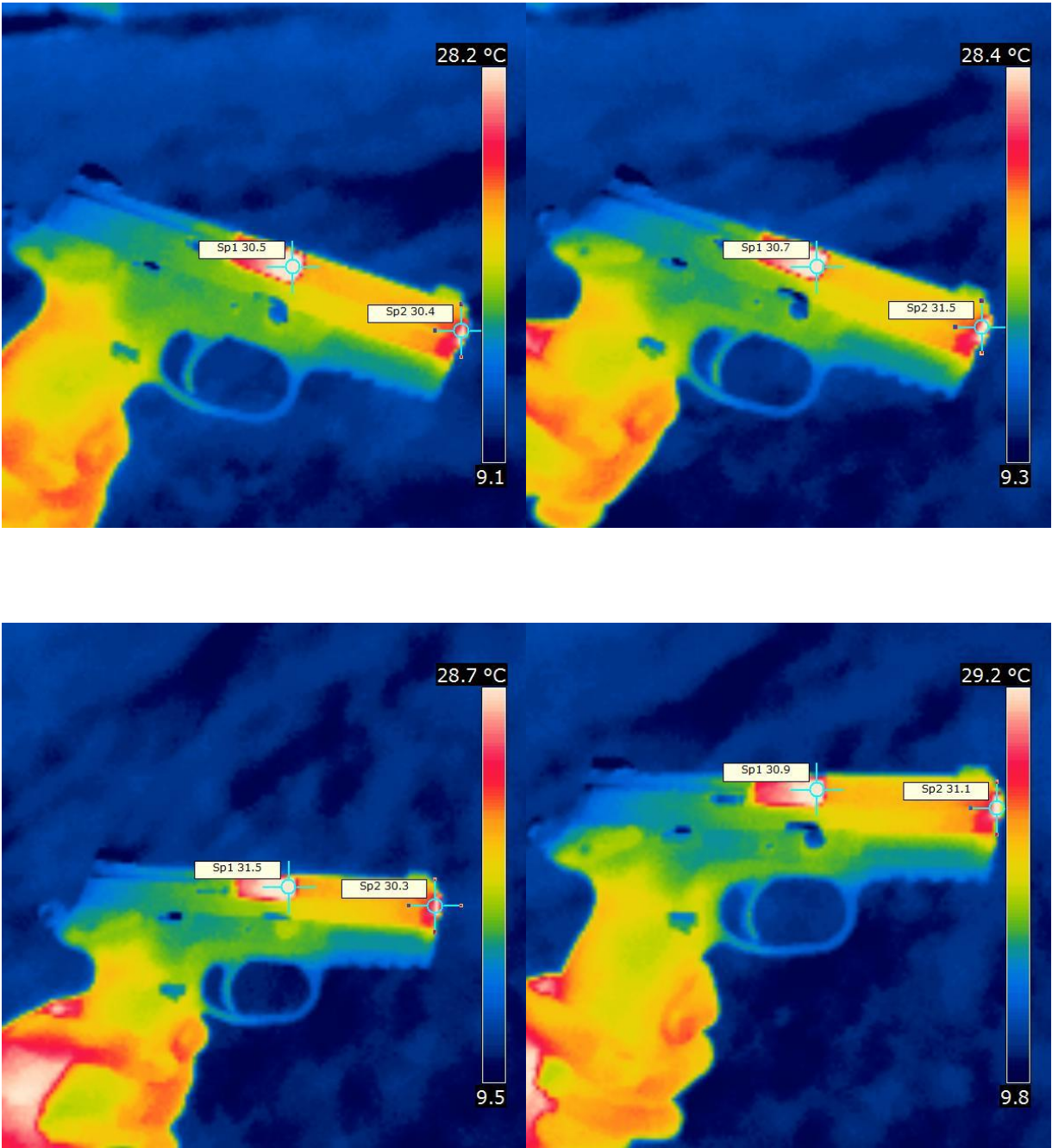


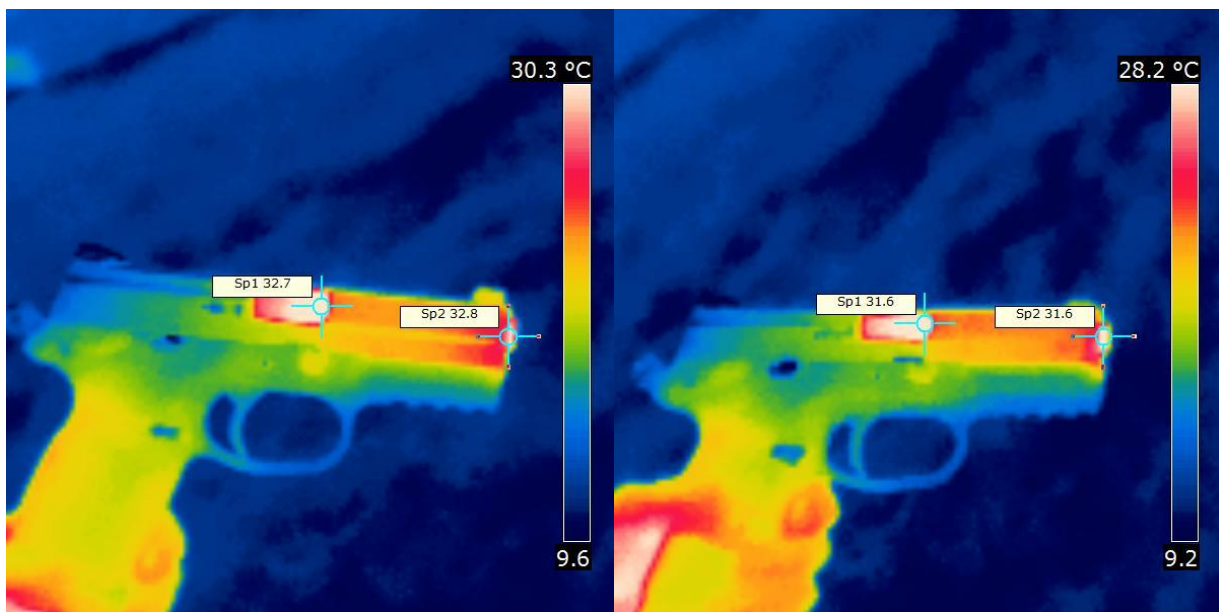
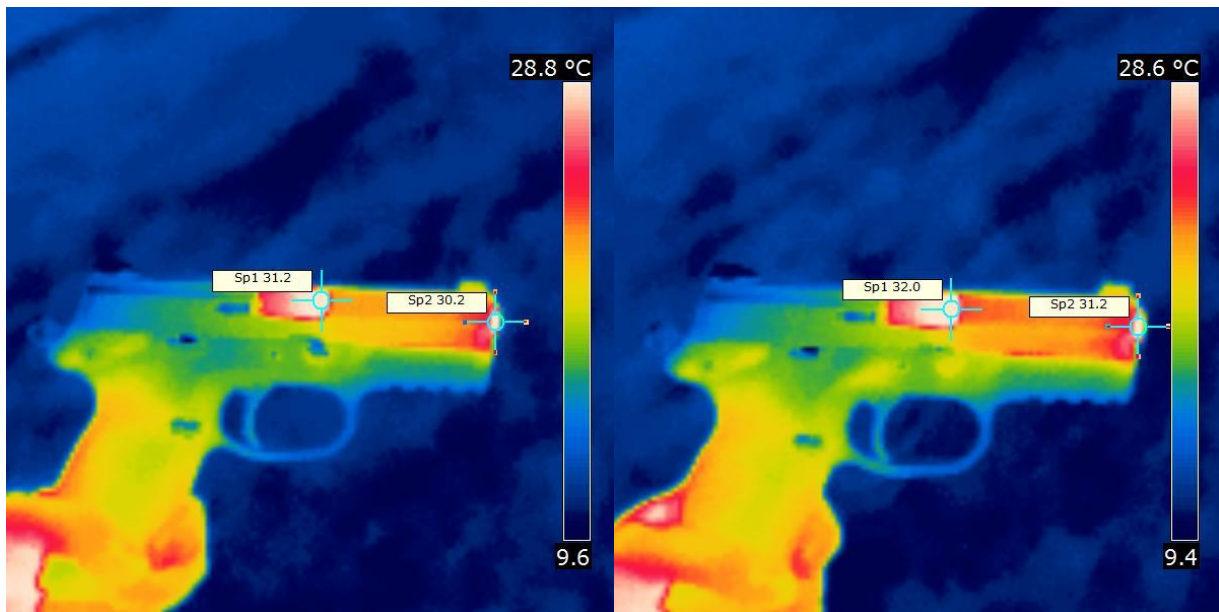


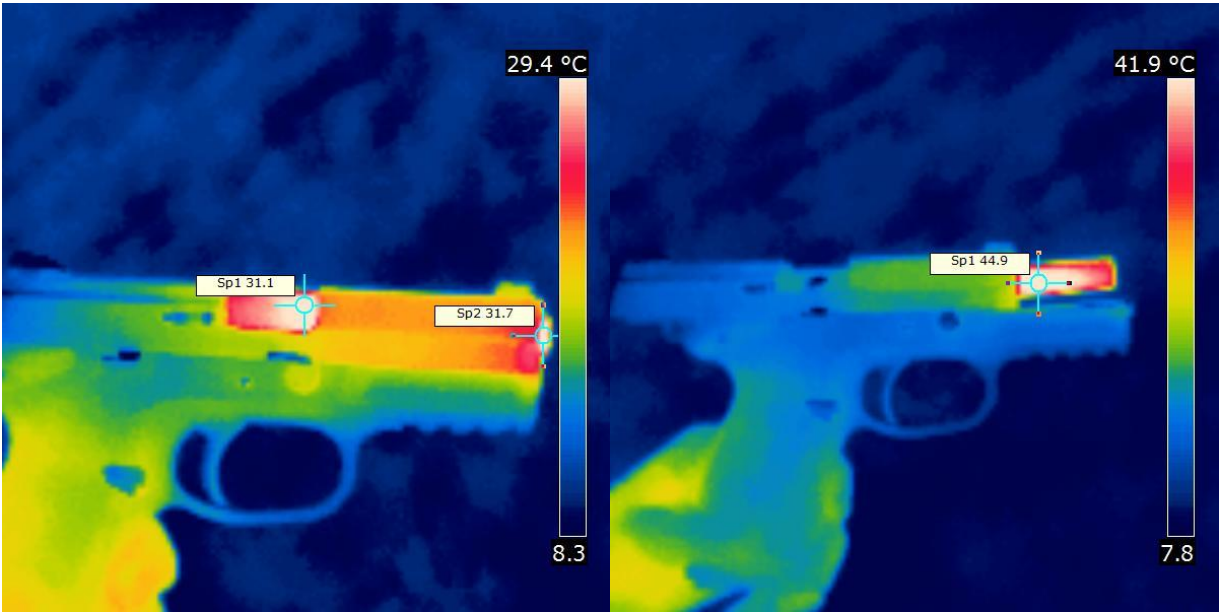




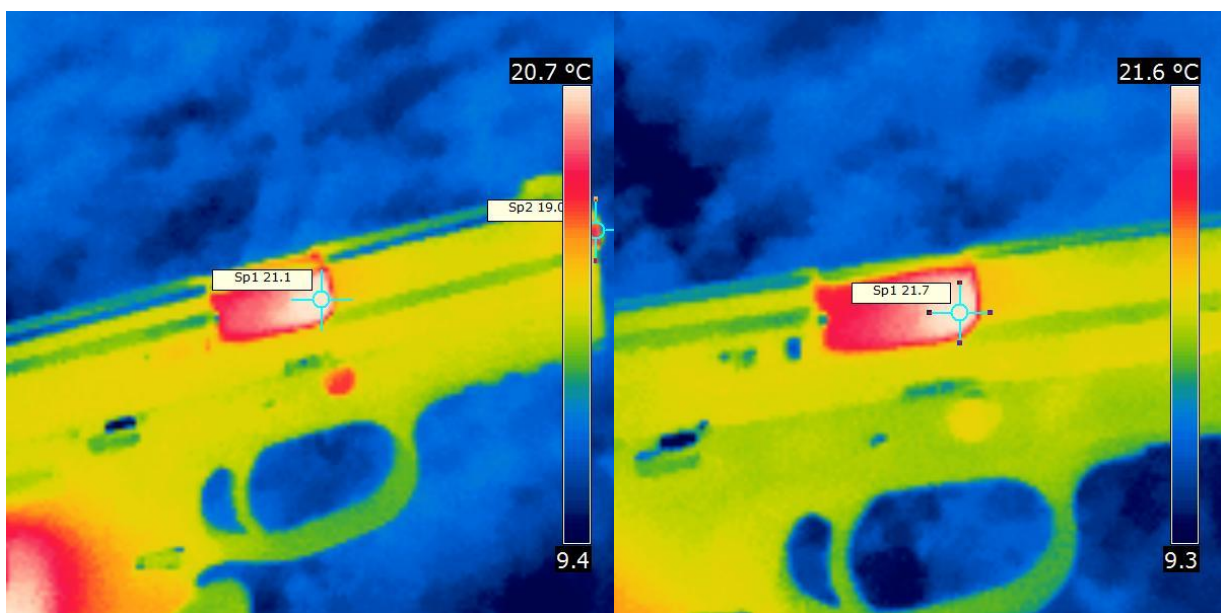
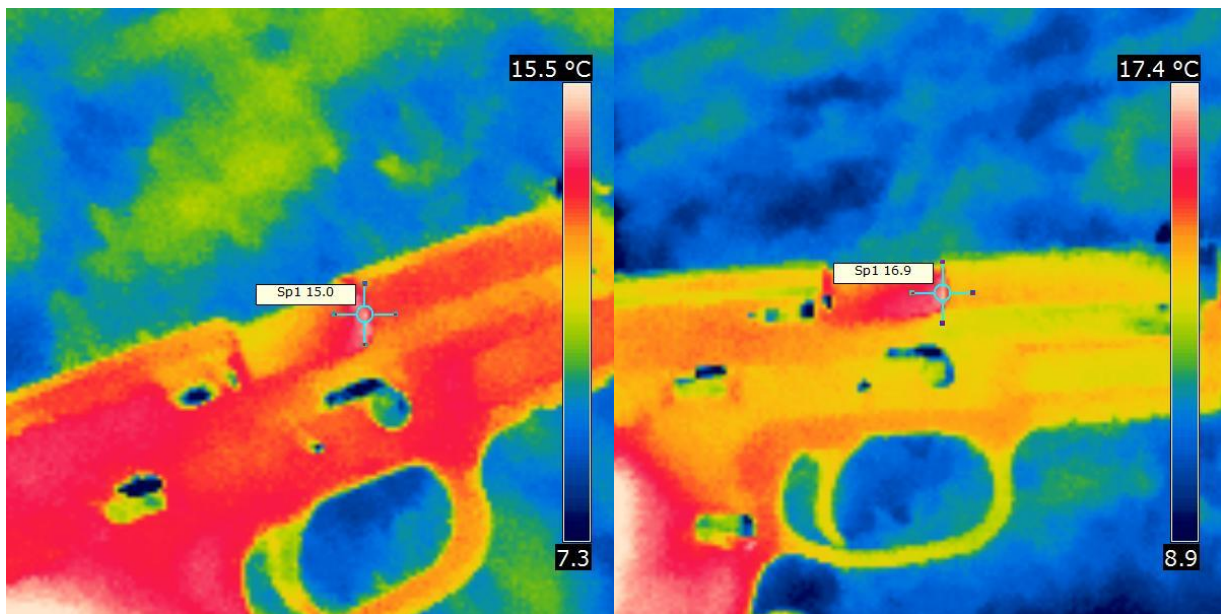


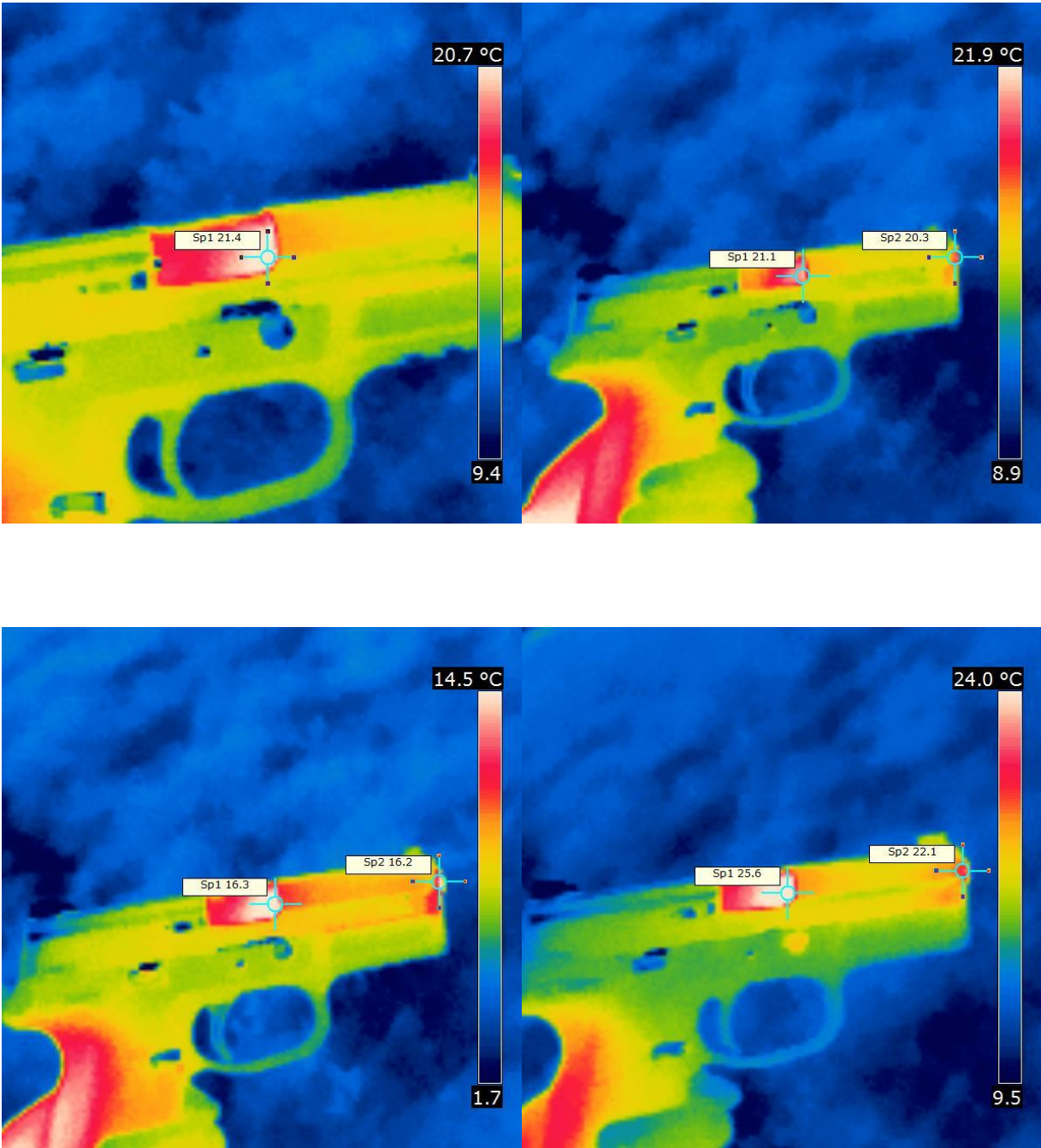


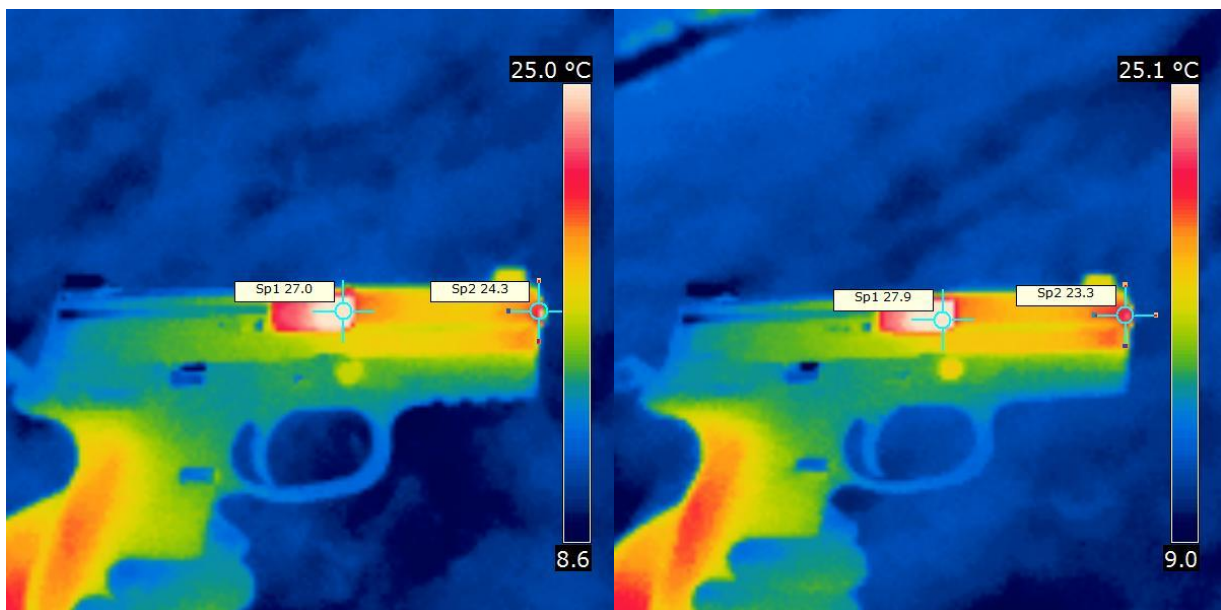
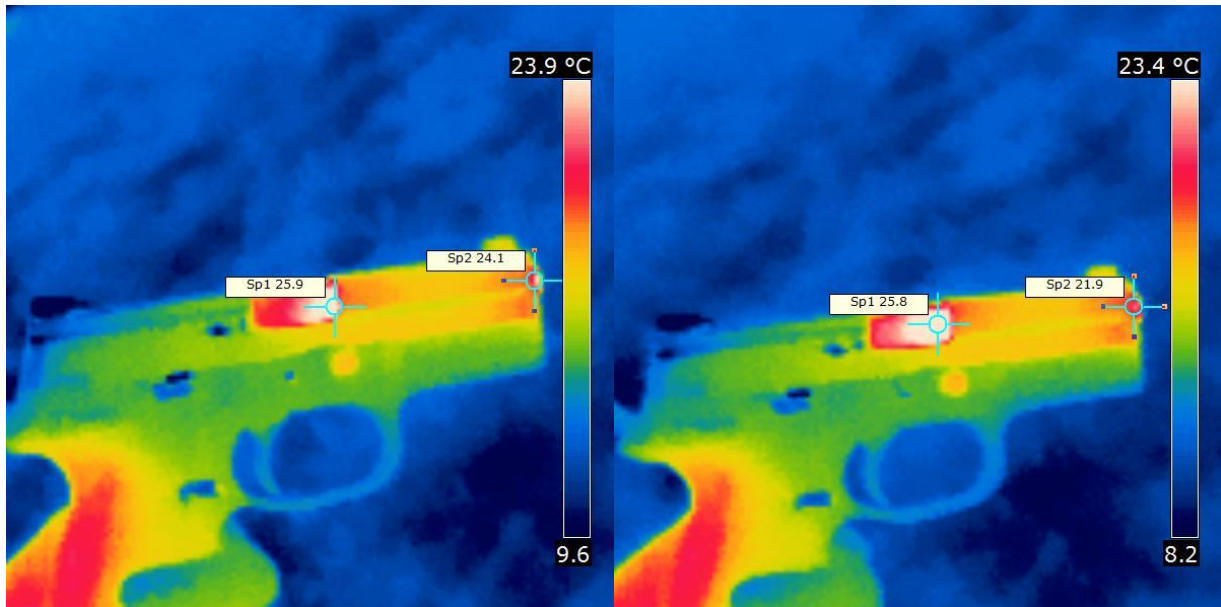


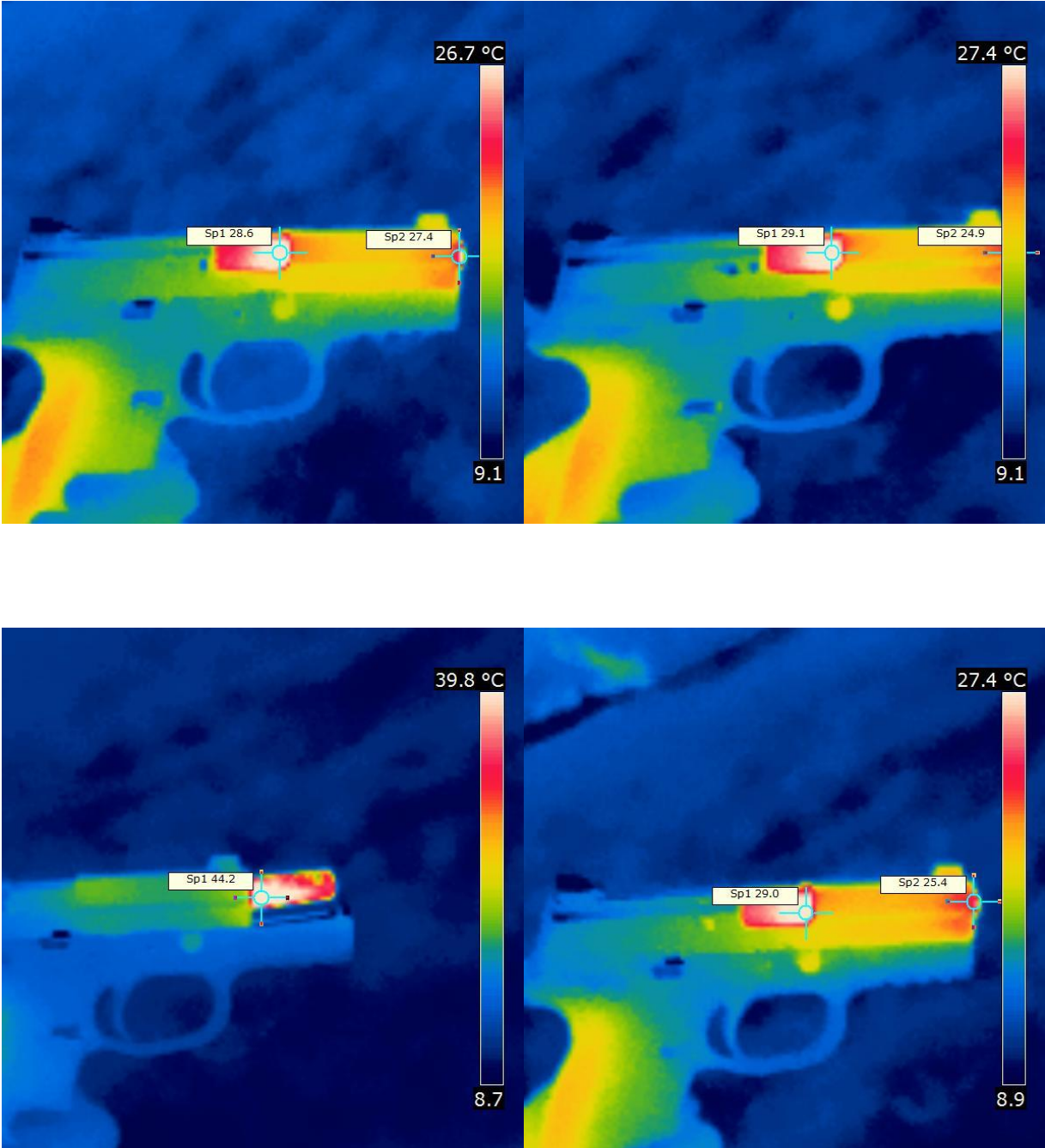


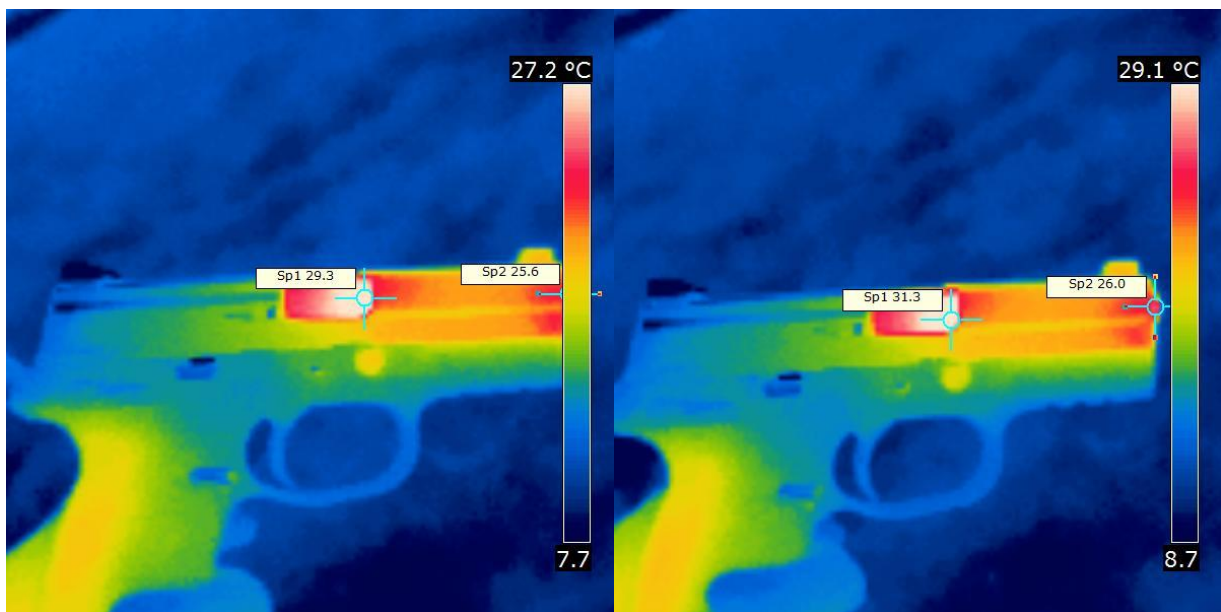
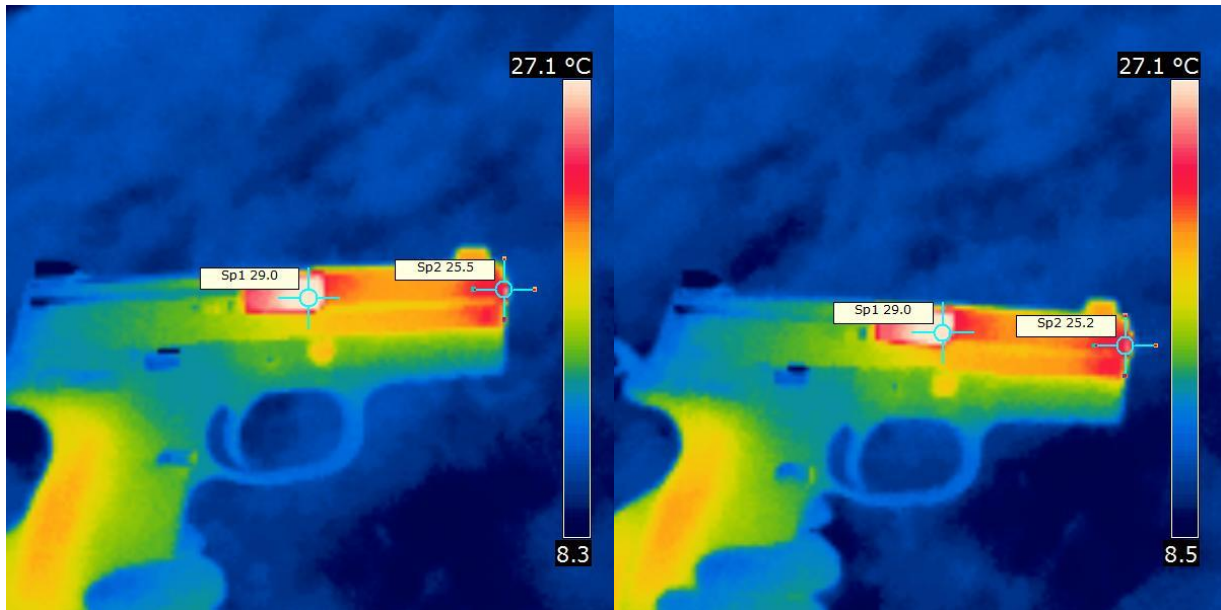
En cuanto a la pistola #2:

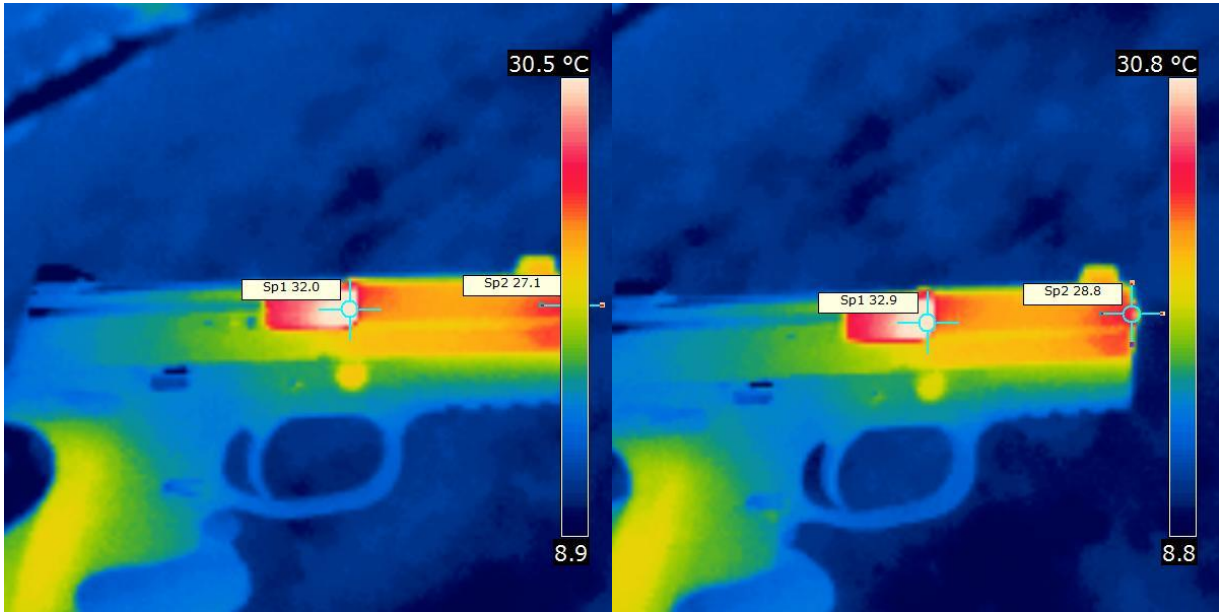
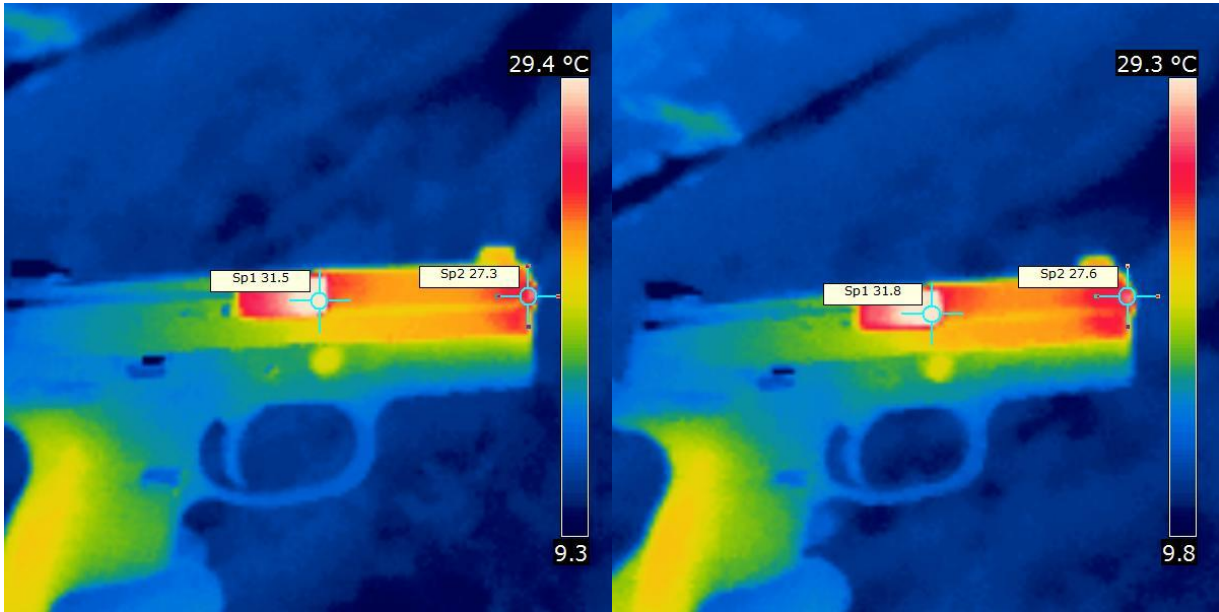


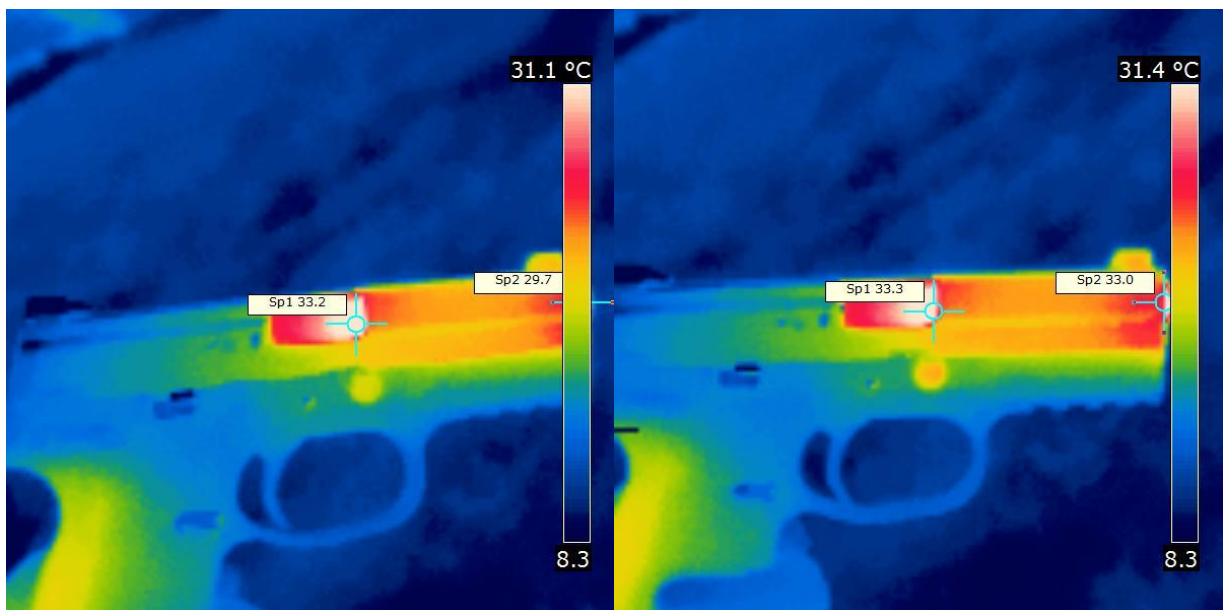
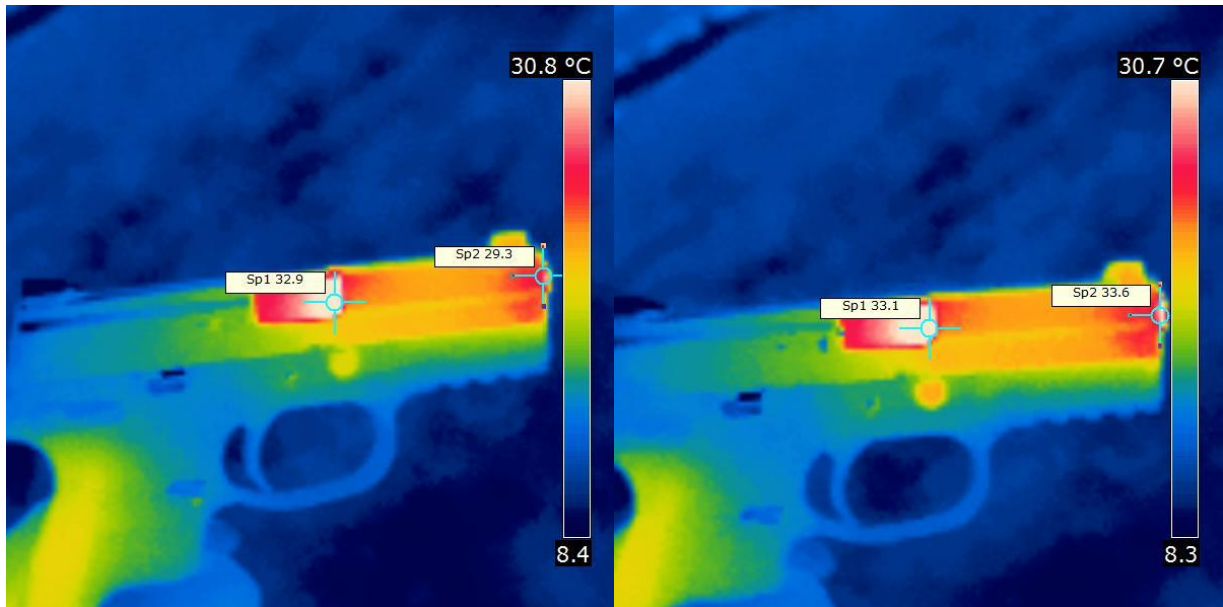


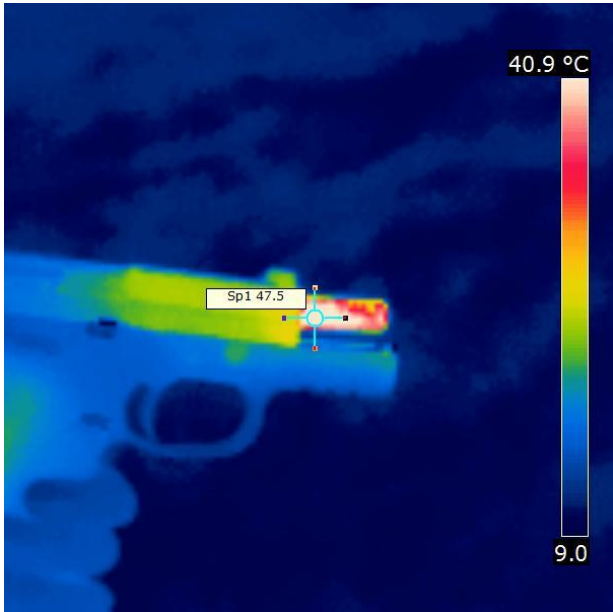








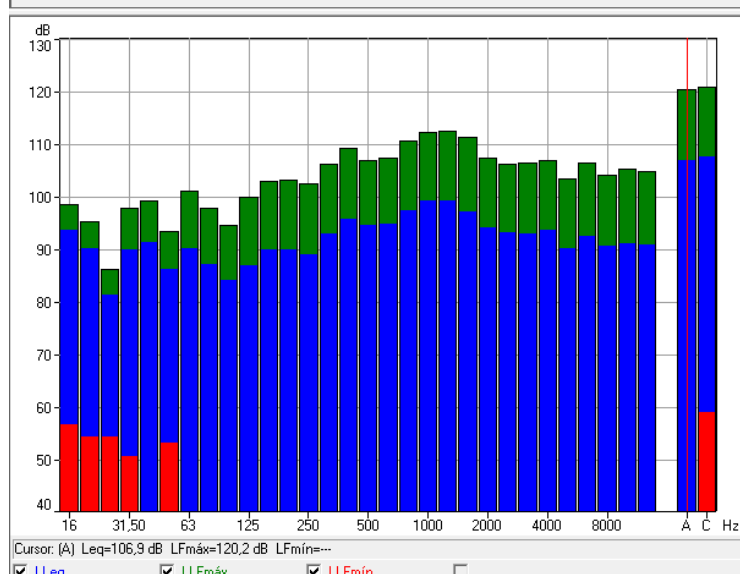




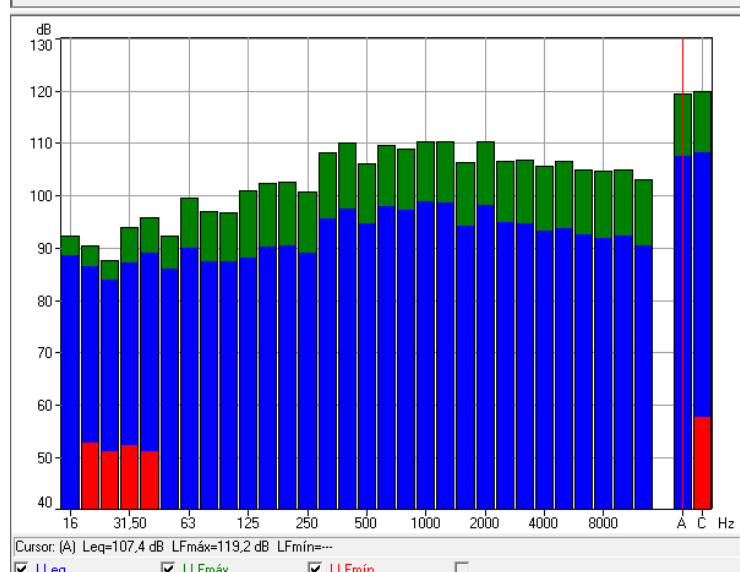
ANEXO II: REGISTROS ACÚSTICOS

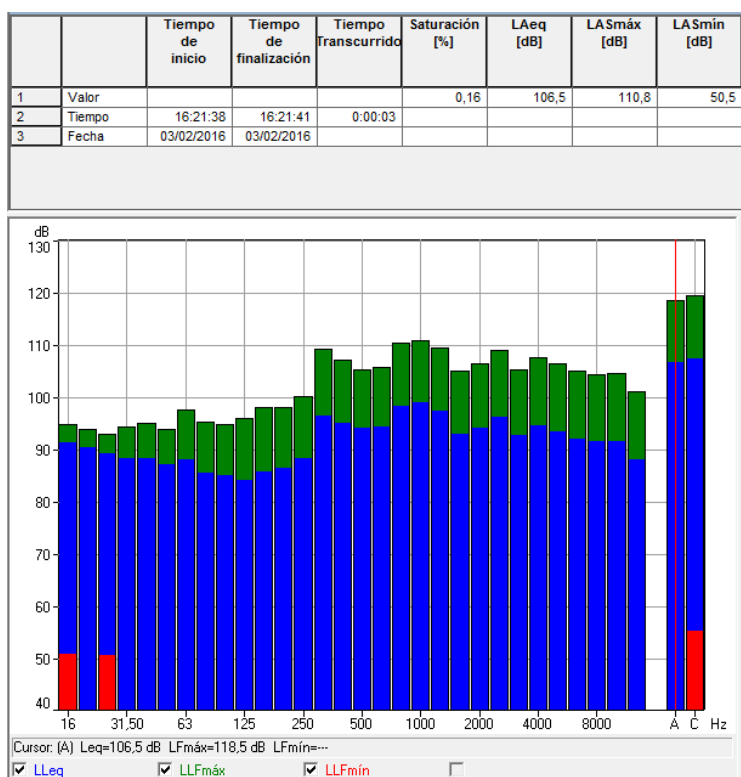
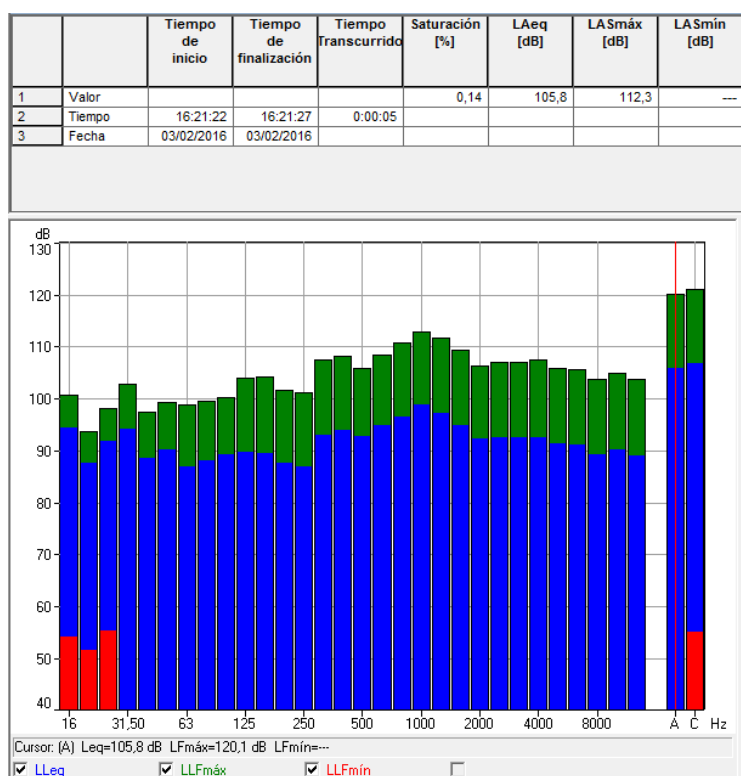
Los registros acústicos tomados de los ensayos de la pistola #1 son los siguientes:

		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LA Smáx [dB]	LA Smín [dB]
1	Valor				0,15	106,9	112,4	---
2	Tiempo	16:20:56	16:21:00	0:00:04				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					

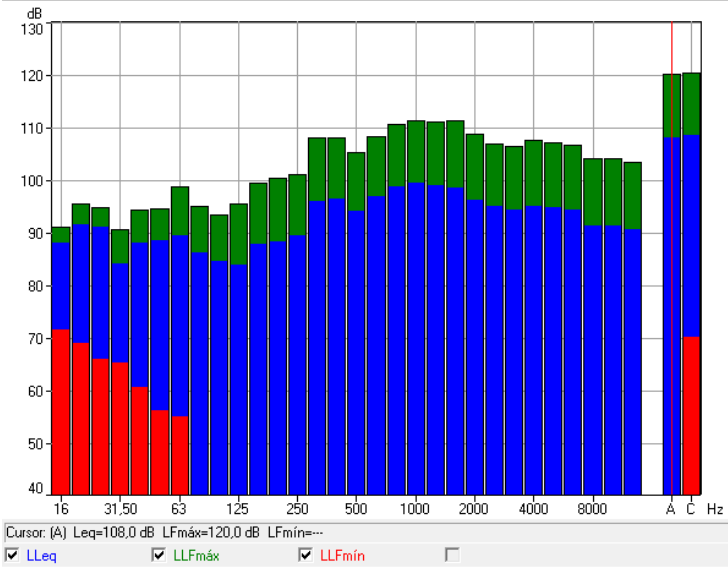


		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LA Smáx [dB]	LA Smín [dB]
1	Valor				0,17	107,4	111,6	59,4
2	Tiempo	16:21:10	16:21:13	0:00:03				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					

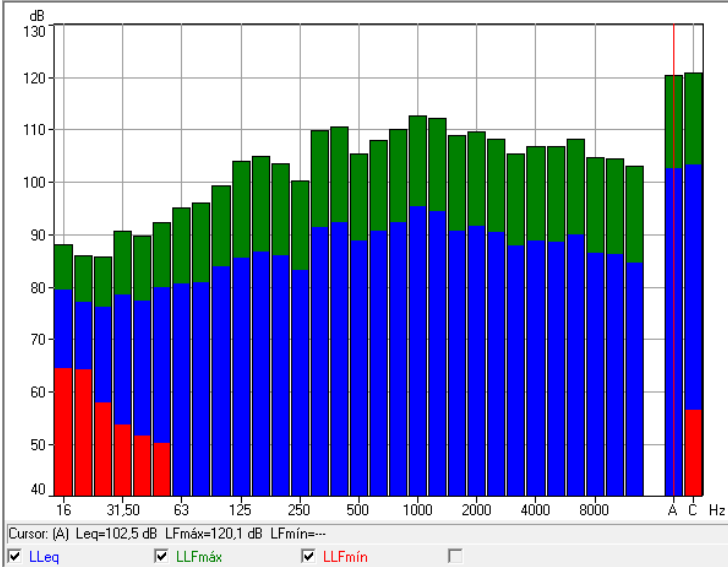




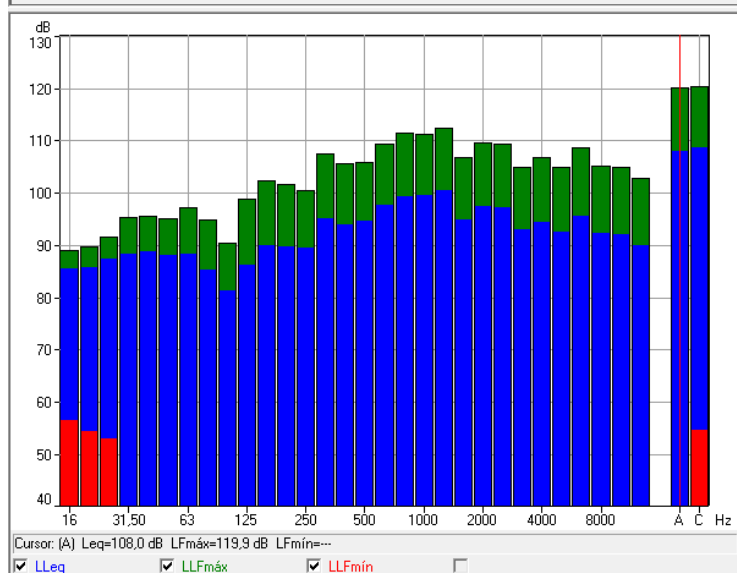
		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LA _S máx [dB]	LA _S mín [dB]
1	Valor				0,20	108,0	112,3	---
2	Tiempo	16:21:51	16:21:54	0:00:03				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					



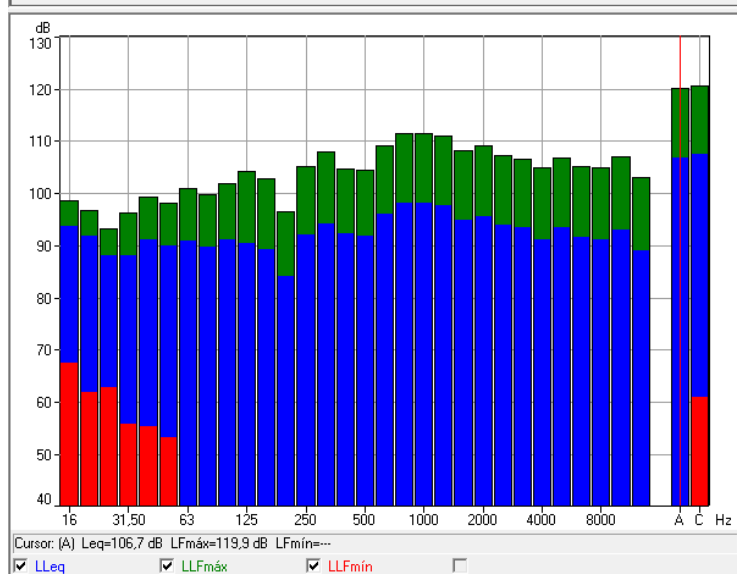
		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LA _S máx [dB]	LA _S mín [dB]
1	Valor				0,06	102,5	112,4	---
2	Tiempo	16:22:03	16:22:14	0:00:11				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					



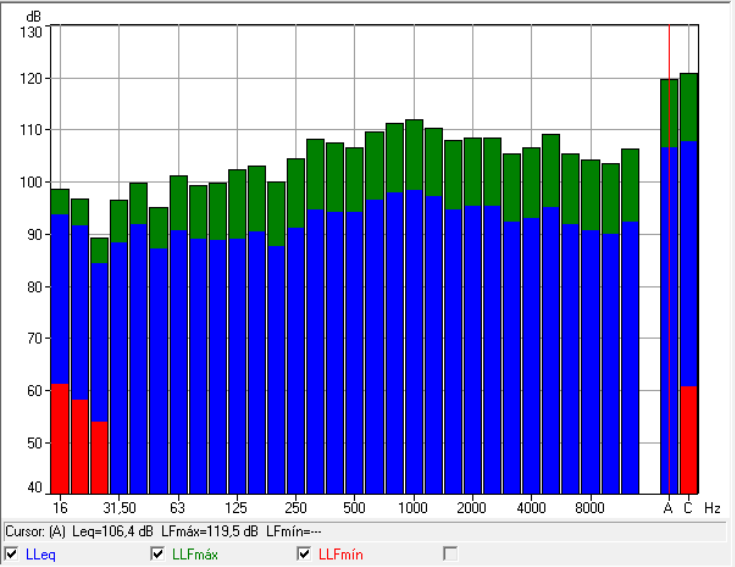
		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LA Smáx [dB]	LA Smin [dB]
1	Valor				0,21	108,0	112,2	---
2	Tiempo	16:22:20	16:22:23	0:00:03				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					



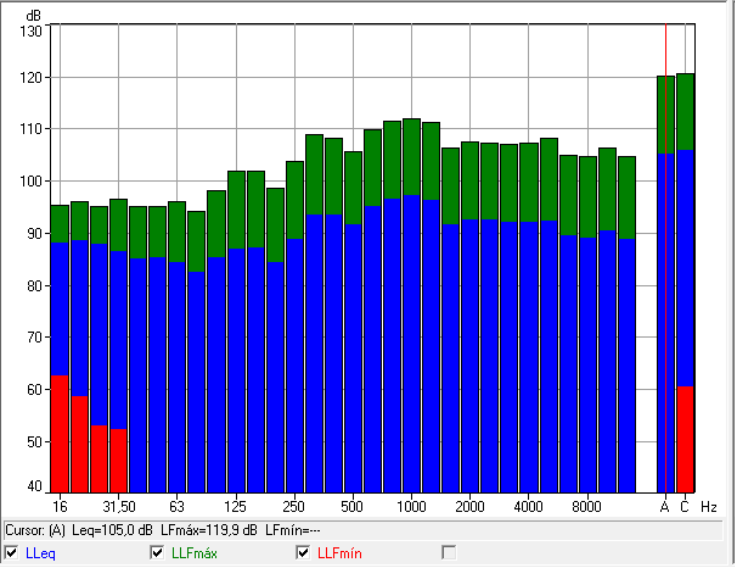
		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LA Smáx [dB]	LA Smin [dB]
1	Valor				0,16	106,7	112,2	---
2	Tiempo	16:22:31	16:22:35	0:00:04				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					



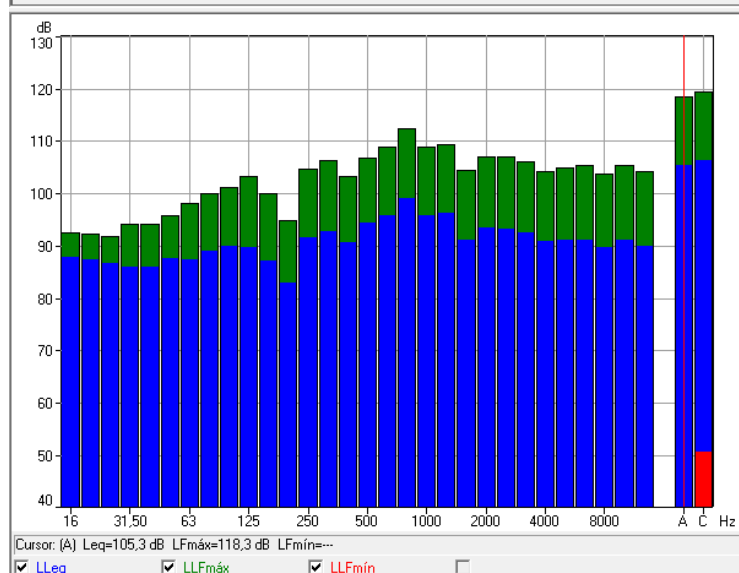
		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	L _{Aeq} [dB]	L _{ASmáx} [dB]	L _{ASmín} [dB]
1	Valor				0,16	106,4	111,9	---
2	Tiempo	16:22:44	16:22:48	0:00:04				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					



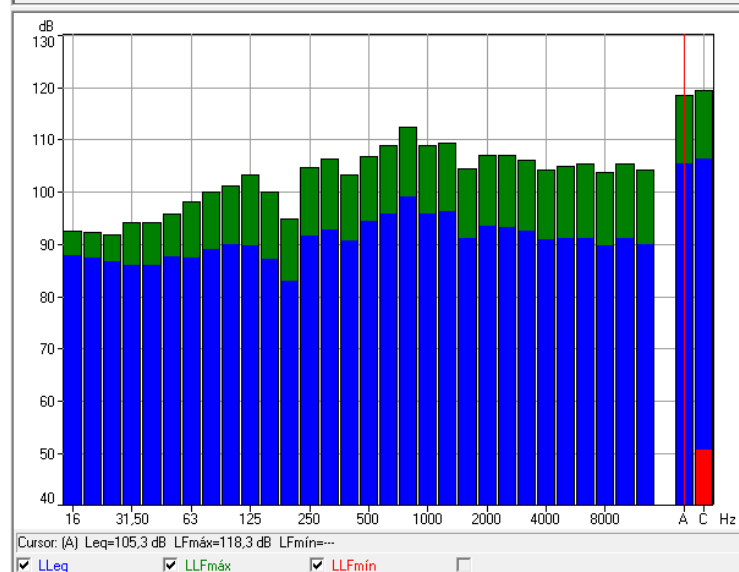
		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	L _{Aeq} [dB]	L _{ASmáx} [dB]	L _{ASmín} [dB]
1	Valor				0,11	105,0	112,3	---
2	Tiempo	16:23:00	16:23:14	0:00:06				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					

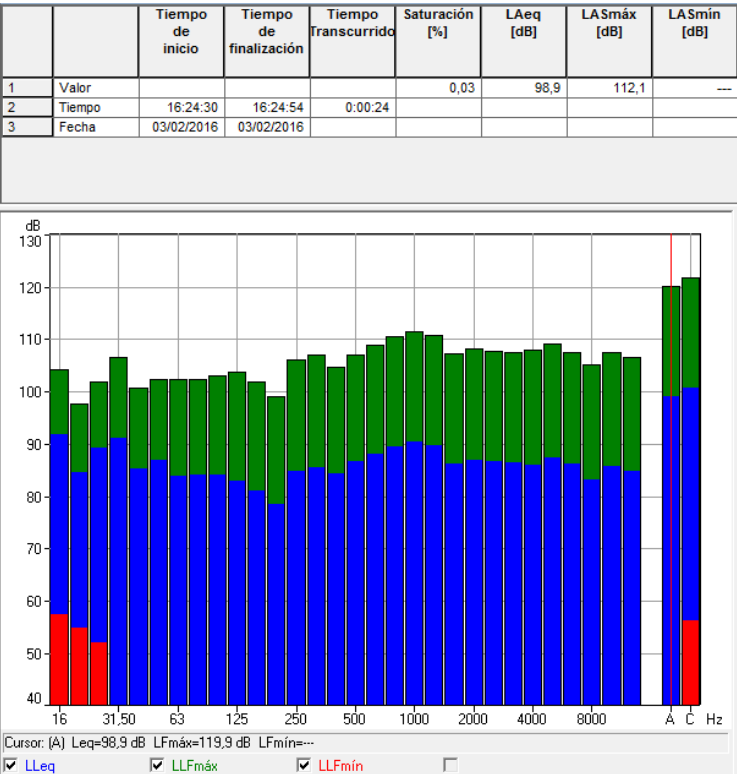
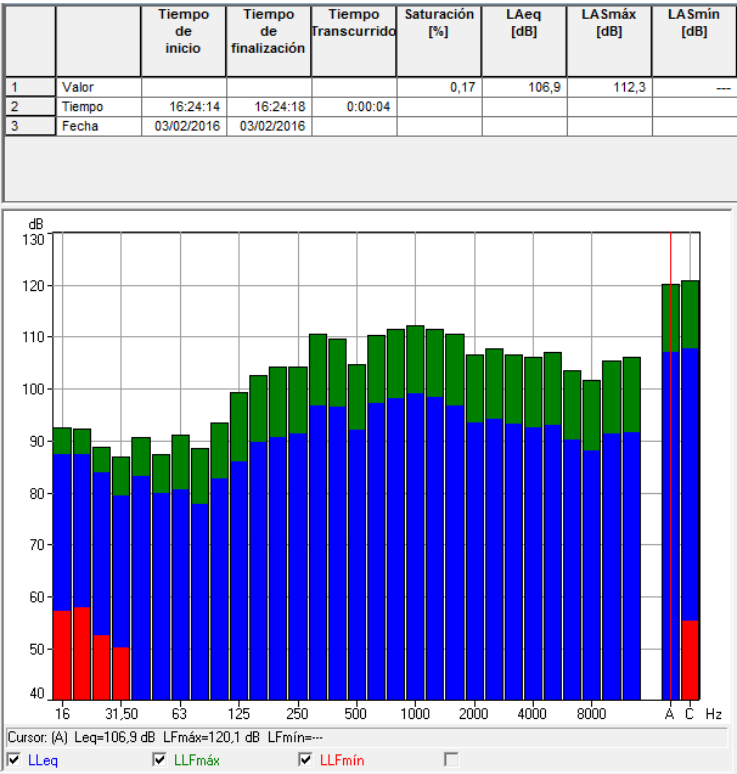


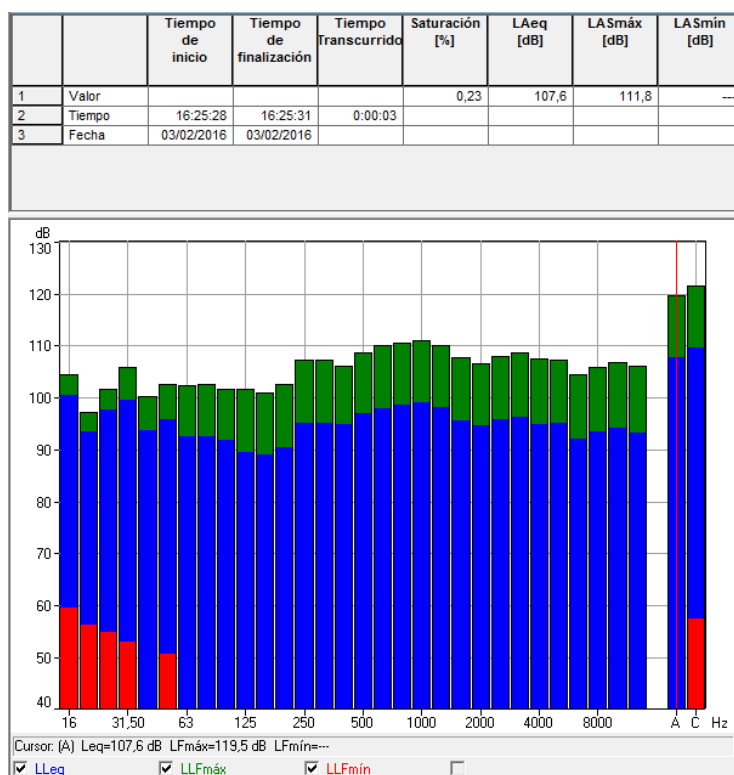
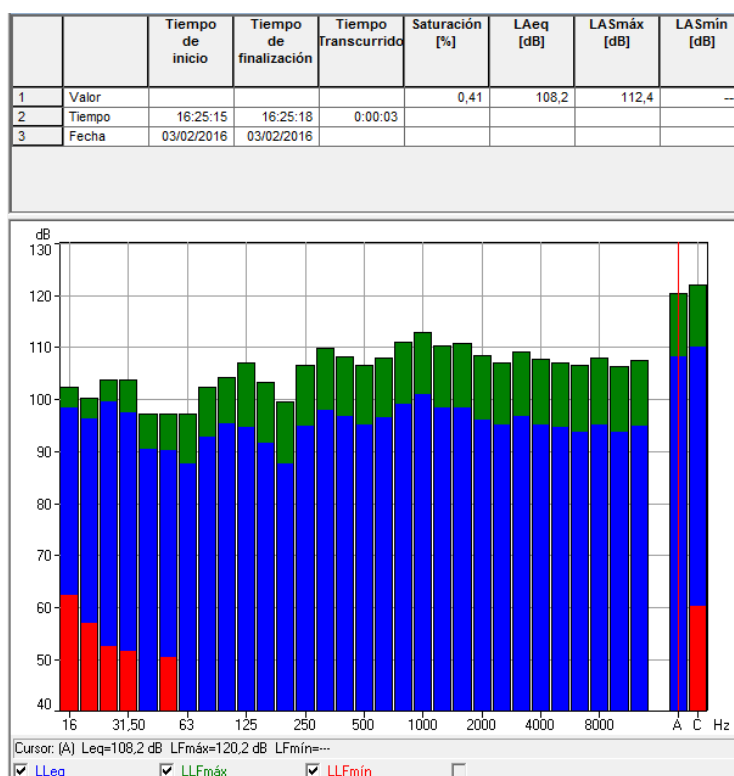
		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LA Smáx [dB]	LA Smin [dB]
1	Valor				0,11	105,3	110,8	---
2	Tiempo	16:23:47	16:23:51	0:00:04				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					

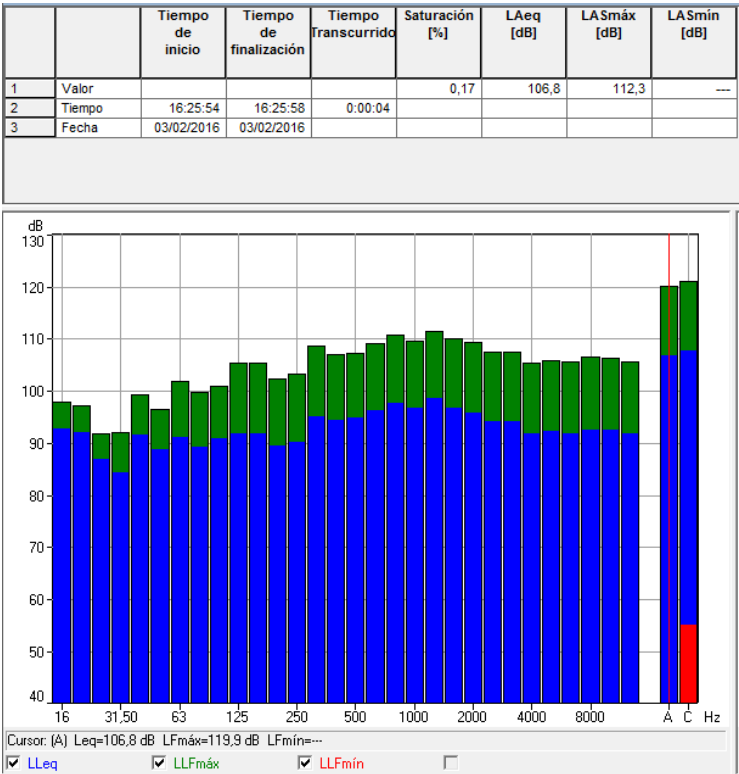
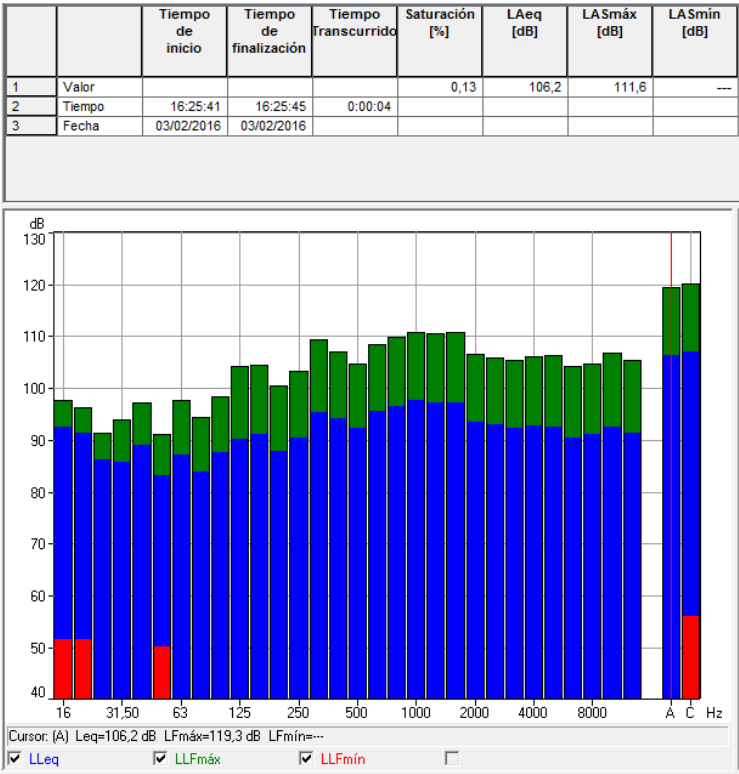


		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LA Smáx [dB]	LA Smin [dB]
1	Valor				0,11	105,3	110,8	---
2	Tiempo	16:23:47	16:23:51	0:00:04				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					

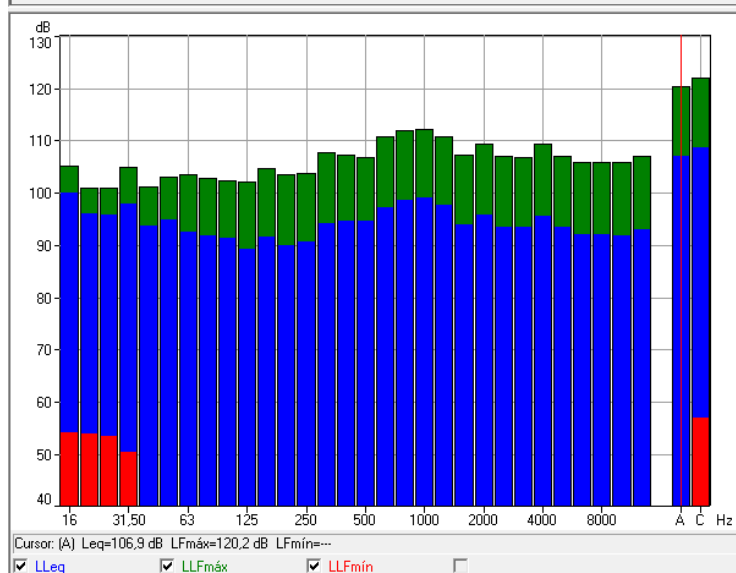




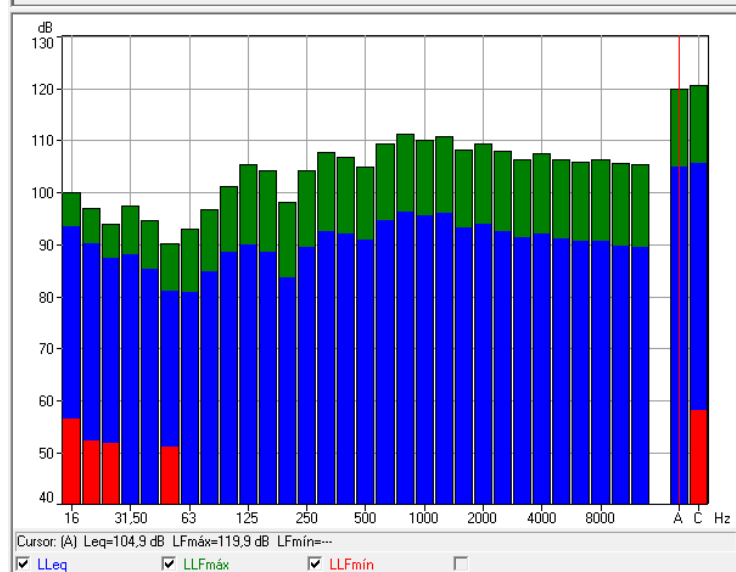


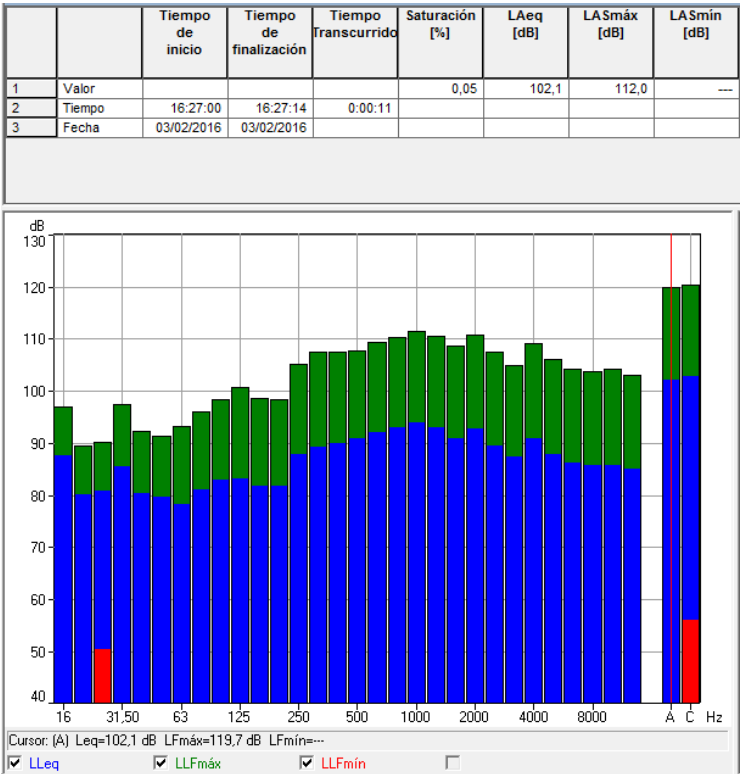
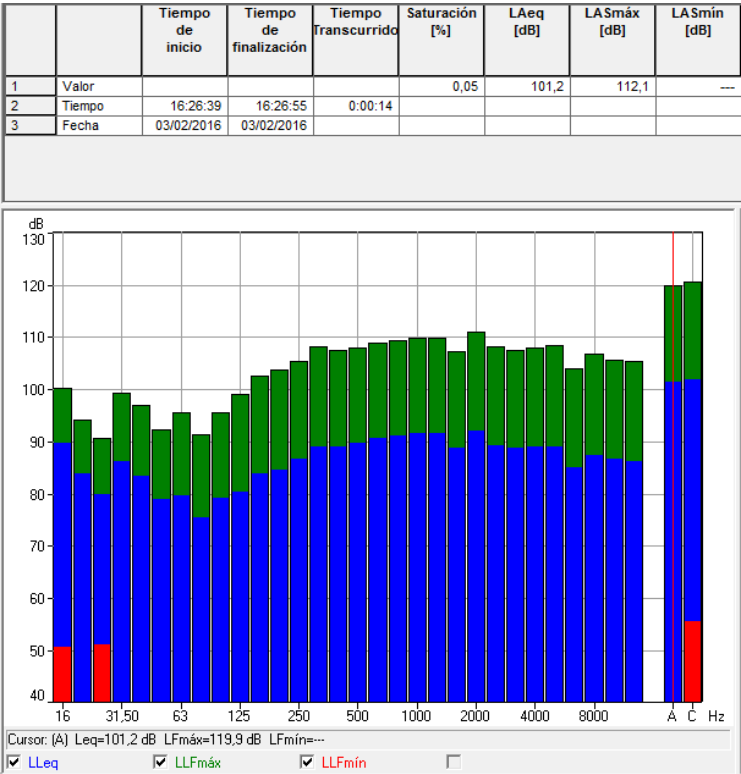


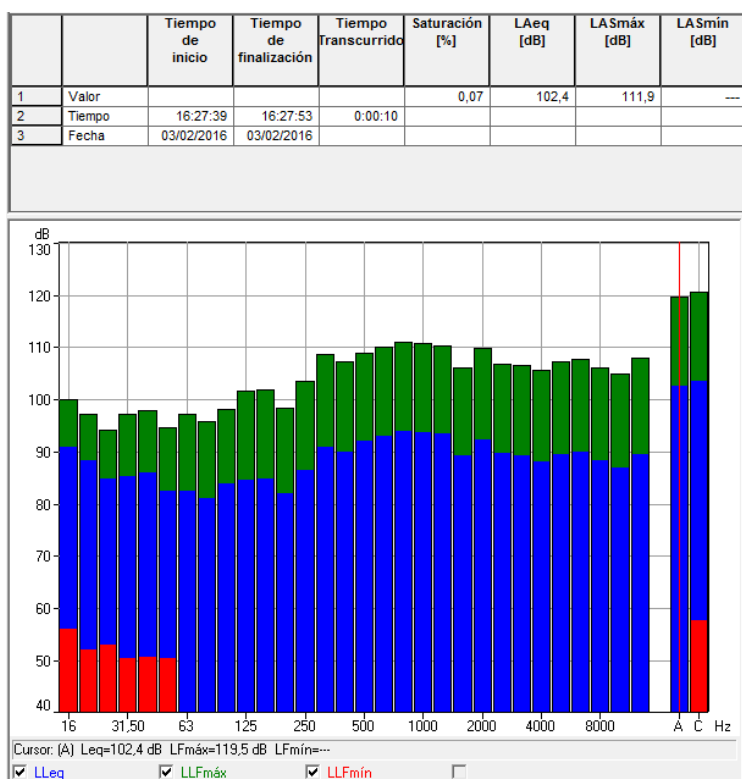
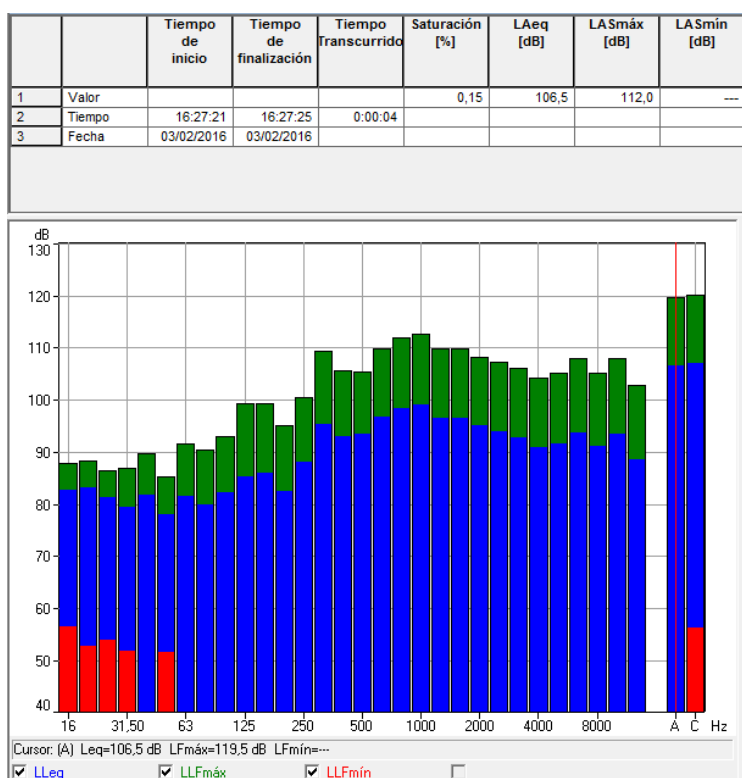
		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LA _S máx [dB]	LA _S mín [dB]
1	Valor				0,28	106,9	112,4	---
2	Tiempo	16:26:08	16:26:12	0:00:04				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					

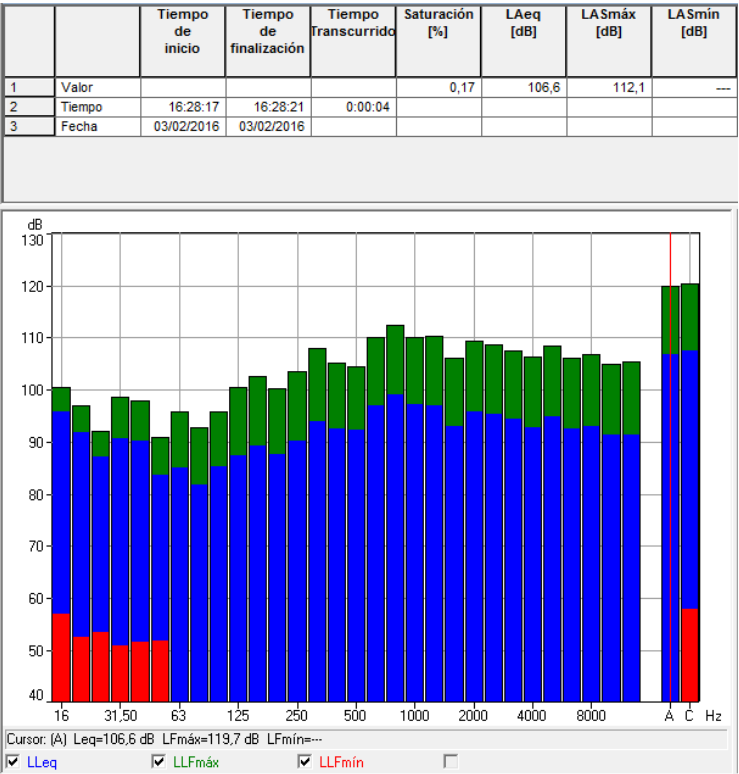
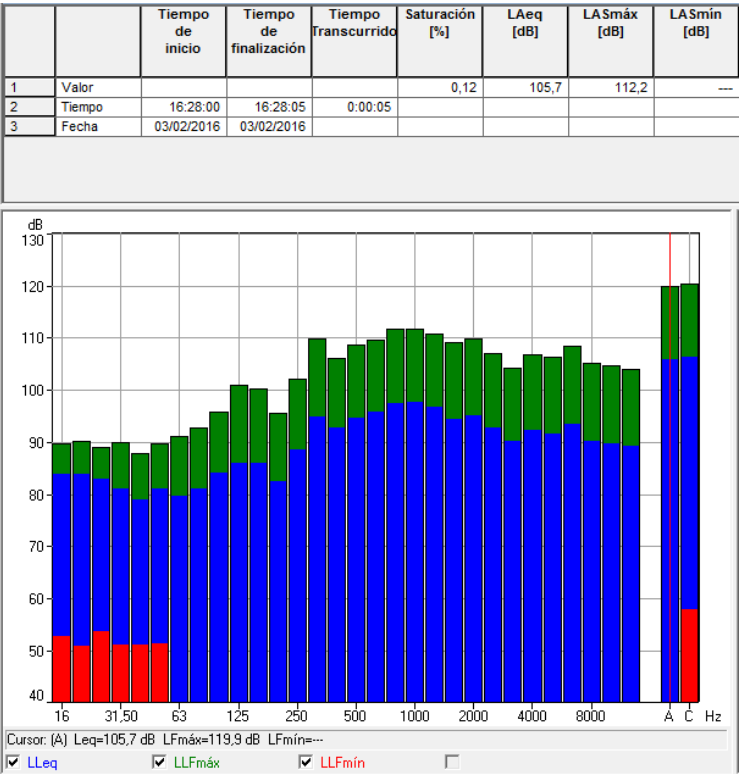


		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LA _S máx [dB]	LA _S mín [dB]
1	Valor				0,11	104,9	112,2	---
2	Tiempo	16:26:20	16:26:26	0:00:06				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					

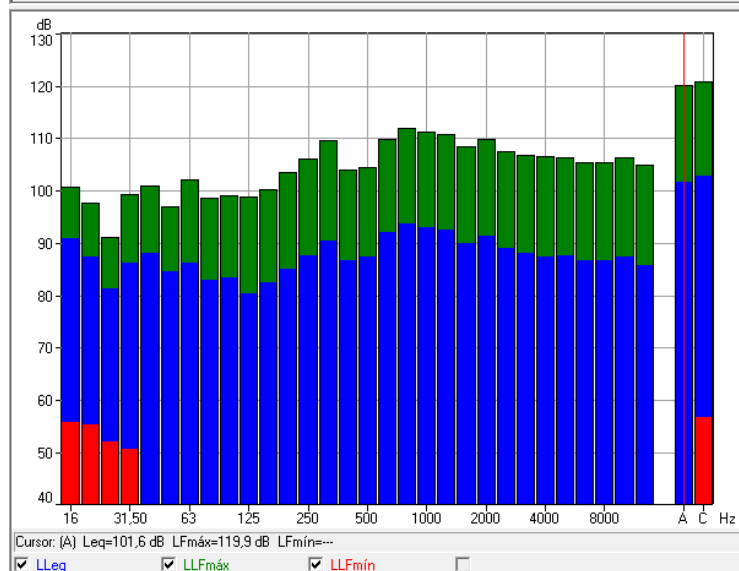




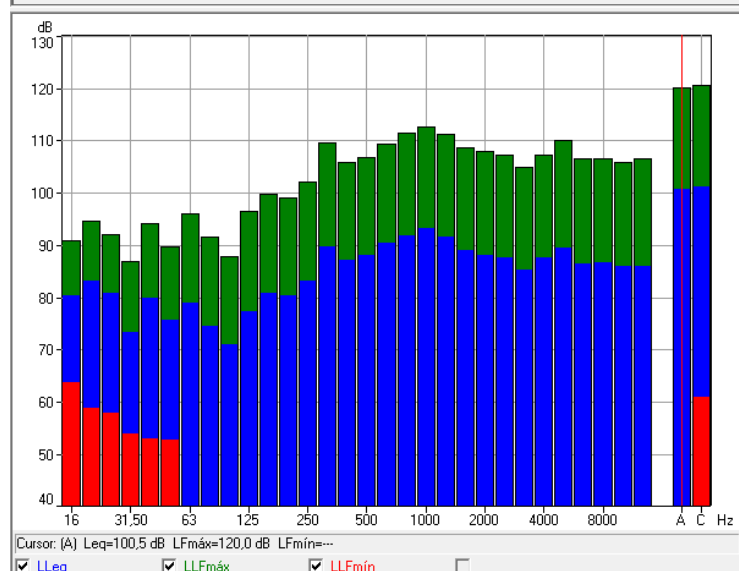


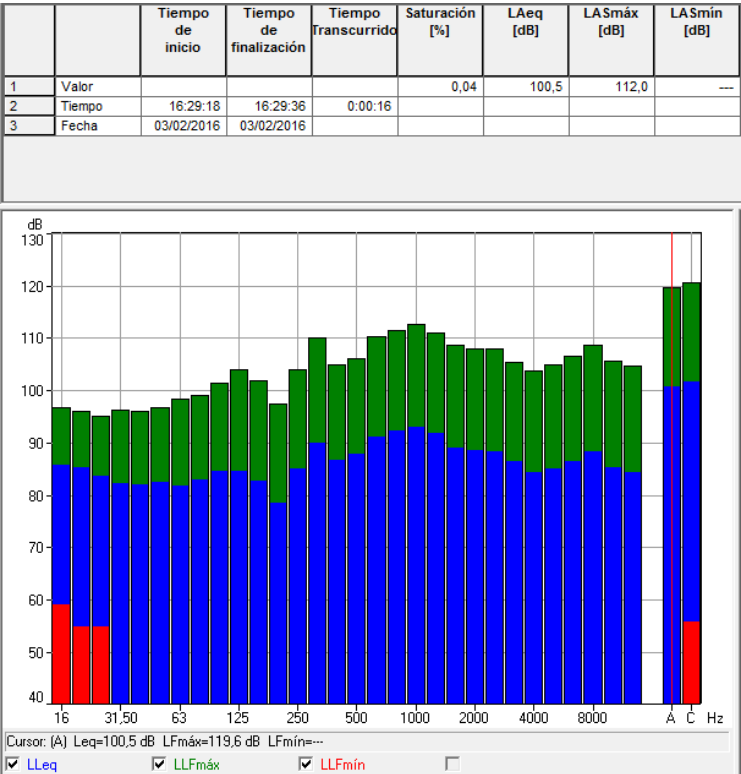
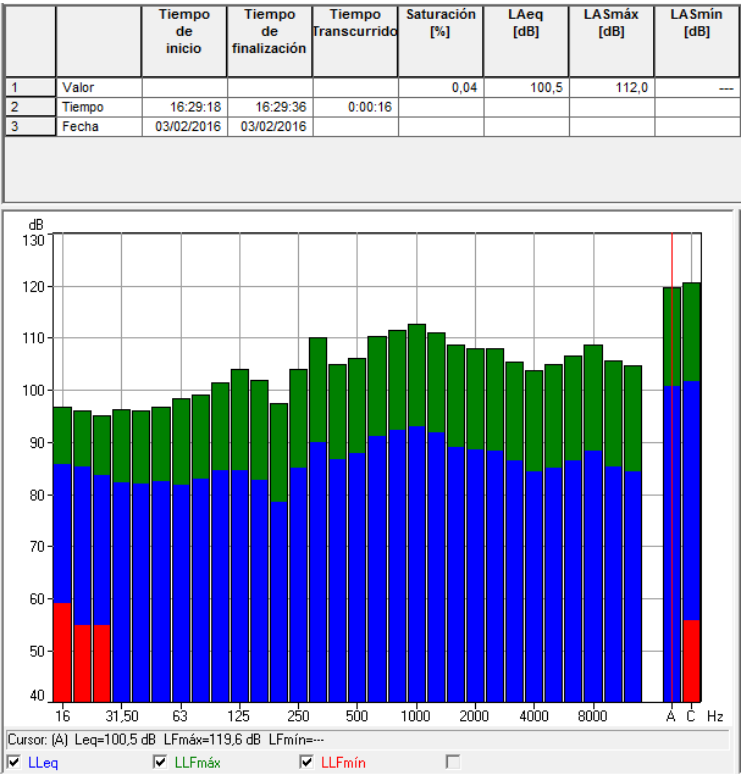


		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LASmáx [dB]	LASmín [dB]
1	Valor				0,06	101,6	112,2	---
2	Tiempo	16:28:34	16:28:49	0:00:13				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					

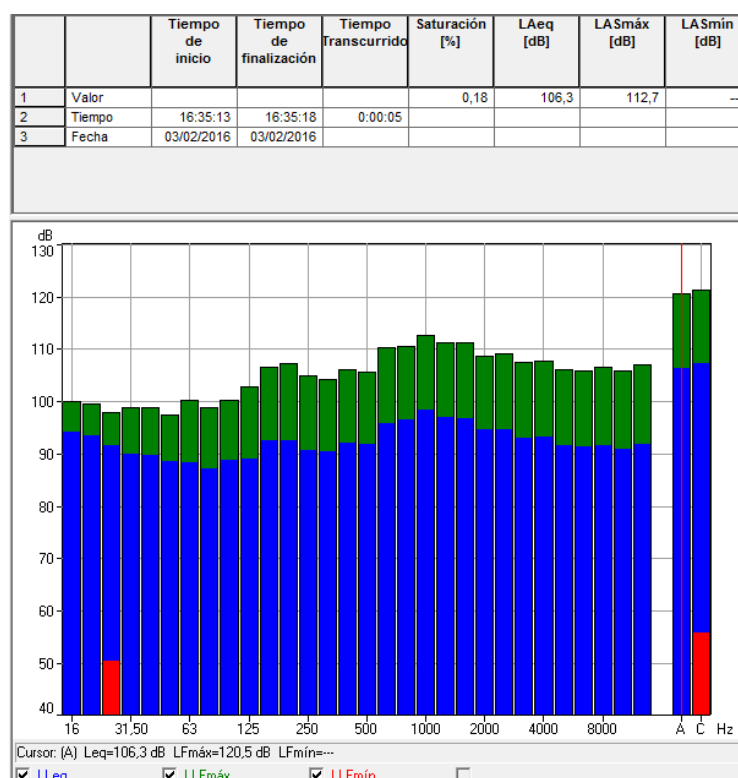
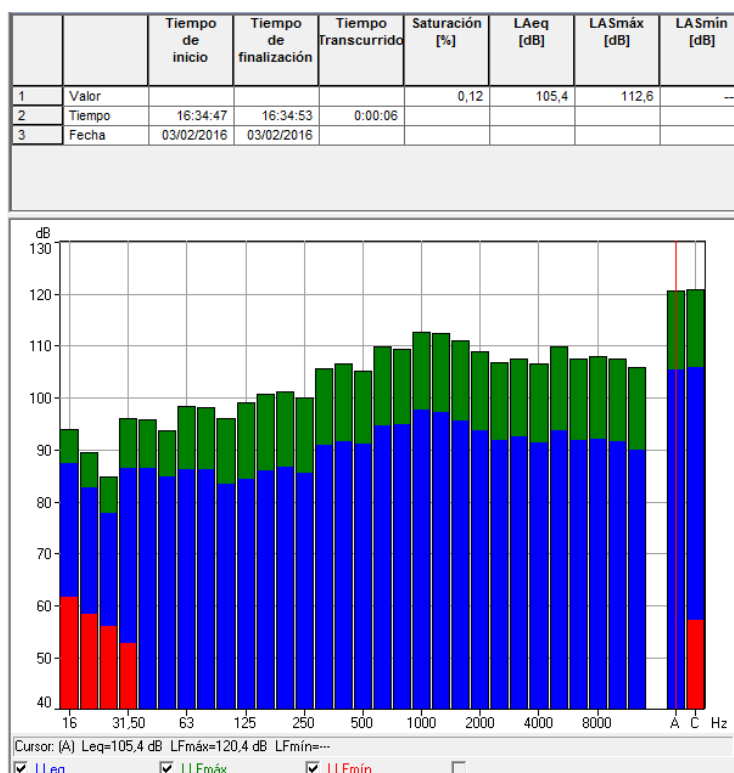


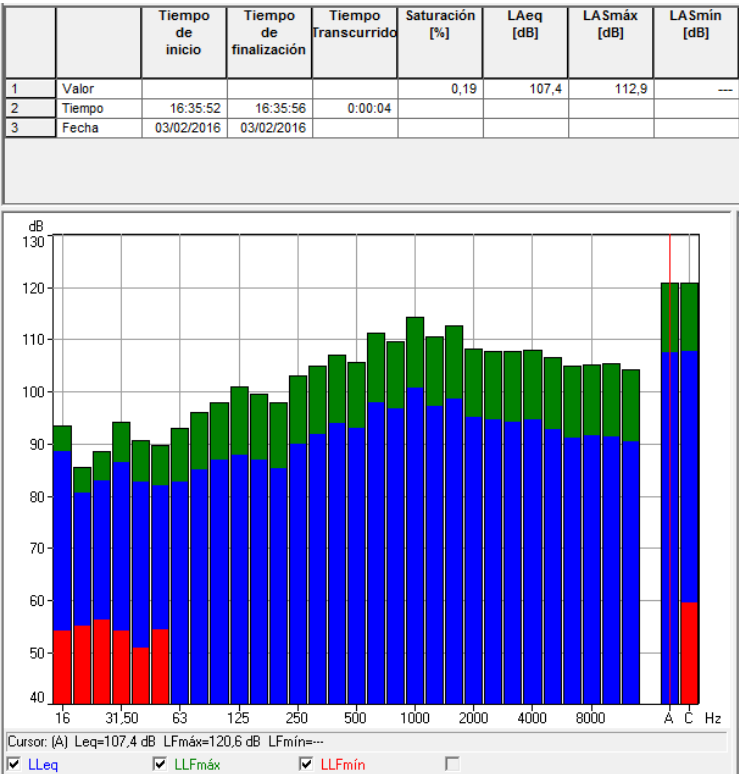
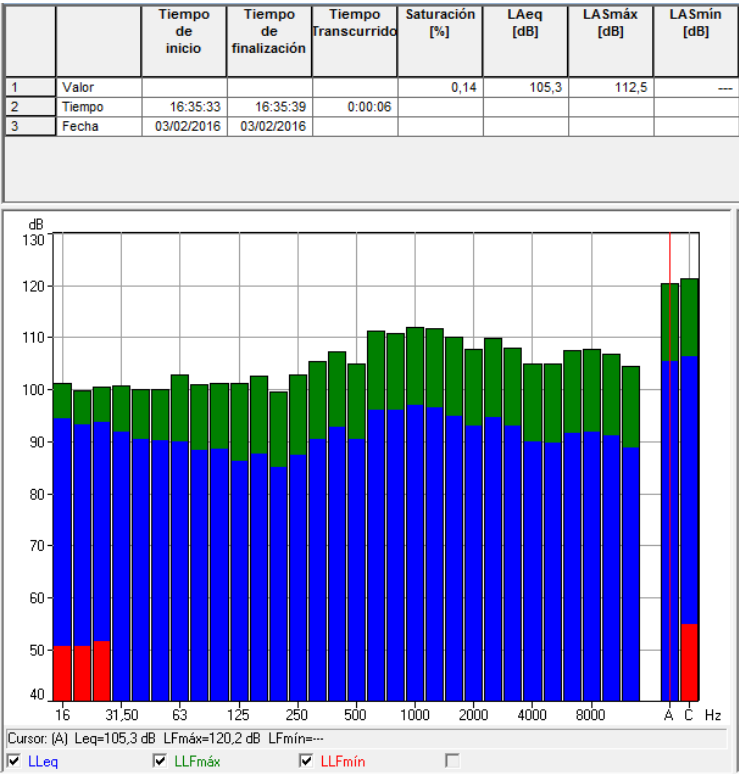
		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LASmáx [dB]	LASmín [dB]
1	Valor				0,04	100,5	112,3	---
2	Tiempo	16:28:54	16:29:13	0:00:17				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					

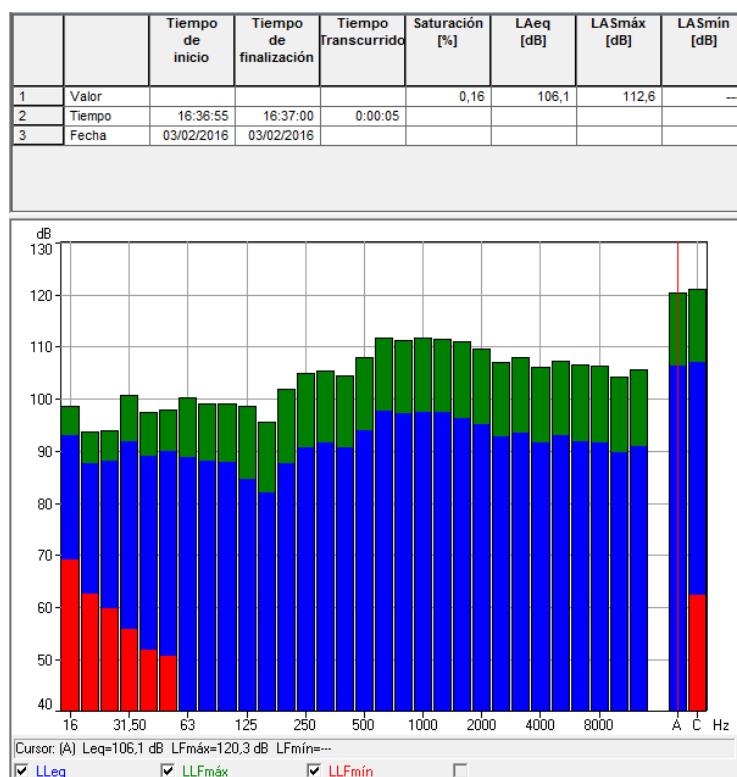
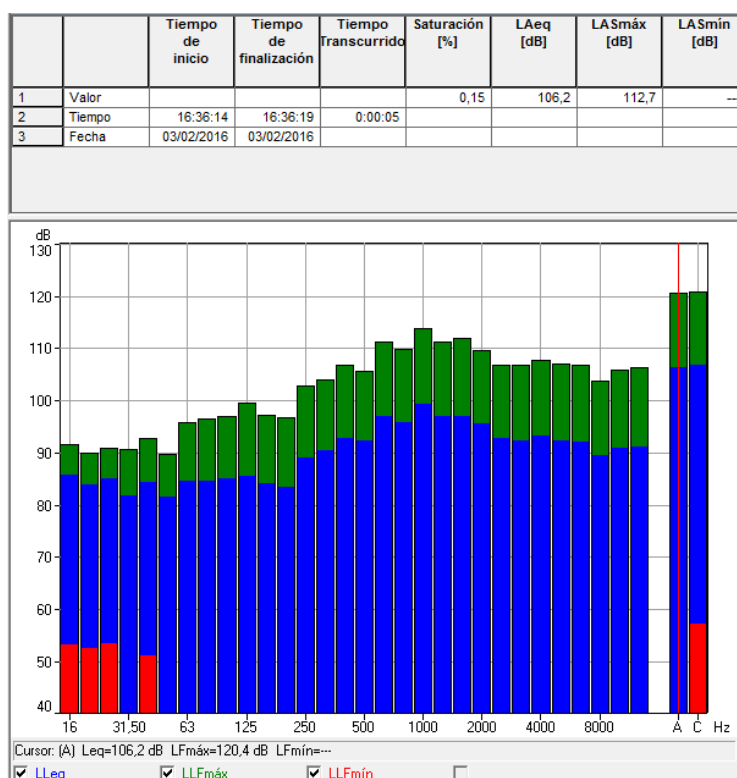


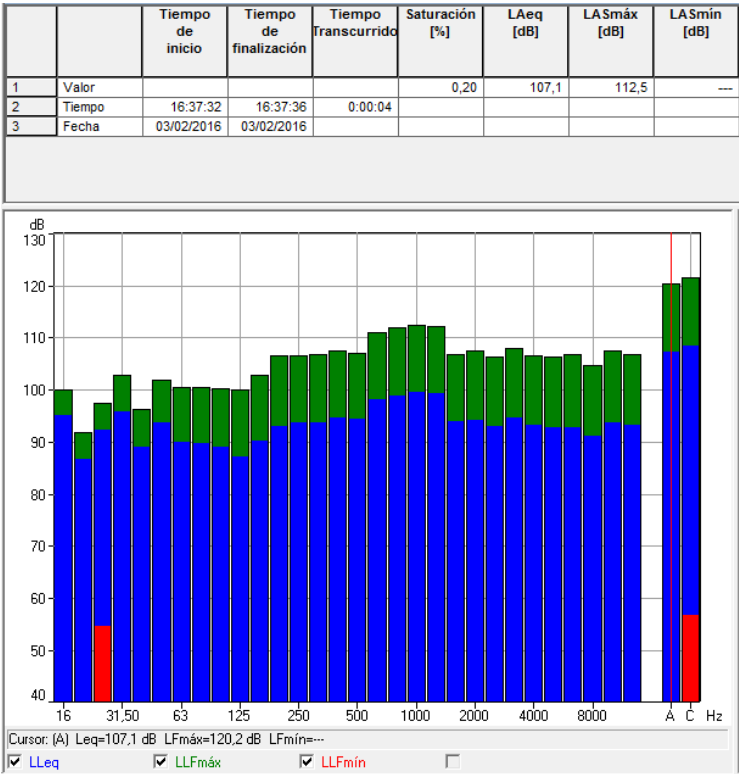
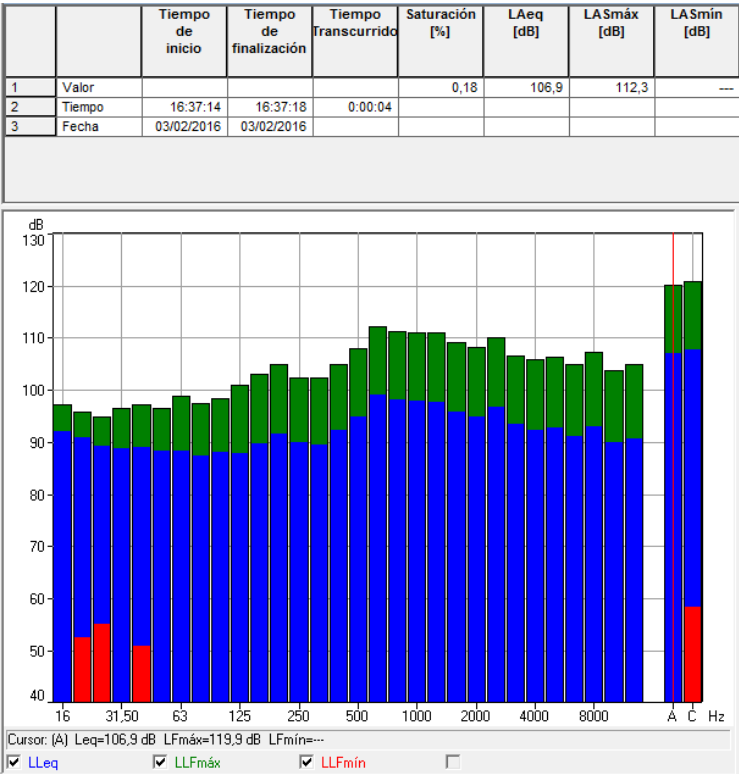


En cuanto a la pistola #2, los registros acústicos, visualizado en el software Noise Explorer son:

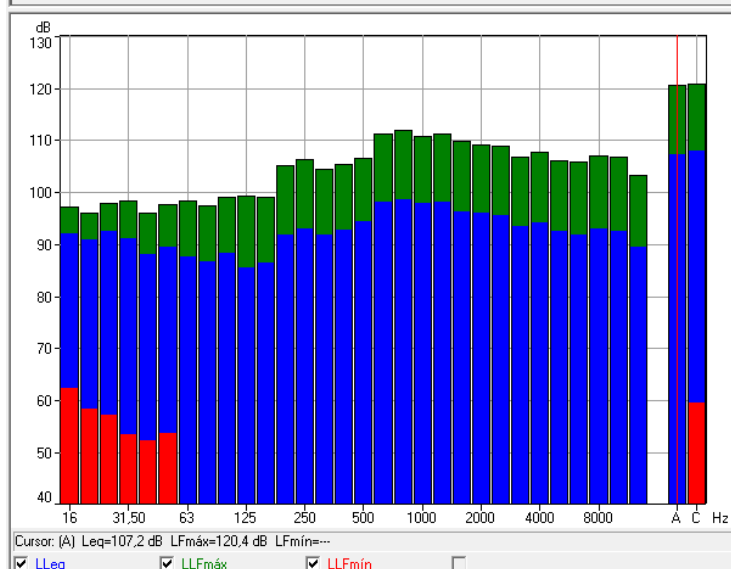




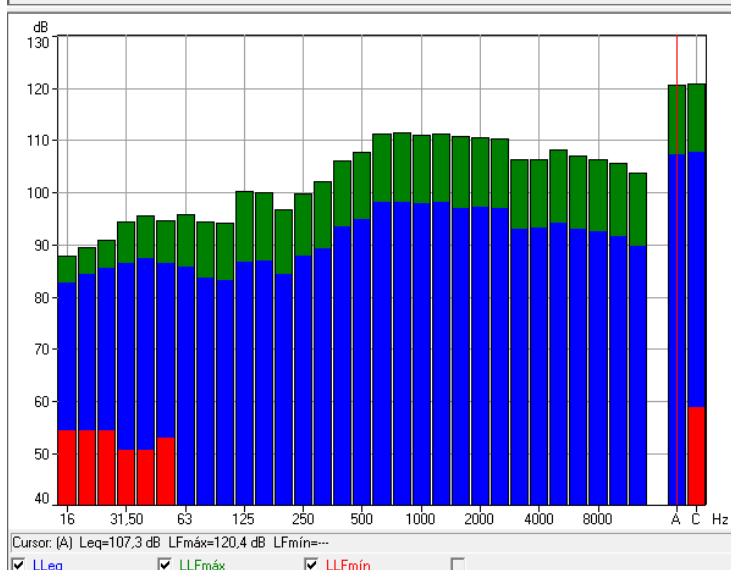


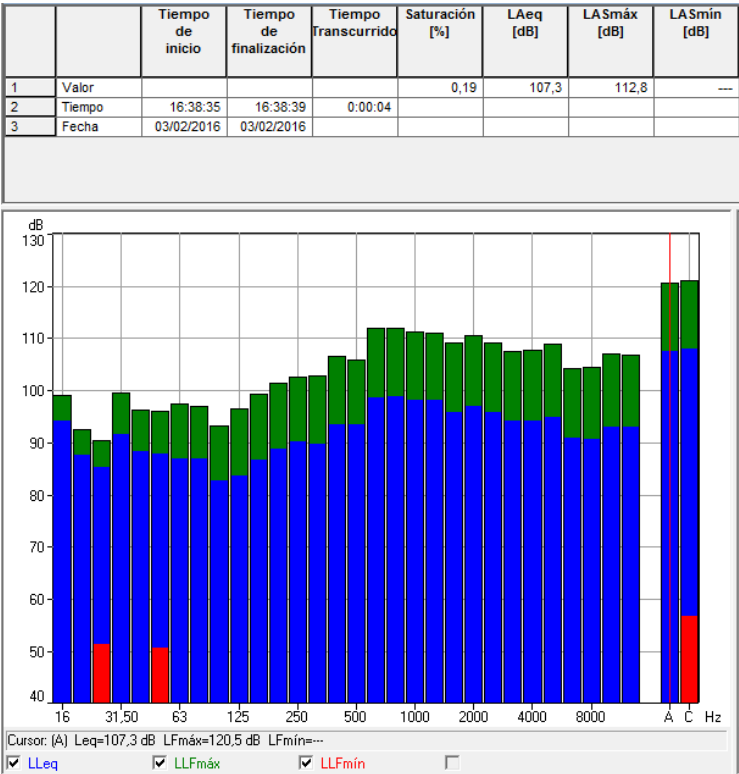
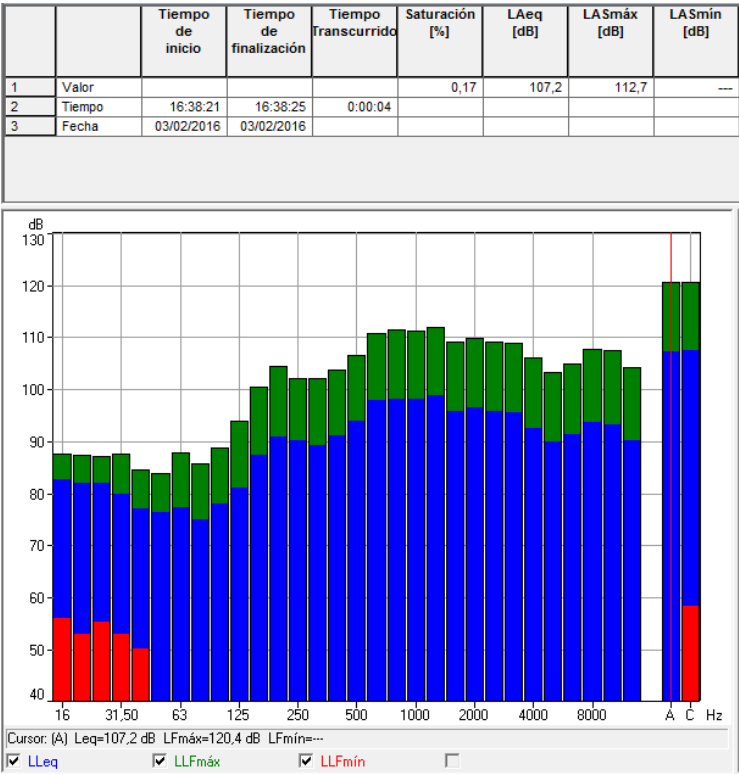


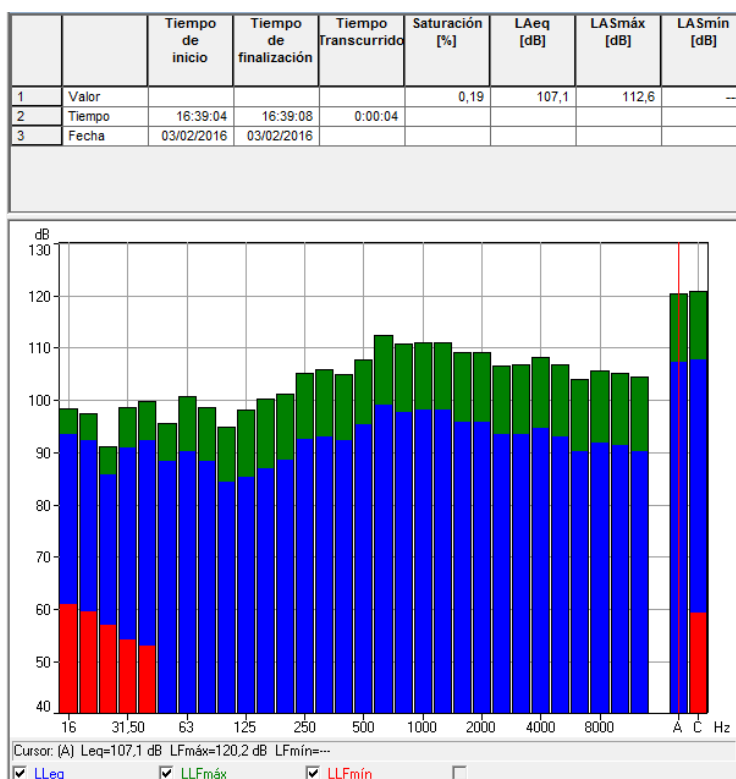
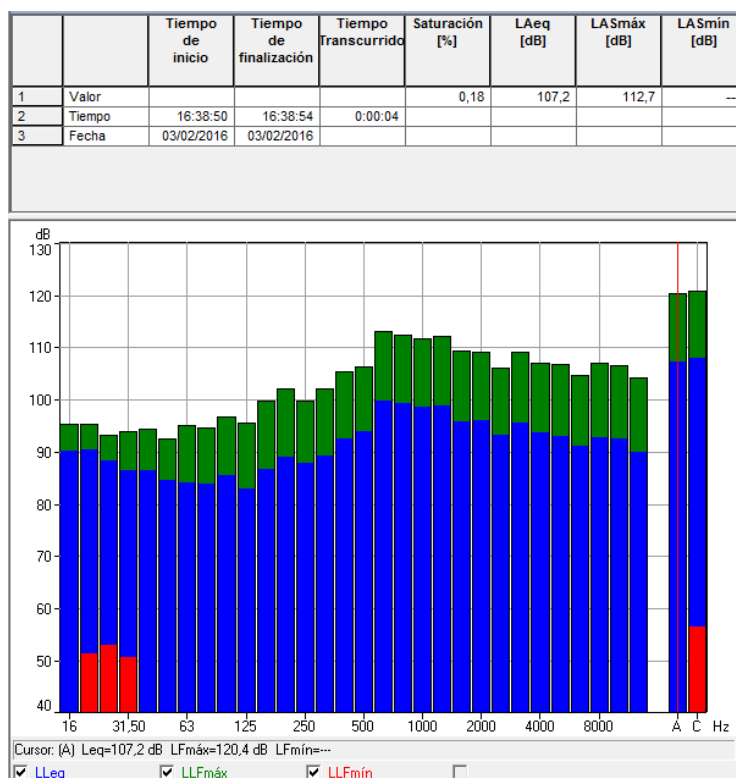
		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LA Smáx [dB]	LA Smín [dB]
1	Valor				0,18	107,2	112,7	---
2	Tiempo	16:37:50	16:37:54	0:00:04				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					

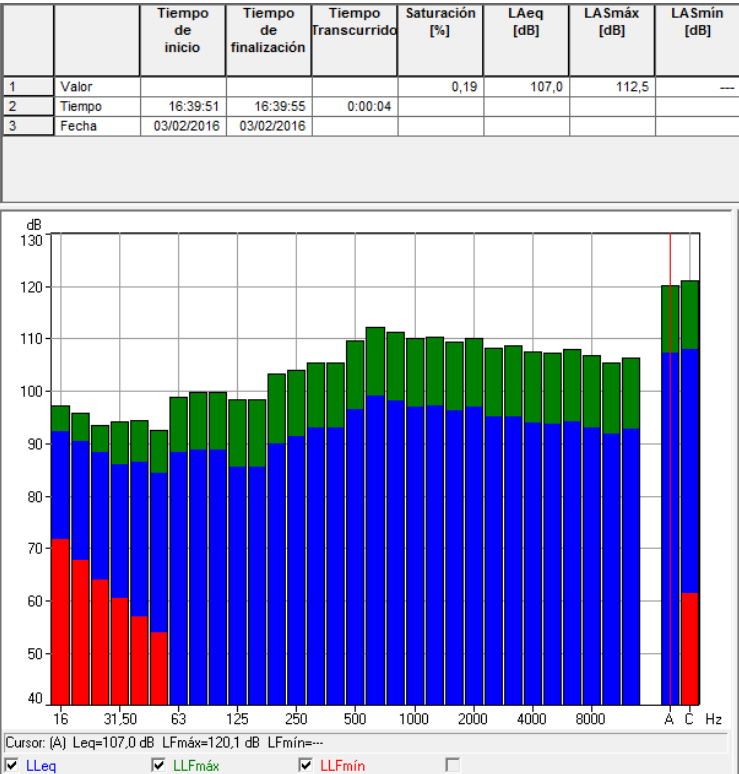
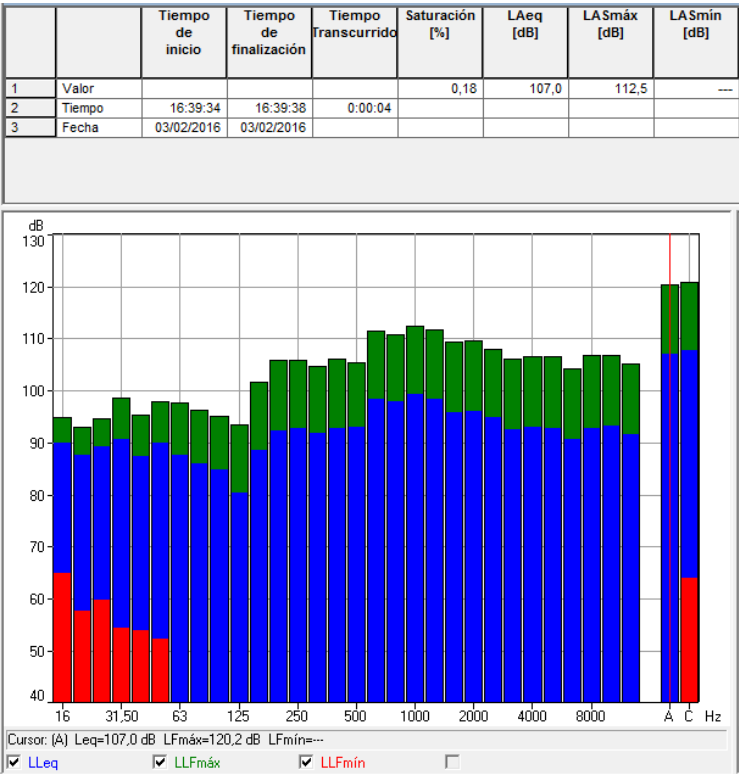


		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LA Smáx [dB]	LA Smín [dB]
1	Valor				0,17	107,3	112,8	---
2	Tiempo	16:38:05	16:38:09	0:00:04				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					

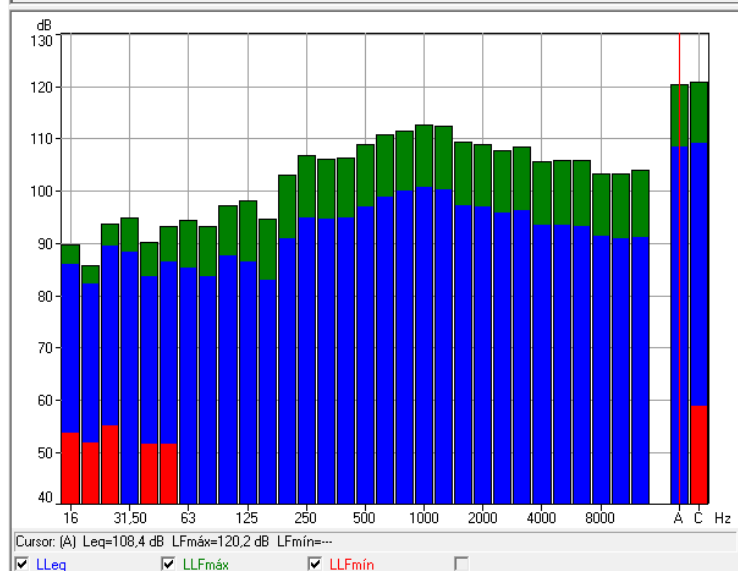




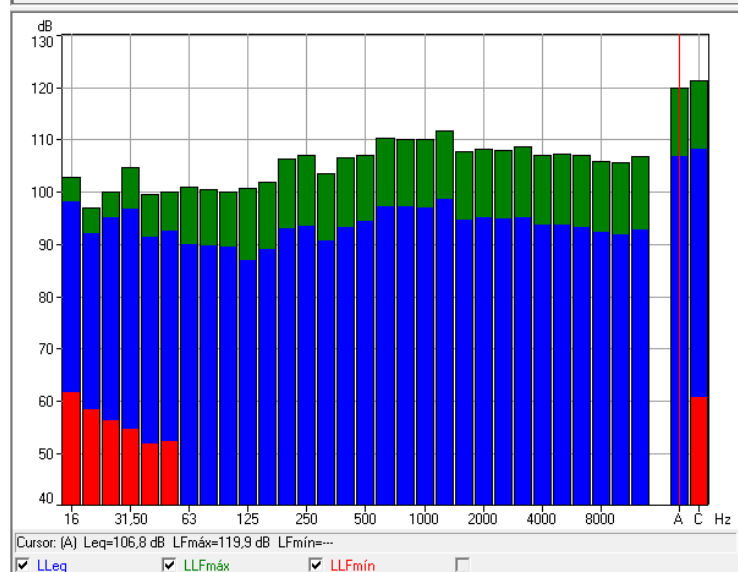


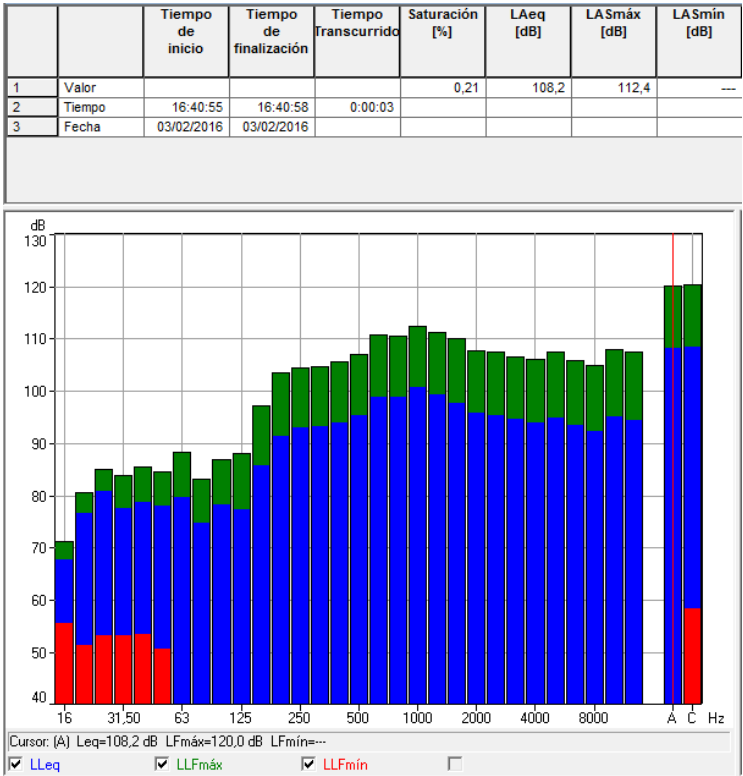
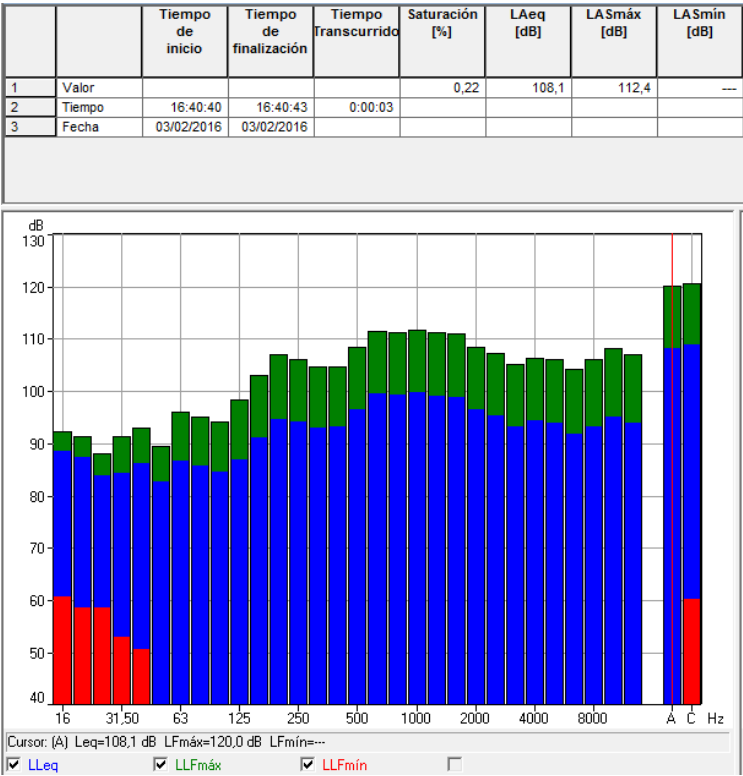


		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LASmáx [dB]	LASmín [dB]
1	Valor				0,24	108,4	112,6	---
2	Tiempo	16:40:09	16:40:12	0:00:03				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					

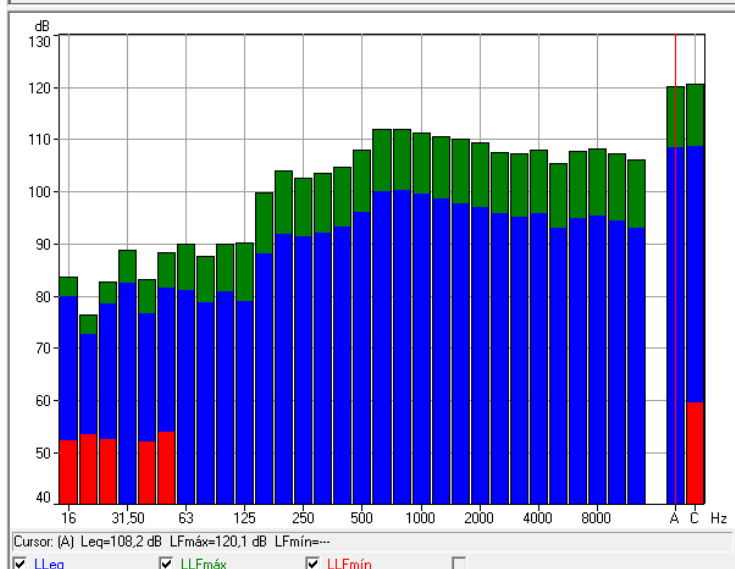


		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LASmáx [dB]	LASmín [dB]
1	Valor				0,18	106,8	112,2	---
2	Tiempo	16:40:23	16:40:27	0:00:04				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					

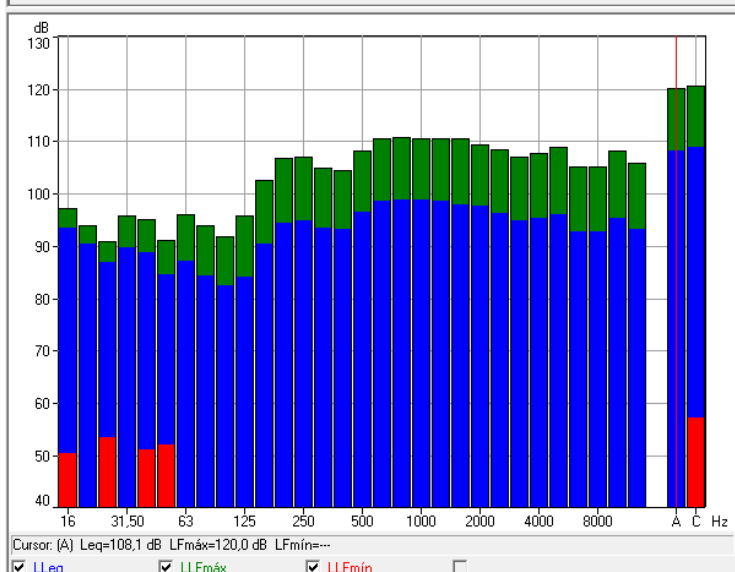




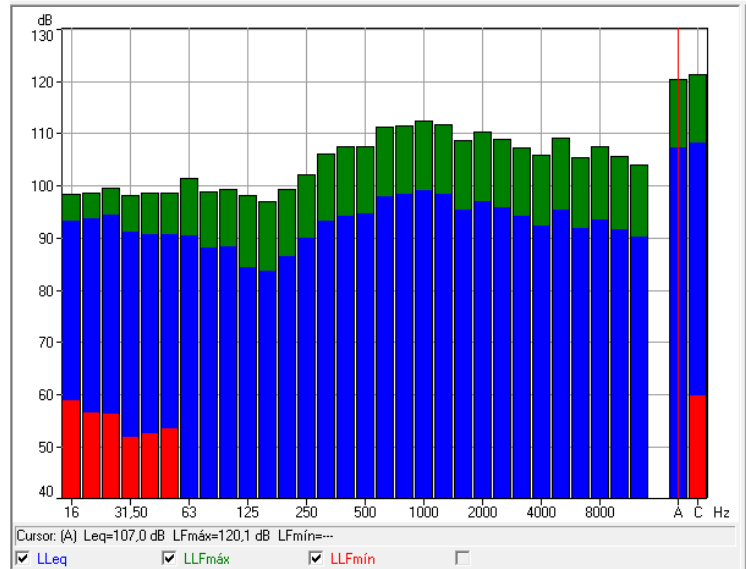
		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LA _S máx [dB]	LA _S mín [dB]
1	Valor				0,23	108,2	112,5	---
2	Tiempo	16:41:09	16:41:12	0:00:03				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					



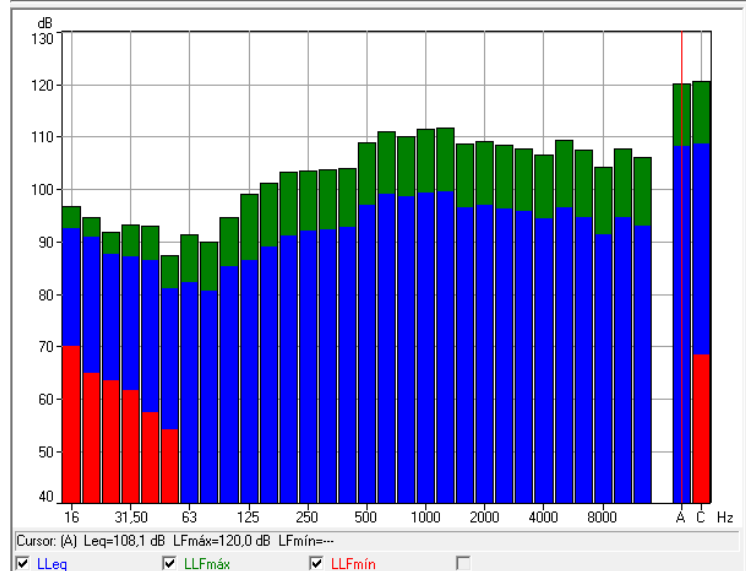
		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LA _S máx [dB]	LA _S mín [dB]
1	Valor				0,21	108,1	112,4	---
2	Tiempo	16:41:25	16:41:28	0:00:03				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					



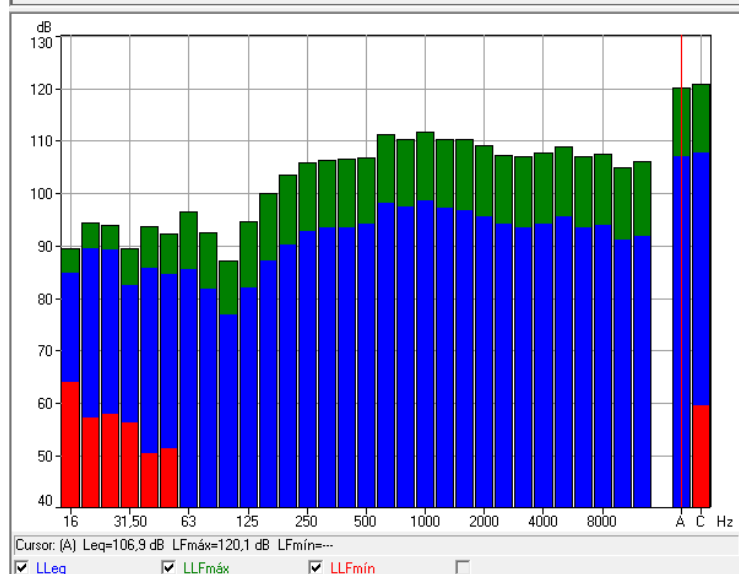
		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LA _S máx [dB]	LA _S mín [dB]
1	Valor				0,17	107,0	112,5	---
2	Tiempo	16:41:39	16:41:43	0:00:04				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					



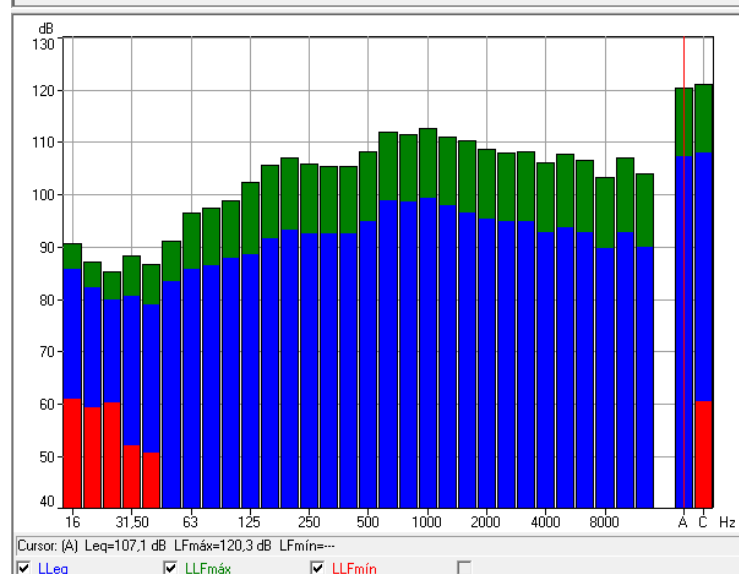
		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LA _S máx [dB]	LA _S mín [dB]
1	Valor				0,22	108,1	112,3	---
2	Tiempo	16:41:54	16:41:57	0:00:03				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					

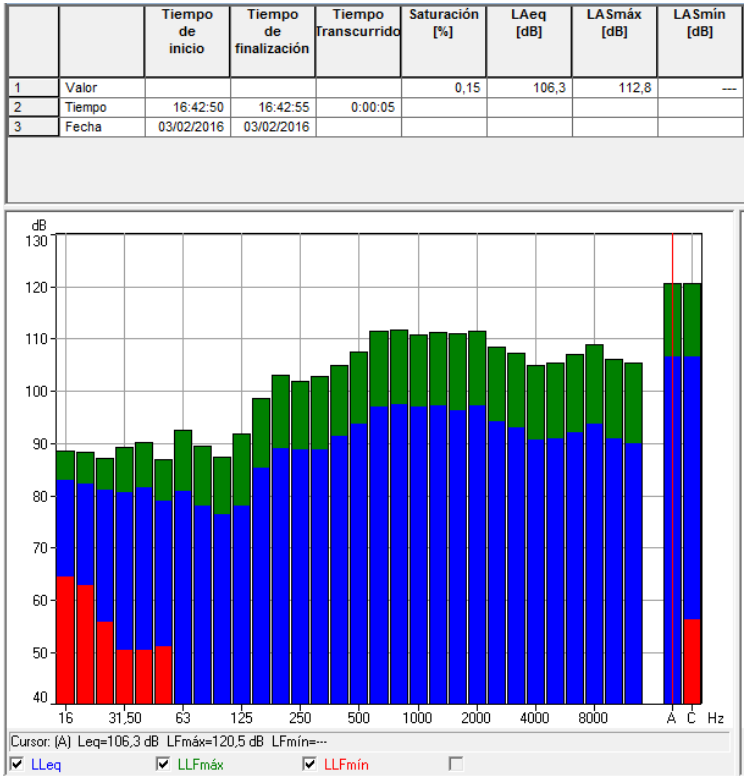
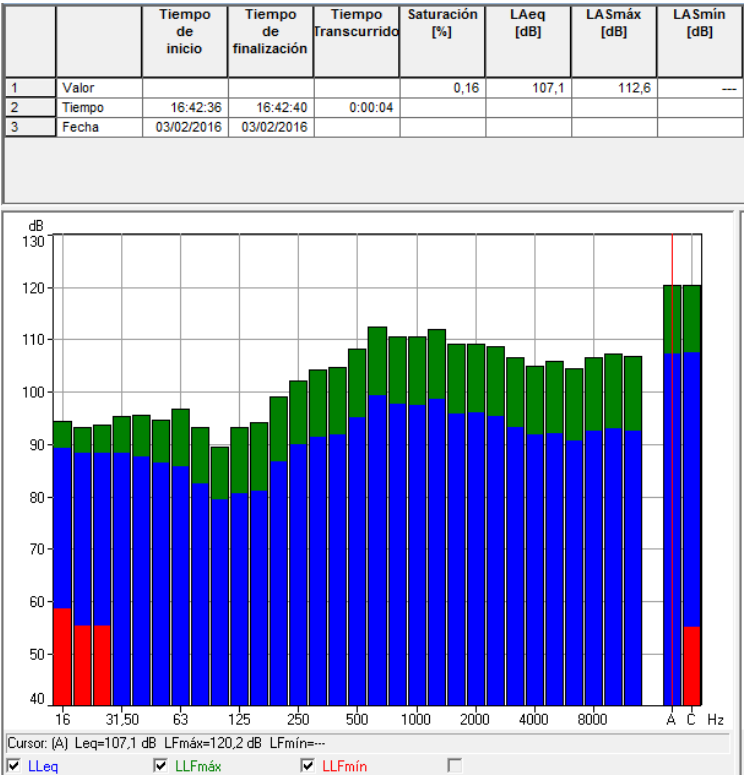


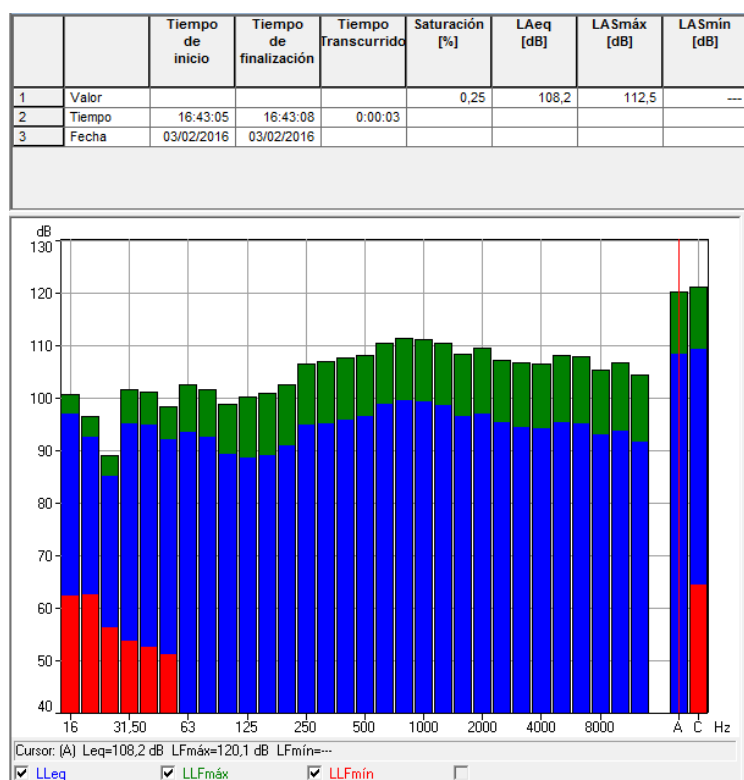
		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LA _S máx [dB]	LA _S mín [dB]
1	Valor				0,17	106,9	112,4	---
2	Tiempo	16:42:08	16:42:12	0:00:04				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					



		Tiempo de inicio	Tiempo de finalización	Tiempo Transcurrido	Saturación [%]	LAeq [dB]	LA _S máx [dB]	LA _S mín [dB]
1	Valor				0,20	107,1	112,6	---
2	Tiempo	16:42:22	16:42:26	0:00:04				
3	Fecha	03/02/2016	03/02/2016					







ANEXO III: GAMA DE MANTENIMIENTO MINIMI PARA



FICHA DE MÁQUINA

Fecha:

01/04/2016

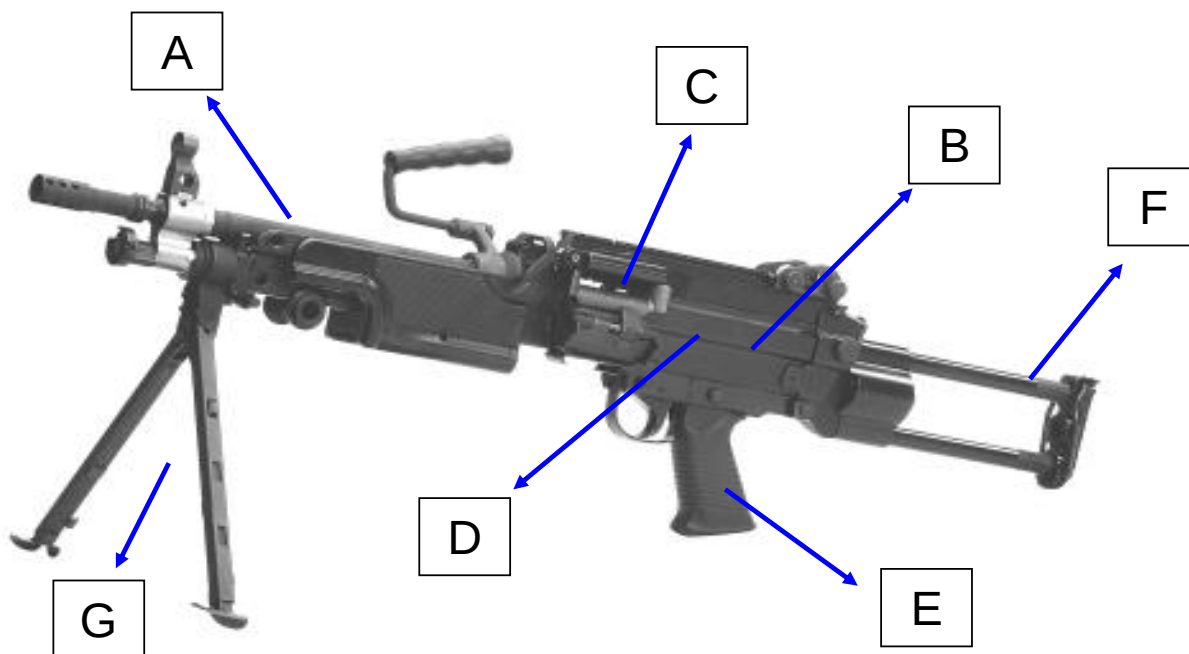
Pág:

1

MÁQUINA:

FN HERSTAL MINIMI PARA 5,56x45

FOTO



DATOS DE LA MÁQUINA

ZONAS DE LA MÁQUINA

DATOS DE LA MÁQUINA		ZONAS DE LA MÁQUINA	
MODELO	PARA	A	GRUPO CAÑÓN
AÑO FABRICACIÓN	2007	B	GRUPO CAJON
LONG. TOTAL	914 mm	C	GR. ALIMENTACION MUNICION
ALTURA (EN BIPODE)	340 mm	D	GRUPO PIEZAS MOVILES
PESO (VACIA)	7,14 kg	E	GRUPO DISPARADOR
VELOCIDAD INICIAL	875 m/s	F	GRUPO CULATA
ALCANCE EFECTIVO	800 m	G	GRUPO BIPODE
ALCANCE MÁXIMO	2700 m		
CADENCIA CICLICA	700-850 dpm		
CALIBRE	5,56x45 mm OTAN		



**ESTRUCTURA DE MÁQUINA.
ZONAS Y ELEMENTOS**

Fecha:

01/04/2016

Pág:

2

MÁQUINA:

FN HERSTAL MINIMI PARA 5,56x45

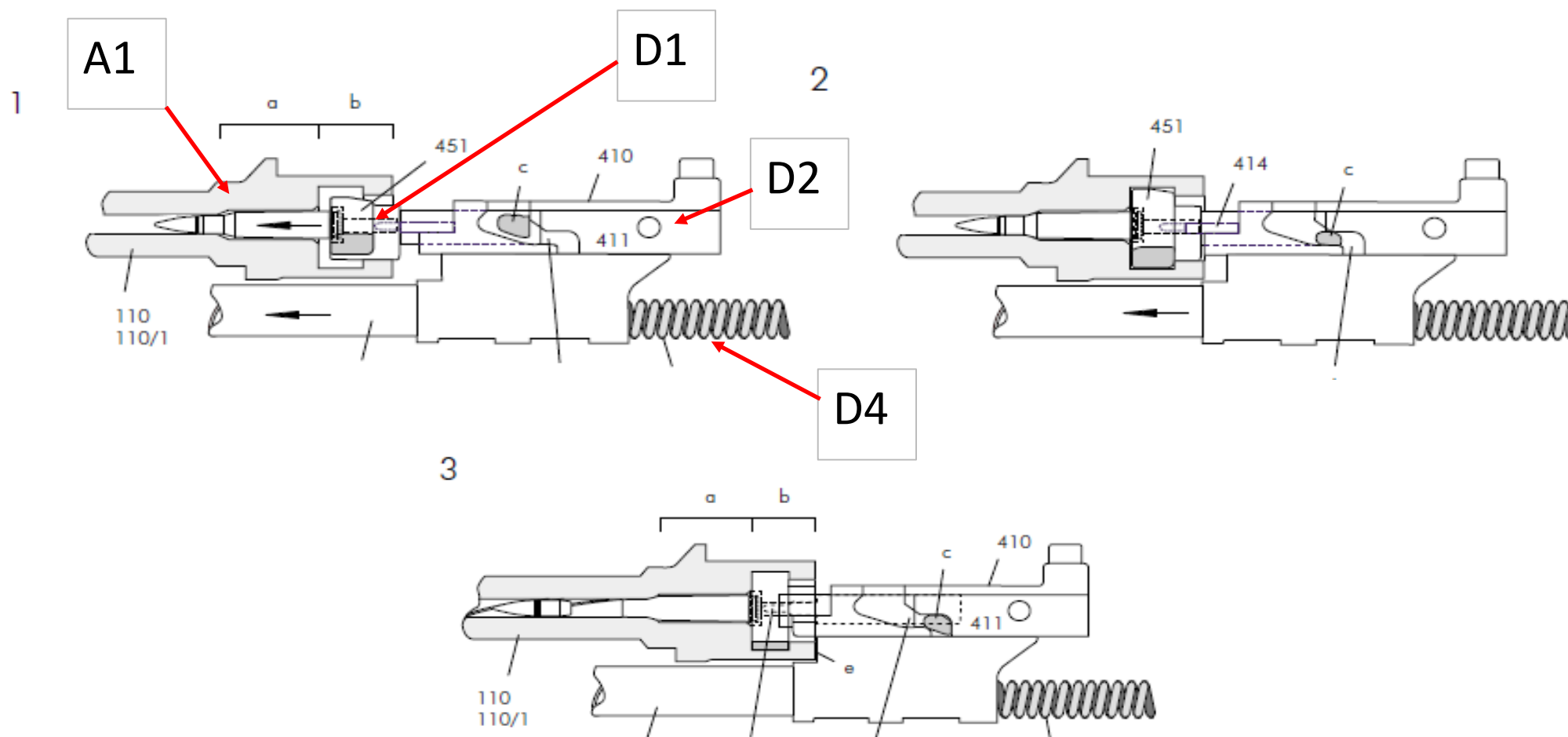
ZONA		ELEMENTO	
CÓDIGO	NOMBRE	CÓDIGO	NOMBRE
A	GRUPO CAÑON	A1	CANON ENSAMBLADO
		A2	ROMPELLAMAS
		A3	ANILLO REGULADOR GASES
		A4	REGULADOR DE GASES
B	GRUPO CAJON	B1	CAJON DE MECANISMOS
		B2	CILINDRO DE GASES
		B3	GUARDAMANOS
C	GRUPO ALIMENTACION MUNICION	C1	TAPA DE ALIMENTACION PICATINNY
		C2	MESA DE ALIMENTACION
		C3	EJE TAPA DE ALIMENTACION
		C4	PALANCA DE ALIMENTACION
		C5	ALZA
D	GRUPO PIEZAS MOVILES	D1	CERROJO
		D2	CORREDERA
		D3	PISTON
		D4	RESORTE RECUPERADOR
		D5	AMORTIGUADOR RECUPERADOR
E	GRUPO DISPARADOR	E1	EMPUNADURA
		E2	EJE INFERIOR CULATA
F	GRUPO CULATA	F1	CULATA TELESCOPICA
		F2	EJE SUPERIOR CULATA
G	GRUPO BÍPODE	G1	BÍPODE



MÁQUINA:

FN HERSTAL MINIMI PARA 5,56x45

MOVIMIENTO HACIA DELANTE PIEZAS MÓVILES (DISPARO)

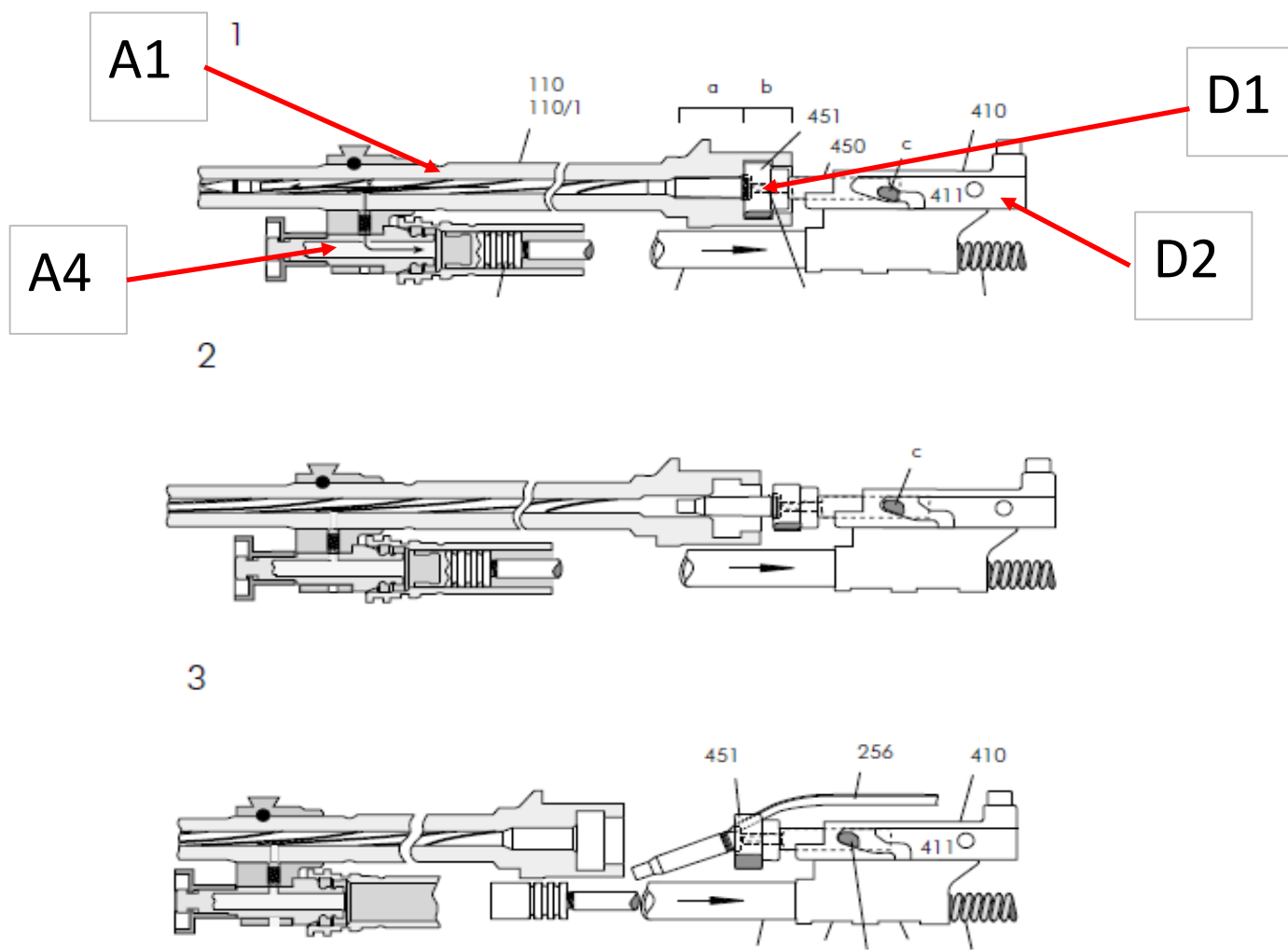




MÁQUINA:

FN HERSTAL MINIMI PARA 5,56x45

MOVIMIENTO HACIA ATRÁS PIEZAS MÓVILES (DISPARO)



 		AVERÍAS			Fecha:	28/06/2010	
					Pág:	5	
MÁQUINA:		FN HERSTAL MINIMI PARA 5,56x45					
PERÍODO:		HISTÓRICO					
LISTADO AVERÍAS							
Nº	Zona	Elemento	Descripción	Cantidad	Tiempo	%	Causa
1	F	F1	Perdida clip retencion culata	-	-	-	-
2	E	E2	Pérdida clip portador eje inferior culata	-	-	-	-
3	A	A1	Rotura pasador elástico asa	-	-	-	-
4	A	A1	Pérdida pasador elástico asa transporte	-	-	-	-
5	A	A1	Rotura palanca bloqueo cañon	-	-	-	Mal uso
6	B	B2	Abolladura interna cilindro gases	-	-	-	Mal cambio de cañon
7	G	G1	Rotura pasadores elásticos bípode	-	-	-	Desgaste por uso
8	B	B1	Rotura tapa eyección	-	-	-	Desgaste por uso
9	A	A3	Rotura anillo regulador gases	-	-	-	Mal montaje



FICHA DE ELEMENTO CRITICO

Fecha:

01/04/2016

Pág:

6

MÁQUINA:

FN HERSTAL MINIMI PARA 5,56x45

ELEMENTO:

REGULADOR DE GASES (A4)

FOTO



DESCRIPCIÓN Y FUNCIÓN

Canaliza los gases producidos por la deflagración

COMPONENTES

NQR

PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

Los gases pasan a través de él y este hace retroceder al conjunto amortiguador recuperador, que permite la introducción de un nuevo cartucho en la recámara

CONDICIONES BÁSICAS

Limpio, sin residuos. No lubricado.

AVERIAS MÁS HABITUALES

Gran desgaste, suciedad, rotura

ACCIONES PREVENTIVAS

Limpieza. No lubricar.

REPUESTOS

NQR

PLANIFICACIÓN DE LA LIMPIEZA DIRIGIDA										FECHA:	
FN HERSTAL MINIMI PARA 5,56x45										HOJA	7
¿DÓNDE?			¿QUÉ?	¿CÓMO?	MEDIOS	¿QUIÉN?		SEGURIDAD		¿CUANDO?	
ZONA	ELEMENTO	DENOMIN.	ACCIÓN	CRITERIO		EQUIPO	MTTO.	EPI	INSTRUCC.	DURACIÓN	
-	-	ARMA	INSPECCIÓN	NO CARGADA	-	OPERADOR	-	-	DEMORA CLARA	2h	
A	A1	ÁNIMA CAÑÓN Y RECÁMARA	APLICAR SOLVENTE	FINA CAPA DE SOLVENTE (DEJAR ACTUAR 2 MIN.)	ESCOBILLÓN OREA 1184 Y ACEITE SOLVENTE	OPERADOR	-	-	-		
A	A1	ÁNIMA CAÑÓN	QUITAR SOLVENTE Y RESIDUOS	SECO	ESCOBILLÓN OREA 1184	OPERADOR	-	-	-		
A	A1	RECÁMARA	QUITAR SOLVENTE Y RESIDUOS	SECO	LIMPIADOR OREA 258	OPERADOR	-	-	-		
A	A1	ÁNIMA CAÑÓN Y RECÁMARA	LIMPIAR	TOTALMENTE LIMPIO	LIMPIADOR OREA 1183 Y TRAPO	OPERADOR	-	-	-		
A	A1	ÁNIMA CAÑÓN Y RECÁMARA	LUBRICAR	FINA CAPA DE LUBRICANTE	LIMPIADOR 1183, TRAPO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-		
A	A1	EXTERIOR CAÑÓN	LIMPIAR AGUJERO FUGA GASES	LIMPIO	RASCADOR OREA 261	OPERADOR	-	-	-		
A	A2	ROMPELLAMAS	LIMPIAR	LIMPIO	TRAPO	OPERADOR	-	-	-		
A	A1	EXTERIOR CAÑÓN	LIMPIAR	LIMPIO Y LIGERAMENTE LUBRICADO	TRAPO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-		
A	A4	REGULADOR GASES	LIMPIAR INTERIOR	LIMPIO	RASCADOR OREA 261	OPERADOR	-	-	-		
A	A4	REGULADOR GASES	LIMPIAR AGUJEROS	LIMPIOS	RASCADOR OREA 261	OPERADOR	-	-	-		
A	A3	ANILLO REGULADOR GASES	LIMPIAR	LIBRE RESIDUOS	RASCADOR OREA 261 (MUESCA)	OPERADOR	-	-	-		
B	B2	CILINDRO GASES	LIMPIAR INTERIOR PARTE DELANTERA	LIBRE RESIDUOS	RASCADOR OREA 261 (PARTE PLANA)	OPERADOR	-	-	-		
B	B2	CILINDRO GASES	APLICAR SOLVENTE	FINA CAPA SOLVENTE (DEJAR ACTUAR 2 MIN.)	ESCOBILLON OREA 93 Y ACEITE SOLVENTE		-	-	-		
B	B2	CILINDRO GASES	RETIRAR SOLVENTE	NO SOLVENTE NI RESIDUOS	ESCOBILLÓN OREA 93	OPERADOR	-	-	-		
B	B2	CILINDRO GASES	LIMPIAR	LIMPIO	LIMPIADOR OREA 1183 Y TRAPO		-	-	-		
B	B1	CAJÓN	LIMPIAR	NO RESIDUOS	TRAPO	OPERADOR	-	-	-		
B	B1	CAJÓN	LUBRICAR	GUIAS PIEZAS MÓVILES LUBRICADAS	TRAPO Y ACEITE LUBRICANTE		-	-	-		
B	B3	GUARDAMANOS	LIMPIAR	SIN RESIDUOS	TRAPO Y CEPILLO	OPERADOR	-	-	-		
C	C1	TAPA ALIMENTACIÓN	LIMPIAR	SIN RESIDUOS	TRAPO Y CEPILLO		-	-	-		
C	C2	MESA ALIMENTACIÓN	LIMPIAR	SIN RESIDUOS	TRAPO Y CEPILLO	OPERADOR	-	-	-		

PLANIFICACIÓN DE LA LIMPIEZA DIRIGIDA									FECHA:	
FN HERSTAL MINIMI PARA 5,56x45									HOJA	
¿DÓNDE?			¿QUÉ?	¿CÓMO?	MEDIOS	¿QUIÉN?		SEGURIDAD		¿CUANDO?
ZONA	ELEMENTO	DENOMIN.	ACCIÓN	CRITERIO		EQUIPO	MTTO.	EPI	INSTRUCC.	DURACIÓN
C	C1	TAPA ALIMENTACIÓN	LUBRICAR GUIAS CORREDERA	FINA CAPA LUBRICANTE APLICADA	TRAPO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-	
C	C3	EJE TAPA ALIMENTACIÓN	LIMPIAR Y LUBRICAR	SIN RESIDUOS Y FINA CAPA LUBRICANTE APLICADA	TRAPO, CEPILLO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-	
C	C4	PALANCA ALIMENTACIÓN	LUBRICAR	PUNTA PIVOTANTE Y PARTE DELANTERA LUBRICADAS	TRAPO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-	
C	C5	ALZA	LIMPIAR	SIN RESIDUOS	TRAPO Y CEPILLO	OPERADOR	-	-	-	
D	D3	PISTON EXTREMO DELANTERO	LIMPIAR INTERIOR Y RANURAS EXTERIORES	SIN RESIDUOS	RASCADOR OREA 261	OPERADOR	-	-	-	
D	D1	CERROJO	LIMPIAR EXTRACTOR	LIMPIO	TRAPO	OPERADOR	-	-	-	
D	D2	CORREDERA	LUBRICAR RODAJA GUÍA	FINA CAPA LUBRICANTE APLICADA	TRAPO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-	
D	D1/D2	CERROJO Y CORREDERA	LUBRICAR PARTES CORREDIZAS	FINA CAPA LUBRICANTE APLICADA	TRAPO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-	
D	D4	RESORTE RECUPERADOR	LUBRICAR	FINA CAPA LUBRICANTE APLICADA	TRAPO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-	
D	D5	AMORTIGUADO RECUPERADOR	LUBRICAR VÁSTAGO	FINA CAPA LUBRICANTE APLICADA	TRAPO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-	
E	E2	EJE INFERIOR CULATA	LIMPIAR Y LUBRICAR	SIN RESIDUOS Y FINA CAPA LUBRICANTE APLICADA	TRAPO, CEPILLO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-	
E	E1	EMPUÑADURA	LIMPIAR	SIN RESIDUOS	TRAPO Y CEPILLO	OPERADOR	-	-	-	
F	F1	CULATA	LIMPIAR	SIN RESIDUOS	TRAPO Y CEPILLO	OPERADOR	-	-	-	
F	F2	EJE SUPERIOR CULATA	LIMPIAR Y LUBRICAR	SIN RESIDUOS Y FINA CAPA LUBRICANTE APLICADA	TRAPO, CEPILLO Y ACEITE LUBRICANTE	OPERADOR	-	-	-	
G	G1	BÍPODE	LIMPIAR	LIMPIO	TRAPO Y CEPILLO	OPERADOR	-	-	-	

 			LIMPIEZA A FONDO DE MÁQUINA: LISTA DE ANOMALIAS						Fecha:	01/04/2016	
									Pág:	8	
PARTICIPANTES:			EQUIPO PROYECTO								
DÓNDE			TIPO						Descripción	Causa / Solución	Observaciones
Nº	Zona	Elemento	FS	PD	AP	LDL	PDL	PIA			
1	A	A1	X						Ánima con muchos residuos	Limpieza	
2	A	A4	X						Muy sucio	Limpieza	
3	A	A4				X			Ranuras difíciles limpiar	Utilizar rascador OREA 261	
4	B	B2	X						Muchos residuos en extremo delantero	Limpieza	Aloja a elemento A4
5	B	B2		X					Abolladura	Mal cambio de cañón/ Desensamblar con cuidado	
6	A	A3		X					Rotura	Mal montaje / Cuidado al montar	
7	C	C1				X			Guías de la corredera difíciles de limpiar/lubricar	Utilizar herramientas recomendadas	En caso de no ser posible, pasar a un escalon superior

