



UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO

ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL

GRADO EN INGENIERÍA EN SISTEMAS

INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

**PLAN DE MANTENIMIENTO Y ESTUDIO DE
REPUESTOS PARA GRUPOS
ELECTRÓGENOS**

Alumno: D. JAVIER MANUEL LOZANO MARCOS

Director: D. LUIS PEREZAGUA PEREZ

JULIO 2024

RESUMEN

La falta de un mantenimiento adecuado en los grupos electrógenos, que son esenciales para la seguridad y operatividad de campamentos militares, puede generar diversas problemáticas graves como el aumento de riesgos de seguridad e interrupciones en el suministro eléctrico, causando impacto en la moral y en la eficiencia del personal e incumpliendo las normativas de seguridad, entre otros. Estos equipos son fundamentales para proporcionar energía continua en situaciones críticas, garantizando el funcionamiento de sistemas de comunicación, equipos médicos, sistemas de defensa y otras infraestructuras esenciales.

A raíz de lo expuesto surge el presente trabajo, en el cual se realiza un estudio técnico teórico del mantenimiento preventivo de los grupos electrógenos, desarrollando un plan de mantenimiento específico para el caso de estudio y aportando soluciones de mejora, como, entre otras, el uso de filtros de mayor tamaño, o la ampliación de la capacidad de los depósitos de aceite y refrigerante, lo que reduciría la frecuencia de las tareas de mantenimiento asociadas, y, consecuentemente, reduciría los tiempos y costes generales del plan de mantenimiento.

Con el objetivo de contextualizar el trabajo, comienza con la definición de los grupos electrógenos (de ahora en adelante “GEL”), junto con la descripción de los componentes principales de los mismos. También se exploran las últimas tendencias y avances tecnológicos, como la integración de energías renovables, sistemas de gestión de energía avanzados y tecnología de baterías de respaldo, que mejoran la eficiencia operativa y reducen las emisiones contaminantes.

A continuación, se presenta el detalle de los diferentes tipos de GEL existentes en función de diversas especificaciones técnicas: i) según motor, ii) según la movilidad, iii) según el tipo de arranque, iv) según la tipología de suministro, v) según el aislamiento, vi) según la velocidad, y vii) Grupos inverter. Así mismo, se definen los distintos tipos de mantenimiento aplicables a grupos electrógenos, se exponen problemas comunes derivados de un mantenimiento deficiente y se realiza un breve estudio sobre las principales normativas y regulaciones que aplican.

Seguidamente, se detallan todas las verificaciones y tareas de mantenimiento de un Plan de Mantenimiento, junto con su frecuencia, las cuales deben ser ejecutadas y llevadas a cabo por las personas responsables del mantenimiento de cualquier GEL.

Consecutivamente, se definen las hipótesis y condiciones del caso de estudio para posteriormente realizar un minucioso Estudio de Repuestos y un Presupuesto General para el mantenimiento de grupos electrógenos de un Campamento Militar situado en Herat, Afganistán.

A continuación, se detallan una serie de propuestas de mejora y se analiza como afectarían al Plan de Mantenimiento y, por consiguiente, al Estudio de Repuestos y Presupuesto General de Mantenimiento.

En los últimos capítulos se recogen las líneas futuras y las conclusiones del presente trabajo.

Como cierre, se realiza un breve estudio económico de lo que supone la realización del presente Trabajo de Fin de Grado, y una estimación del impacto social del mismo.

Palabras Clave: Grupos electrógenos, Generadores, Mantenimiento preventivo, Energía, Repuestos, Análisis de costes.

ABSTRACT

The lack of proper maintenance of generators, which are essential for the safety and operability of military camps, can generate several serious problems, such as increased security risks, interruptions in the power supply, impact on personnel morale and efficiency, and non-compliance with safety regulations, among others. This equipment is essential to provide continuous power in critical situations, ensuring the operation of communication systems, medical equipment, defense systems and other essential infrastructures.

As a result of the above, the present work arises, in which a theoretical technical study of the preventive maintenance of generator sets is carried out, developing a specific maintenance plan for the case study and providing improvement solutions, such as, among others, the use of larger filters, or the expansion of the capacity of the oil and coolant tanks, which would reduce the frequency of the associated maintenance tasks, and, consequently, would reduce the times and general costs of the maintenance plan.

In order to contextualize the work, it begins with the definition of generating sets (hereafter "GELs"), along with a description of the main components of the same. It also explores the latest trends and technological advances, such as the integration of renewable energies, advanced energy management systems and battery backup technology, which improve operational efficiency and reduce pollutant emissions.

The following is a detailed description of the different types of existing GELs according to different technical specifications: i) according to engine, ii) according to mobility, iii) according to type of starter, iv) according to type of supply, v) according to insulation, vi) according to speed, and vii) inverter gensets. The different types of maintenance applicable to generator sets are also defined, common problems resulting from poor maintenance are described, and a brief study is made of the main standards and regulations that apply.

Next, all the verifications and maintenance tasks of a Maintenance Plan are detailed, together with their frequency, which must be executed and carried out by the persons responsible for the maintenance of any GEL. Subsequently, the hypotheses and conditions of the case study are defined in order to carry out a detailed Spare Parts Study and a General Budget for the maintenance of generator sets of a Military Camp located in Herat, Afghanistan.

Next, a series of improvement proposals are detailed, and it is analyzed how they would affect the Maintenance Plan and, consequently, the Spare Parts Study and the General Maintenance Budget.

The last chapters contain the future lines and conclusions of this work.

To close, a brief economic study of the implications of this Final Degree Project and an estimation of its social impact is made.

Key words: Generator sets, Generators, Preventive maintenance, Energy, Spare parts, Cost analysis.

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN	16
2. ¿QUÉ ES UN GRUPO ELECTRÓGENO?	18
2.1. Últimas Tendencias y Avances Tecnológicos en Grupos Electrógenos.....	22
3. PRINCIPALES COMPONENTES DE UN GRUPO ELECTRÓGENO	24
3.1 Motor.	24
3.2 Alternador o generador.	25
3.3 Motor de arranque.	26
3.4 Batería.....	26
3.5 Sistema de refrigeración.	27
3.6 Sistema de admisión.	27
3.7 Sistema de escape.	28
3.8 Bancada.	28
3.9 Sistema de combustible.	29
3.10 Sistema de lubricación.....	29
3.11 Sensores.	30
3.12 ECU.	30
3.13 Aislador vibratorio.....	31
3.14 Aislador acústico.	31
3.15 Circuito eléctrico.	32
3.16 Panel de mando.....	32
4 TIPOS DE GRUPOS ELECTRÓGENOS	34
4.1 Tipos de grupos electrógenos según motor:	34
4.1.1 Motor Diésel.	34
4.1.2 Motor Gasolina.	34
4.1.3 Motor a Gas.	34
4.1.4 Motor Híbrido.....	34
4.2 Tipos de grupos electrógenos según movilidad:.....	36
4.2.1 De tipo fijo.....	36
4.2.2 De tipo móvil.	36
4.3 Tipos de grupos electrógenos según tipo de arranque.	36

4.3.1	Arranque manual sin conmutador de carga.	36
4.3.2	Arranque manual con conmutador de carga.	37
4.3.3	Arranque eléctrico con conmutador manual de carga.	37
4.3.4	Arranque eléctrico con control automático.	37
4.4	Tipos de grupos electrógenos según tipología de suministro.	38
4.4.1	Suministro de potencia auxiliar de emergencia.	38
4.4.2	Suministro de potencia auxiliar.	38
4.4.3	Suministro de potencia principal.	38
4.4.4	Suministro de potencia continua.	38
4.5	Tipos de grupos electrógenos según tensión.	38
4.5.1	Monofásicos.	38
4.5.2	Trifásicos.	38
4.6	Tipos de grupos electrógenos según el tipo de aislamiento.	39
4.6.1	Grupos electrógenos aislados.	39
4.6.2	Grupos electrógenos abiertos.	39
4.7	Tipos de grupos electrógenos según la velocidad.	40
4.7.1	Velocidad fija.	40
4.7.2	Velocidad variable.	40
4.8	Grupos electrógenos inverter.	40
5	DEFINICIÓN Y TIPOLOGÍA DE MANTENIMIENTOS.	41
5.1	Mantenimiento Preventivo-Técnico legal.	42
5.2	Mantenimiento Predictivo.	44
5.3	Mantenimiento Correctivo.	44
6	MANTENIMIENTO DEFICIENTE: FALLOS Y PROBLEMAS COMUNES EN GEL.	45
7	REGLAMENTOS APLICABLES AL MANTENIMIENTO DE GRUPOS ELECTRÓGENOS.	60
7.1	Normativas y reglamentos complementarios.	61
7.2	Inspecciones por organismo de control autorizado.	63
8	DESARROLLO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UN GRUPO ELECTRÓGENO.	65
9	DATOS BASE PARA EL ESTUDIO.	71

9.1	Datos del campamento.....	71
9.2	Características del grupo eléctrico.....	72
9.3	Instalación particular de los Grupos Eléctricos y condiciones de uso.....	75
9.3.1	Factor corrección de potencia.....	75
9.3.2	Número de grupos eléctricos y funcionamiento	76
9.3.3	Sobredimensionamiento de la instalación	79
9.3.4	Ubicación de los grupos eléctricos	80
9.3.5	Tiempo de funcionamiento de los grupos eléctricos	81
9.4	IPC.....	82
9.5	Plan de Mantenimiento adaptado al caso de estudio	83
10	ESTUDIO DE REPUESTOS	85
10.1	Frecuencia operaciones de mantenimiento.....	85
10.2	Coste de repuestos	86
10.3	Repuestos necesarios por operación de mantenimiento	86
10.4	Número de grupos eléctricos a mantener y tipo de uso.....	88
11	ESTUDIO MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	100
11.1	Factores Clave	100
11.1.1	Frecuencia operativa.....	100
11.1.2	Estudio de repuestos	100
11.1.3	Tipo de mantenimiento y responsable	100
11.1.4	Tiempo requerido por operación	102
11.1.5	Coste por hora de la mano de obra del personal subcontratado	103
11.1.6	Coste por hora de mano de obra del personal de las Fuerzas Armadas	105
11.1.7	Cálculo del coste de mano de obra	106
11.1.8	Coste total del mantenimiento preventivo	107
11.2	Servicio Subcontratado:.....	109
11.3	Personal propio del Cuerpo Militar:	114
12	PROPUESTAS DE MEJORA	120
13	ESTUDIO DE COSTES DE MANTENIMIENTO CON APLICACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORA.....	127
14	LÍNEAS FUTURAS	146
15	CONCLUSIONES	150

16	MARCO SOCIO – ECONÓMICO	157
16.1	Diagrama de Gantt.....	158
16.2	Presupuesto.....	158
17	BIBLIOGRAFIA.....	160

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:

Ilustración 1: Michael Faraday [12]	18
Ilustración 2: Dinamo de Hyppolite Pixii [11]	18
Ilustración 3 James Watt y la Máquina de Vapor [13][40]	19
Ilustración 4 Motor Lenoir y Primer Motor Otto [16].....	19
Ilustración 5 Dugald Clerk y su motor con ciclo de dos tiempos [17]	20
Ilustración 6 Rudolf diésel y el motor de auto ignición [18].....	20
Ilustración 7 Felix Wankel y el Motor de pistón rotativo [19].....	20
Ilustración 8 Principio químico utilizado en las pilas [20].....	21
Ilustración 9 Grupo electrógeno Wankel Mazda Cx-30 [21]	21
Ilustración 10 Motor de combustión (aprovechamiento de la energía) [39]	22
Ilustración 11 Principales componentes de un grupo electrógeno FG WILSON [60] ...	24
Ilustración 12 Motor Rolls-Royce D700 diésel para GEL [50].....	25
Ilustración 13 Alternador grupo electrógeno [47]	25
Ilustración 14 Partes de un alternador para grupo electrógeno [47].....	26
Ilustración 15 Motor de arranque [47].....	26
Ilustración 16 Batería 12V [49]	27
Ilustración 17 Sistema de refrigeración motor a combustión [54]	27
Ilustración 18 Sistema de admisión motor a combustión [58]	28
Ilustración 19 Sistema de escape motor a combustión [57]	28
Ilustración 20 Bancada para grupo electrógeno [53].....	29
Ilustración 21 Sistema de combustible motor a combustión por inyección [52]	29
Ilustración 22 Sistema de lubricación motor a combustión [56]	30
Ilustración 23 Sensores motor de combustión [51]	30
Ilustración 24 ECU motor DEUTZ [Fuente propia].....	31
Ilustración 25 Aisladores vibratorios [48]	31
Ilustración 26 Cabina con aislante acústico para grupos electrógenos [60]	32
Ilustración 27 Componentes circuitos eléctricos [59]	32
Ilustración 28 Panel de mando para grupo electrógeno [56]	33
Ilustración 29 Motor diésel para grupo electrógeno [43]	35
Ilustración 30 Combustible vs Potencia Grupos Electrógenos [25].....	35
Ilustración 31 Grupo Electrógeno de tipo fijo [26]	36
Ilustración 32 Grupo Electrógeno de tipo móvil [28].....	36
Ilustración 33 Grupo electrógeno con arranque manual [45]	37
Ilustración 34 Grupo electrógeno con arranque eléctrico [46]	37
Ilustración 35 Grupos electrógenos según el tipo de conexión [29]	38
Ilustración 36 grupo Electrógeno de tipo aislado [30]	39
Ilustración 37 Grupo Electrógeno de tipo abierto [31].....	40
Ilustración 38 Filtro de combustible en mal estado [106]	45
Ilustración 39 Corrosión en un inyector por la presencia de agua en el combustible [107]	46
Ilustración 40 Manguito de combustible en mal estado [108]	46
Ilustración 41 Filtro de aire sucio y con fisuras [104].....	47

Ilustración 42 Tubería taponada por acumulación de carbonilla [75]	47
Ilustración 43 Motor de GEL sufriendo de apilamiento húmedo [134]	48
Ilustración 44 Humo negro del escape de un GEL que sufre de apilamiento húmedo [135]	48
Ilustración 45 Humo negro saliendo del escape de un GEL [130]	49
Ilustración 46 Humo azulado saliendo del escape de un GEL [131]	49
Ilustración 47 Humo blanco saliendo del escape de un GEL [132]	49
Ilustración 48 Pérdida de aceite en el motor debido a juntas en mal estado [129]	50
Ilustración 49 Válvulas de motor dobladas debido a un mantenimiento deficiente [128]	50
Ilustración 50 Correa de accesorios desgastada [117]	51
Ilustración 51 Alternador en mal estado [118]	51
Ilustración 52 Batería en mal estado [116]	52
Ilustración 53 Fusibles quemados [122]	52
Ilustración 54 Indicador temperatura aceite [119]	53
Ilustración 55 Indicador presión aceite [120]	53
Ilustración 56 Testigos fallo sistema de lubricación [121]	53
Ilustración 57 Motor con presencia de lodos y obstrucción por aceite en mal estado [126]	54
Ilustración 58 Varilla medidora indicando insuficiencia de aceite [123]	54
Ilustración 59 Pérdida de aceite por manguito en mal estado [125]	54
Ilustración 60 Filtro de aceite en mal estado [124]	55
Ilustración 61 Motor gripado por falta de lubricación [127]	55
Ilustración 62 Indicador de temperatura al límite y testigo encendido [115]	56
Ilustración 63 Radiador obstruido por suciedad [109]	56
Ilustración 64 Correa del ventilador en mal estado [110]	57
Ilustración 65 Refrigerante en mal estado y en buen estado [114]	57
Ilustración 66 Bomba de agua con presencia de corrosión [111]	57
Ilustración 67 Radiador con presencia de corrosión [109]	58
Ilustración 68 Culata y conductos internos del motor con presencia de corrosión [112]	58
Ilustración 69 Refrigerante por debajo del nivel mínimo [113]	58
Ilustración 70 Devanados sucios y en mal estado [105]	59
Ilustración 71 Rodamiento en mal estado, falta de grasa y bolas faltantes [105]	59
Ilustración 72 Grupo electrógeno HIMOINSA HFW-600 T5 especificaciones generales [65]	73
Ilustración 73 Grupo electrógeno HIMOINSA HFW-600 T5 especificaciones motor [65]	74
Ilustración 74 Grupo electrógeno HIMOINSA HFW-600 T5 especificaciones alternador [65]	74
Ilustración 75 Dimensiones e información técnica Himoinsa HFW-600 T5 [65]	75
Ilustración 76 Temperaturas medias ciudad de Herat según NOAA [73]	76
Ilustración 77 Plano ubicación de la instalación de los GEL. Elaboración propia [72].	81
Ilustración 78 Tiempos estimados GEL uso continuo. Fuente: Elaboración propia [72]	82
Ilustración 79 Tiempos estimados GEL emergencia. Fuente: Elaboración propia [72].	82

Ilustración 80 IPC últimos 20 años [101]	82
Ilustración 81. Tabla Salarial Convenio colectivo de Industria, Servicios e instalaciones del Metal [67]	104
Ilustración 82 Tabla salarial actualizada 2024 para el personal de las Fuerzas Armadas [71]	105
Ilustración 83 Diferencias entre filtros de diferente tamaño. Fuente: Elaboración propia [72]	120
Ilustración 84 Cárter ampliado vs cárter estándar. Fuente: Elaboración propia [72]...	121
Ilustración 85 Representación cantidad de aceite y partículas contaminantes. Fuente: Elaboración propia [72]	122
Ilustración 86 Diferencia en la concentración de contaminantes en aceite lubricante usado (calidad). Fuente: Elaboración propia [72].....	123
Ilustración 87 Filtro de aire estándar [76]	125
Ilustración 88 Filtro de aire de alto rendimiento reutilizable [77].....	125
Ilustración 89 Grifo bomba extractora aceite [74].....	126
Ilustración 92 Operario analizando datos que indiquen la posibilidad de futuros fallos [136]	146
Ilustración 93 Gráfica de concentración de fallos durante la vida de un componente [138]	146
Ilustración 94 Gráfico de amortización y riesgo según la vida de los componentes [139]	147
Ilustración 95 Operario realizando un mantenimiento correctivo debido a un fallo en el motor del GEL [140]	147
Ilustración 96 Panel solar y GEL alimentando una antena de telecomunicaciones [140]	148
Ilustración 97 Grupo electrógeno Hitachi de 600kVA funcionando a hidrógeno [137]	149
Ilustración 90 Diagrama de Gantt. Elaboración Propia.....	158
Ilustración 91 Presupuesto desglosado. Elaboración Propia	159

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1 Plan de mantenimiento preventivo GEL Himoinsa HFW600-T5. Fuente: Elaboración Propia.	70
Tabla 2 Potencia requerida en el campamento. Fuente: Elaboración propia.....	71
Tabla 3 Potencia requerida con ajuste por simultaneidad. Elaboración propia [72]	72
Tabla 4 Porcentaje de carga de cada GEL a lo largo del día. Elaboración propia [72]..	79
Tabla 5 IPC aplicable a cada año del estudio. Fuente: Elaboración propia [72].....	83
Tabla 6 Plan de mantenimiento adaptado Himoinsa HFW600-T5. Fuente: Elaboración propia [72]	84
Tabla 7 Coste de los repuestos Himoinsa HFW-600 T5. Fuente: Elaboración propia [72]	86
Tabla 8 Cantidad de repuestos necesarios en cada operación de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia [72]	87
Tabla 9 N° de operaciones de mantenimiento anuales en el grupo electrógeno de uso continuo. Fuente: Elaboración propia.....	90
Tabla 10 Corrección N° de operaciones de mantenimiento anuales en GEL de emergencia. Fuente: Elaboración propia [72]	91
Tabla 11 N° de operaciones de mantenimiento anuales en el grupo electrógeno de emergencia. Fuente: Elaboración propia [72].....	92
Tabla 12 Cantidad de repuestos anuales por operación de mantenimiento para el GEL de uso continuo. Fuente: Elaboración propia [72]	93
Tabla 13 Cantidad de repuestos anuales por operación de mantenimiento para el GEL de emergencia. Fuente: Elaboración propia [72].....	94
Tabla 14 Cantidad de repuestos anual y total para el GEL de uso continuo. Fuente: Elaboración propia [72]	95
Tabla 15 Cantidad de repuestos anual y total para el GEL de emergencia. Fuente: Elaboración propia [72]	95
Tabla 16 Cantidad de repuestos anual y total para los 4 GEL de uso continuo. Fuente: Elaboración propia [72]	96
Tabla 17 Cantidad de repuestos anual y total para los 4 GEL de emergencia. Fuente: Elaboración propia [72]	97
Tabla 18 Coste de repuestos anual y total para los 4 GEL de uso continuo. Fuente: Elaboración propia [72]	98
Tabla 19 Coste de repuestos anual y total para los 2 GEL de emergencia. Fuente: Elaboración propia [72]	99
Tabla 20: Responsable de las Tareas de Mantenimiento. Fuente: Elaboración propia [72]	102
Tabla 21 Tiempo necesario para cada operación de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia [72]	103
Tabla 22 Horas dedicadas anualmente y el total en 10 años para cada operación de mantenimiento en cada GEL de uso continuo. Fuente: Elaboración propia [72].....	108
Tabla 23 Horas dedicadas anualmente y el total en 10 años para cada operación de mantenimiento en cada GEL de emergencia. Fuente: Elaboración propia [72].....	109

Tabla 24 Costes de mano de obra para cada GEL de uso continuo en escenario subcontratado. Fuente: Elaboración propia [72].....	110
Tabla 25 Costes de mano de obra para cada GEL de emergencia en escenario subcontratado. Fuente: Elaboración propia [72].....	111
Tabla 26 Costes de mano de obra para los 4 GEL de uso continuo en escenario subcontratado. Fuente: Elaboración propia [72].....	112
Tabla 27 Costes de mano de obra para los 2 GEL de emergencia en escenario subcontratado. Fuente: Elaboración propia [72].....	113
Tabla 28 Coste total del mantenimiento subcontratado para los 4 GEL de uso continuo. Fuente: Elaboración propia [72]	114
Tabla 29 Coste total del mantenimiento subcontratado para los 2 GEL de emergencia. Fuente: Elaboración propia [72]	114
Tabla 30 Coste total del mantenimiento subcontratado de la instalación de los 6 GEL. Fuente: Elaboración propia [72]	114
Tabla 31 Costes de mano de obra para cada GEL de uso continuo con mano de obra propia del Cuerpo Militar. Fuente: Elaboración propia [72]	115
Tabla 32 Costes de mano de obra para cada GEL de emergencia con mano de obra propia del Cuerpo Militar. Fuente: Elaboración propia [72]	116
Tabla 33 Costes de mano de obra para los 4 GEL de uso continuo con mano de obra propia del Cuerpo Militar. Fuente: Elaboración propia [72]	117
Tabla 34 Costes de mano de obra para los 2 GEL de emergencia con mano de obra propia del Cuerpo Militar. Fuente: Elaboración propia [72]	118
Tabla 35 Coste total del mantenimiento con mano de obra propia del Cuerpo Militar para los 4 GEL de uso continuo. Fuente: Elaboración propia [72]	118
Tabla 36 Coste total del mantenimiento con mano de obra propia del Cuerpo Militar para los 2 GEL de emergencia. Fuente: Elaboración propia [72]	119
Tabla 37 Coste total del mantenimiento de la instalación de los 6 GEL con mano de obra propia del Cuerpo Militar. Fuente: Elaboración propia [72]	119
Tabla 38 Alternador Stamford con filtro incorporado en la compuerta de succión. Fuente: Elaboración propia [72]	126
Tabla 39 Plan de mantenimiento Himinsa HFW600-T5 con mejoras incorporadas. Fuente: Elaboración propia [72]	129
Tabla 40 Cantidad de repuestos necesarios en cada operación de mantenimiento para los GEL con mejoras. Fuente: Elaboración propia [72]	130
Tabla 41 Precio de los repuestos para los grupos electrógenos con mejoras incorporadas. Fuente: Elaboración propia [72]	131
Tabla 42 Tiempo requerido por cada operación de mantenimiento realizada sobre los grupos electrógenos con mejoras incorporadas. Fuente: Elaboración propia [72]	132
Tabla 43 Responsable de cada operación de mantenimiento según escenario para los GEL con mejoras incorporadas. Fuente: Elaboración propia [72]	134
Tabla 44 Nº de veces que se realiza cada operación de mantenimiento anualmente y en 10 años para los GEL de uso continuo con mejoras. Fuente: Elaboración propia [72]	135
Tabla 45 Nº de veces que se realiza cada operación de mantenimiento anualmente y en 10 años para los GEL de emergencia con mejoras. Fuente: Elaboración propia [72]..	136

Tabla 46 Cantidad de repuestos necesarios anualmente y durante 10 años para cada operación de mantenimiento realizada en cada GEL de uso continuo con mejoras. Fuente: Elaboración propia [72]	137
Tabla 47 Cantidad de repuestos necesarios anualmente y durante 10 años para cada operación de mantenimiento realizada en cada GEL de emergencia con mejoras. Fuente: Elaboración propia [72]	138
Tabla 48 Cantidad necesaria de cada repuesto para realizar el mantenimiento de los 4 GEL de uso continuo con mejoras. Fuente: Elaboración propia [72]	139
Tabla 49 Cantidad necesaria de cada repuesto para realizar el mantenimiento de los 2 GEL de emergencia con mejoras. Fuente: Elaboración propia [72].....	139
Tabla 50 Coste total de los repuestos para realizar el mantenimiento preventivo de los 4 GEL de uso continuo con mejoras. Fuente: Elaboración propia [72]	140
Tabla 51 Coste total de los repuestos para realizar el mantenimiento preventivo de los 2 GEL de emergencia con mejoras. Fuente: Elaboración propia [72].....	140
Tabla 52 Coste de mano de obra para los GEL de uso continuo en el escenario subcontratado. Fuente: Elaboración propia [72].....	141
Tabla 53 Coste de mano de obra para los GEL de emergencia en el escenario subcontratado. Fuente: Elaboración propia [72].....	142
Tabla 54 Coste de mano de obra para los GEL de uso continuo en el escenario con mano de obra propia del Cuerpo Militar. Fuente: Elaboración propia [72]	143
Tabla 55 Coste de mano de obra para los GEL de emergencia en el escenario con mano de obra propia del Cuerpo Militar. Fuente: Elaboración propia [72]	144
Tabla 56 Coste final del mantenimiento preventivo para los 4 GEL de uso continuo en el escenario de servicio subcontratado. Fuente: Elaboración propia [72]	144
Tabla 57 Coste final del mantenimiento preventivo para los 2 GEL de emergencia en el escenario de servicio subcontratado. Fuente: Elaboración propia [72]	145
Tabla 58 Coste final del mantenimiento preventivo para los 4 GEL de uso continuo en el escenario con personal propio del Cuerpo Militar. Fuente: Elaboración propia [72] ..	145
Tabla 59 Coste final del mantenimiento preventivo para los 2 GEL de emergencia en el escenario con personal propio del Cuerpo Militar. Fuente: Elaboración propia [72] ..	145
Tabla 60 Beneficio bruto de la empresa mantenedora por contrato de 10 años. Fuente: Elaboración propia [72]	151
Tabla 61 Comparación coste total del mantenimiento de los GEL instalados con personal propio vs subcontratado. Fuente: Elaboración propia [72].....	151
Tabla 62 Comparación coste del mantenimiento por hora de uso de cada GEL. Fuente: Elaboración propia [72]	152
Tabla 63 Comparación coste total del mantenimiento preventivo de los GEL estándares vs mejorados. Fuente: Elaboración propia [72].....	153
Tabla 64 Comparación coste de mantenimiento preventivo por hora de uso en el GEL estándar vs mejorado. Fuente: Elaboración propia [72]	153
Tabla 65 Comparativa de costes de repuestos en los 2 GEL de emergencia instalados con mejoras vs estándar. Fuente: Elaboración propia [72]	155

1. INTRODUCCIÓN

Los grupos electrógenos son cruciales para el sistema eléctrico español, proporcionando respaldo en emergencias, soporte durante picos de demanda y asegurando el suministro en áreas remotas. Garantizan operaciones esenciales en hospitales, centros de datos y servicios de emergencia durante cortes eléctricos. Ayudan a evitar sobrecargas y apagones en periodos de alta demanda, y ofrecen una fuente de energía confiable en zonas rurales con acceso limitado a la red. Los grupos electrógenos son dispositivos autónomos que producen electricidad mediante motores de combustión interna conectados a generadores o alternadores eléctricos.

Los grupos electrógenos se utilizan en el ámbito comercial en una amplia gama de sectores y aplicaciones. Algunas de las aplicaciones más comunes incluyen:

1. **Industria y manufactura:** Las industrias y plantas de producción utilizan con frecuencia grupos electrógenos para respaldar su suministro de energía y evitar interrupciones costosas en sus operaciones. Esto es particularmente importante en áreas donde la continuidad del proceso y la disponibilidad constante de energía son cruciales.
2. **Centros de datos y telecomunicaciones:** Para mantener sus servicios operativos las 24 horas del día, los centros de datos y las instalaciones de telecomunicaciones requieren una fuente de energía confiable. En caso de cortes de energía o fallas en la red eléctrica, los grupos electrógenos brindan apoyo para garantizar el suministro de energía.
3. **Hospitales y centros de atención médica:** Los grupos electrógenos son esenciales en el sector de la salud para garantizar la continuidad del suministro de energía en hospitales y centros de atención médica. Una fuente de energía confiable es esencial para los equipos médicos, las unidades de cuidados intensivos y otros sistemas vitales para garantizar la vida y el bienestar de los pacientes.
4. **Edificios comerciales y oficinas:** Durante apagones o mantenimientos programados, los edificios comerciales, las oficinas y los centros comerciales utilizan grupos electrógenos para respaldar su suministro de energía. Esto

garantiza que las operaciones comerciales no se vean afectadas y que los sistemas de iluminación, calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) sigan funcionando correctamente.

La legislación española exige su instalación en muchos sectores para seguridad y emergencia, protegiendo la seguridad y el bienestar en caso de fallos eléctricos. Reducen pérdidas económicas en empresas e industrias al asegurar un suministro continuo. Además, aumentan la resiliencia del sistema eléctrico frente a desastres naturales, ataques cibernéticos u otras interrupciones a gran escala. En resumen, los grupos electrógenos son fundamentales para la continuidad, estabilidad y seguridad del suministro eléctrico en España y apoyan la transición hacia un sistema energético más sostenible y resiliente.

Enfocado a los objetivos del presente trabajo, existen varias razones por las que es aconsejable contar con un grupo electrógeno en un campamento militar:

- I. Autonomía energética: Un campamento militar puede estar ubicado en lugares remotos o donde la infraestructura eléctrica es insuficiente o limitada. En estas circunstancias, un grupo electrógeno permite el suministro de energía para las operaciones y las necesidades básicas del campamento,
- II. Continuidad operativa: Muchos campamentos militares tienen equipos y sistemas esenciales para el funcionamiento diario, como sistemas de comunicación, vigilancia, iluminación y equipos médicos. Al proporcionar una fuente de energía confiable en todo momento, un grupo electrógeno garantiza la continuidad de estas operaciones críticas.
- III. Seguridad y defensa: Un campamento militar debe estar protegido, y un grupo electrógeno puede ayudar con sistemas de seguridad como iluminación perimetral, cámaras de vigilancia, sistemas de alarma y otros dispositivos de seguridad.
- IV. Condiciones de vida: Los campamentos militares deben brindar condiciones de vida adecuadas a los soldados que se desplegaron allí.

2. ¿QUÉ ES UN GRUPO ELECTRÓGENO?

Aunque los primeros generadores surgieron a finales del siglo XVII, no hubo máquinas que utilizaran esta energía hasta mediados del siglo XVIII. Gracias a los avances en la teoría eléctrica y el magnetismo se desarrollaron grupos electrógenos capaces de transformar la energía mecánica en energía eléctrica.

El grupo electrógeno no puede ser atribuido exclusivamente a un solo científico o ingeniero, ya que este dispositivo, que funciona a través de un motor de combustión interna conectado a un generador, incorpora múltiples componentes e invenciones.

Michael Faraday generó la electricidad por primera vez en 1830 moviendo un conductor eléctrico en un campo magnético creado por un imán. Hippolyte Pixii construyó la primera dínamo o generador eléctrico dos años después, basándose en las investigaciones de Faraday. Con esta innovación, se produjeron muchos inventos que dependían de la electricidad, y gracias a la creación del motor a combustión interna, los grupos electrógenos pudieron ser conformados mediante un pequeño generador eléctrico adosado al motor.

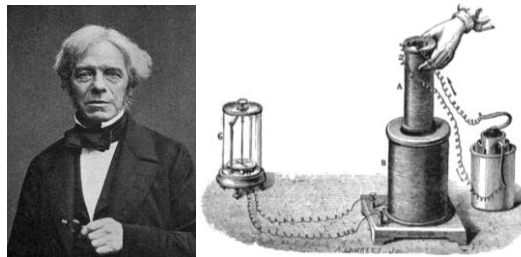


Ilustración 1: Michael Faraday [12]

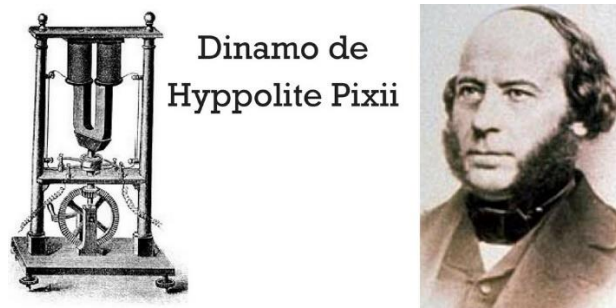


Ilustración 2: Dinamo de Hyppolite Pixii [11]

Se entiende que el motor de combustión interna es una variante de la máquina de vapor. La máquina de vapor aprovecha la presión del vapor de agua producido por una

combustión externa (calentar agua en una caldera) y la utiliza para mover un pistón o émbolo que se encuentra conectado a una rueda o cigüeñal por medio de una biela, dando como resultado una producción de trabajo. En un motor de combustión interna la combustión interna de una mezcla de aire y combustible provoca el movimiento de un pistón que a través de una biela transmite el trabajo producido a un cigüeñal para ser aprovechado.

En 1769, James Watt patentó la máquina de vapor.

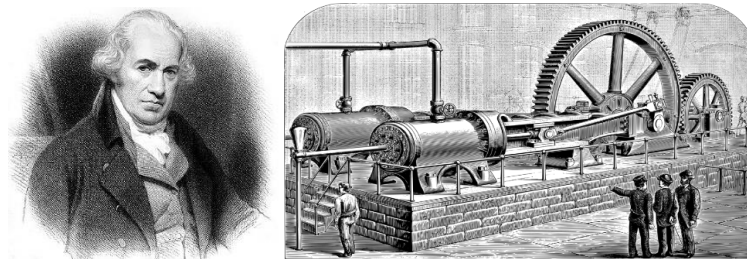


Ilustración 3 James Watt y la Máquina de Vapor [13][40]

Sobre la historia de los motores de combustión interna, cabe destacar al ingeniero belga Etienne Lenoir, quien construyó el primer motor de combustión interna en 1860. Este motor utilizaba gas de alumbrado y solo utilizaba el 3% de la energía generada por la combustión. En 1876, el alemán Nikolaus Otto mejoró significativamente el motor, siendo el primero en funcionar con el ciclo de cuatro tiempos, también conocido como motor ciclo Otto o gasolina.

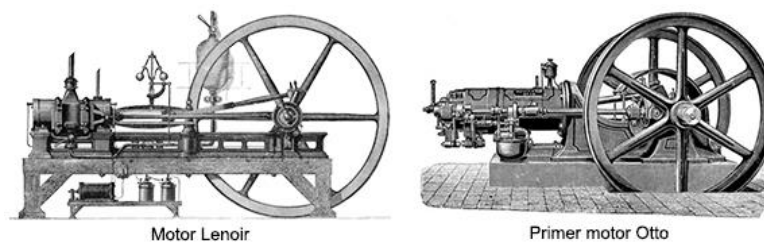


Ilustración 4 Motor Lenoir y Primer Motor Otto [16]

Por otra parte, el primer motor satisfactorio con ciclo de dos tiempos apareció, en 1878, de la mano del escocés Dugald Clerk:

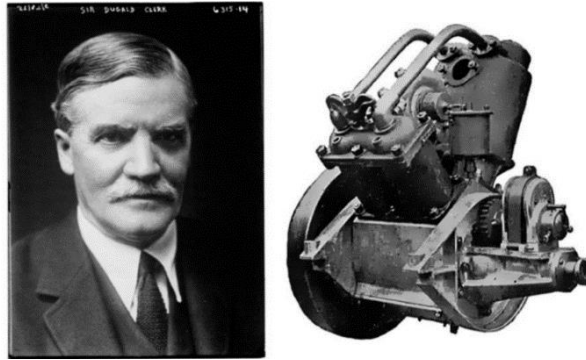


Ilustración 5 Dugald Clerk y su motor con ciclo de dos tiempos [17]

En 1892, el alemán Rudolf Diesel inventa un motor de auto ignición que funciona con combustibles pesados, y que más tarde pasaría a llamarse motor Diésel. Este motor tenía encendido por compresión a diferencia de motores anteriores con encendido por chispa.

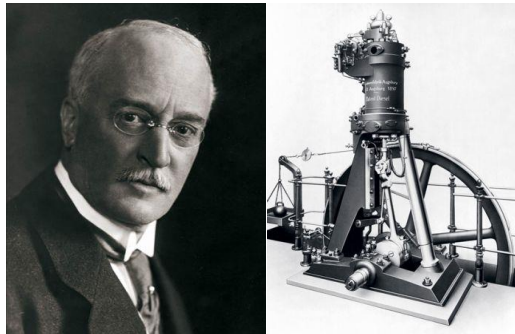


Ilustración 6 Rudolf diésel y el motor de auto ignición [18]

En 1957, el alemán Felix Wankel fabrica exitosamente un motor de pistón rotativo, conocido hasta la fecha con su mismo apellido:



Ilustración 7 Felix Wankel y el Motor de pistón rotativo [19]

El ingeniero belga Etienne Lenoir, volvió a crear el primer motor de combustión funcional alimentado por hidrógeno en 1863.

En 1838, el químico germano-suizo Christian Friedrich Schönbein descubrió el principio químico que utilizan las pilas o células de hidrógeno. Posteriormente, Sir William Grove creó la primera pila de hidrógeno en 1843 con materiales similares a los utilizados en las pilas de ácido fosfórico actuales.

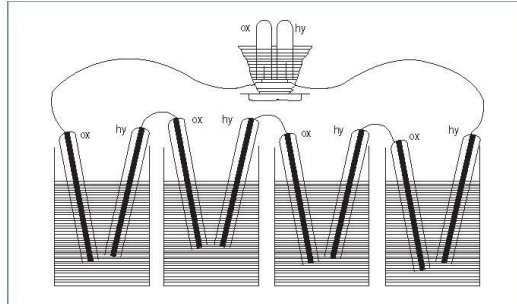


Ilustración 8 Principio químico utilizado en las pilas [20]

Existen otras variantes de motores a combustión como los de ciclo Atkinson o Miller entre otros, que son variantes de los motores ciclo Otto y Diesel, también adaptaciones realizadas a estos últimos para funcionar con combustibles como el gas natural comprimido (GNC), el gas natural licuado (GNL), el gas licuado de petróleo (GLP) o el hidrógeno.

El estudio se centra en los más comunes en la actualidad, ciclo Otto y Diesel de 4 tiempos, aunque también se mencionan novedades que están apareciendo como grupos electrógenos a Hidrógeno (los cuales ofrecen una alternativa más verde a los convencionales debido a que sus emisiones a la atmósfera se ven reducidas prácticamente a 0 y su combustible es uno de los componentes más abundantes en el universo) e incluso Wankel (aplicado recientemente en la industria de la automoción para ofrecer autonomía extendida en coches eléctricos).

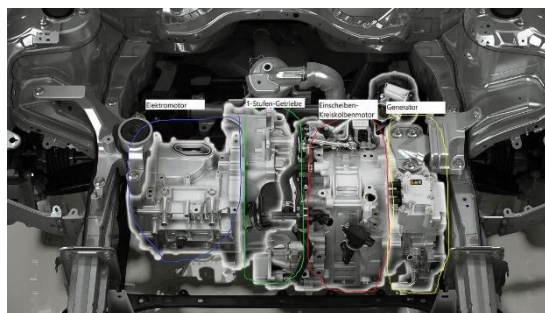


Ilustración 9 Grupo electrógeno Wankel Mazda Cx-30 [21]

En conclusión, un grupo electrógeno se compone de dos componentes principales: un motor de combustión interna y un generador. En su interior, el motor de combustión transforma la energía química del combustible en energía mecánica. Posteriormente, el generador utiliza esta energía mecánica generada por el motor para generar energía eléctrica. Aproximadamente el 30-35% de la energía calorífica del combustible que pasa a través del motor de combustión produce trabajo y es aprovechado por el generador para transformarlo en energía eléctrica, el 65-70% restante se pierde en forma de calor. Por lo tanto, los fabricantes de grupos electrógenos conocen esta predicción y realizan sus cálculos basándose en ella.

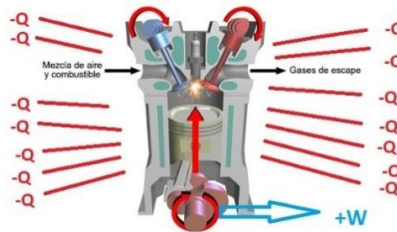


Ilustración 10 Motor de combustión (aprovechamiento de la energía) [39]

En el Capítulo 3 se definen los componentes vitales de los cuales está formado un grupo electrógeno tipo.

2.1. Últimas Tendencias y Avances Tecnológicos en Grupos Electrógenos.

En los últimos años, el mercado de los grupos electrógenos ha experimentado varios avances tecnológicos y tendencias emergentes que buscan mejorar la eficiencia, la fiabilidad y la sostenibilidad de estos equipos. Entre las tendencias y avances más destacados se encuentran:

- Integración de energías renovables: Los grupos electrógenos híbridos, que combinan motores convencionales con fuentes de energía renovable como paneles solares o turbinas eólicas, están ganando en popularidad. Esta integración permite una operación más eficiente y ecológica, reduciendo tanto las emisiones de carbono como el consumo de combustibles fósiles.
- Monitoreo y Diagnostico Remoto: La tecnología de Internet de las Cosas (IoT) ha facilitado el desarrollo de sistemas de monitoreo y diagnóstico remoto para grupos electrógenos. Estos sistemas proporcionan datos en tiempo real sobre el

rendimiento del generador, permitiendo la detección temprana de problemas y una planificación proactiva del mantenimiento. Es necesaria una gran inversión inicial en una solución de hardware y software para la gestión a distancia del grupo, sin embargo, los beneficios podrían garantizar el funcionamiento continuo de la maquinaria, reduciendo los costos de combustible, operación y mantenimiento técnico, previniendo fallos y paradas, y prolongando la vida útil del generador.

- Motores más eficientes y menos contaminantes: El desarrollo de motores más eficientes y con menores emisiones contaminantes es una tendencia clave. Las nuevas tecnologías de combustión y los sistemas de post-tratamiento de gases de escape ayudan a cumplir con estrictas regulaciones ambientales, reduciendo la huella de carbono de los grupos electrógenos.
- Baterías de respaldo: Las baterías almacenan energía durante los periodos de baja demanda y la liberan en los picos de consumo, optimizando la gestión de la carga y reduciendo la dependencia de los motores de combustión interna. Esta tecnología ofrece varias ventajas: i) permite una respuesta inmediata ante cortes de energía, proporcionando una fuente de energía ininterrumpida mientras el generador principal arranca, y ii) reduce el desgaste del motor y otros componentes, asumiendo parte de la carga sin necesidad de activar el generador de inmediato, lo que prolonga la vida útil del equipo y disminuye los costos de mantenimiento y operación.

Además, las baterías de respaldo facilitan la integración de fuentes de energía renovable como paneles solares o turbinas eólicas, haciendo un uso más eficiente y ecológico de los recursos disponibles.

3. PRINCIPALES COMPONENTES DE UN GRUPO ELECTRÓGENO

A continuación, se describen los principales componentes por los que está formado un grupo electrógeno tipo:

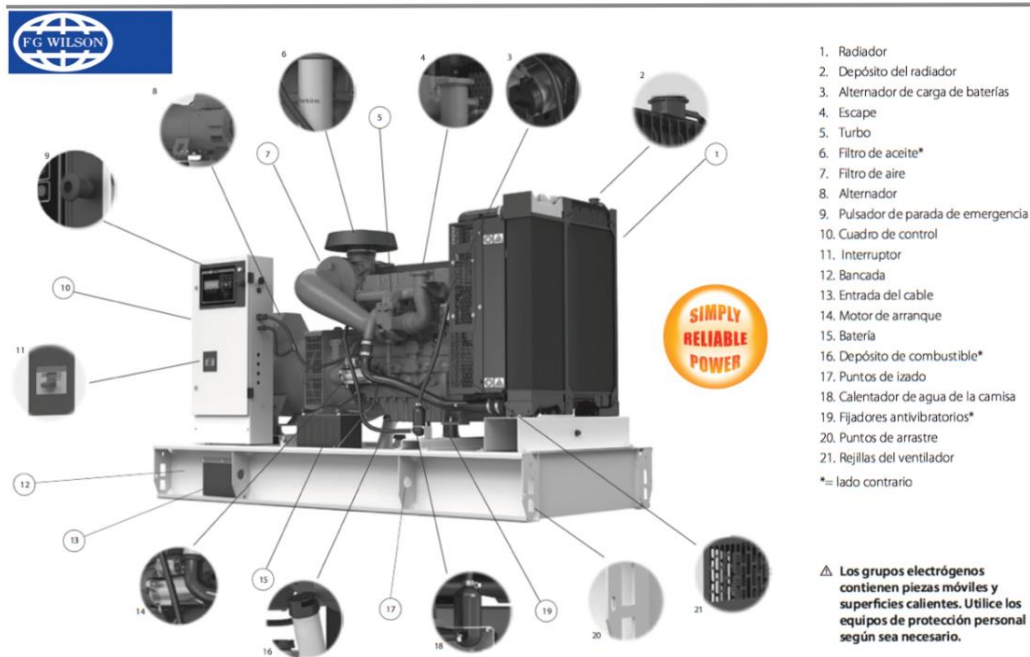


Ilustración 11 Principales componentes de un grupo electrógeno FG WILSON [60]

3.1 Motor.

Proporciona la fuerza mecánica que impulsará el rotor del generador eléctrico. Aunque existen también motores de gasolina y de gas, los diésel son los más comunes. Debido a sus ventajas mecánicas y económicas, los de diésel suelen ser más populares. El motor a su vez cuenta con muchos componentes como son las correas, árboles de levas, pistones, bielas, cigüeñal, cojinetes y rodamientos, bloque, culata, calentadores, bujías, turbocompresor, etc.



Ilustración 12 Motor Rolls-Royce D700 diésel para GEL [50]

3.2 Alternador o generador.

También llamado regulador de velocidad, el cual se utiliza para ajustar la fuerza mecánica del motor de combustión. Un sistema que regula el motor es esencial para garantizar la velocidad adecuada. El objetivo es poder garantizar la velocidad adecuada del motor y convertir la energía mecánica del motor a combustión en energía eléctrica.

Entonces se puede hablar de generadores síncronos, cuya velocidad de rotación es igual a la frecuencia de la corriente de salida. Alternativamente, se puede utilizar un generador asíncrono, que es un dispositivo más complejo y en el que la corriente de salida tiene una frecuencia diferente a la velocidad del motor.



Ilustración 13 Alternador grupo electrógeno [47]

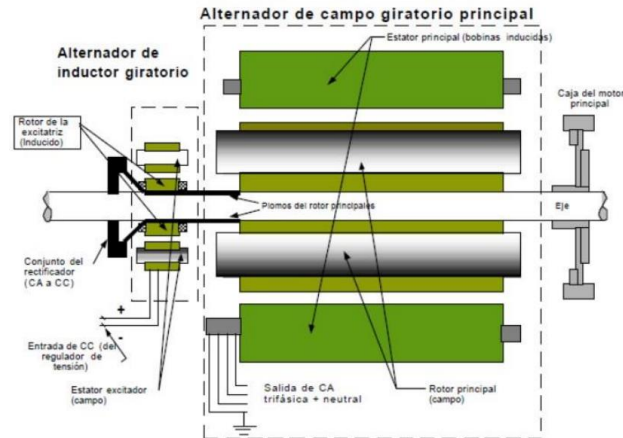


Ilustración 14 Partes de un alternador para grupo electrógeno [47]

3.3 Motor de arranque.

Es el sistema responsable del arranque del motor de combustión. Se trata de un motor eléctrico que se acopla o desacopla al cigüeñal del motor para hacerlo girar y ponerlo en funcionamiento.



Ilustración 15 Motor de arranque [47]

3.4 Batería.

Es la encargada de suministrar energía a los dispositivos electrónicos y el motor de arranque del grupo electrógeno mientras este no se encuentra en funcionamiento (una vez en marcha parte de la energía eléctrica producida permite el funcionamiento de los componentes electrónicos del sistema). Esta energía utilizada para cargar las baterías y mantener los componentes electrónicos del sistema en funcionamiento puede provenir del alternador principal o uno auxiliar mucho más pequeño que se utiliza únicamente para este fin. Lo normal es que funcionen a 12 o 24V, si se necesitan 24V, se conectan 2 baterías en serie.



Ilustración 16 Batería 12V [49]

3.5 Sistema de refrigeración.

Los equipos del generador se mantienen a una temperatura adecuada gracias a dicho sistema, el cual suele incluir un radiador de tipo industrial de alta calidad, líquido refrigerante, un tanque de expansión, manguitos o tubos, bomba de agua o refrigerante y ventilador de refrigeración. También existe la refrigeración por aire, es común en equipos de menor potencia y cuando son abiertos, es decir, no están aislados y el aire del ambiente es capaz de disipar el calor del motor de combustión.

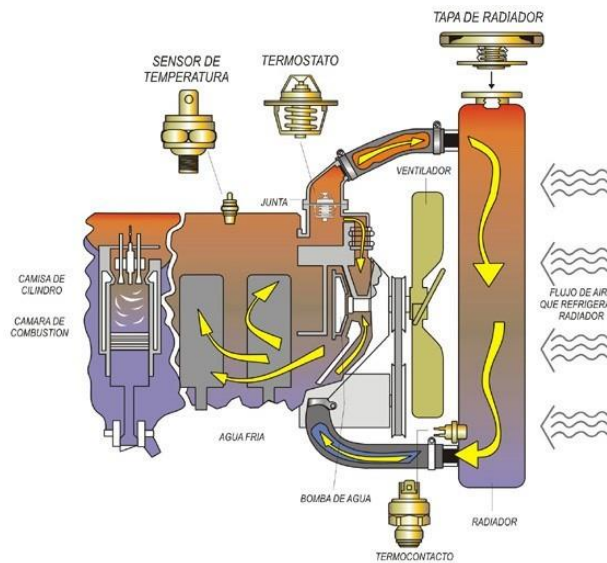


Ilustración 17 Sistema de refrigeración motor a combustión [54]

3.6 Sistema de admisión.

Es un sistema esencial ya que está diseñado para aumentar el rendimiento del equipo, reducir el ruido y aumentar su vida útil (filtrar el aire reduce las impurezas que entran al motor). Componentes que forman parte de la admisión son el colector de admisión, filtro de aire, manguitos o tubos, mariposa de admisión y caudalímetro.

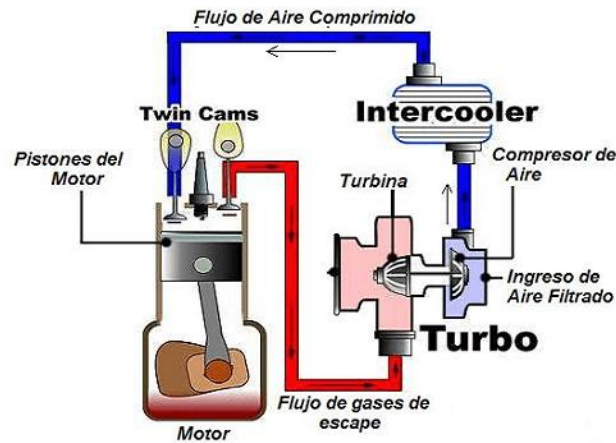


Ilustración 18 Sistema de admisión motor a combustión [58]

3.7 Sistema de escape.

Sistema encargado de evacuar los gases de escape al exterior. Es muy importante ya que también tiene las funciones de tratar los gases de escape para reducir la contaminación con convertidores catalíticos o filtros de partículas y reducir el ruido del motor de combustión con silenciadores.

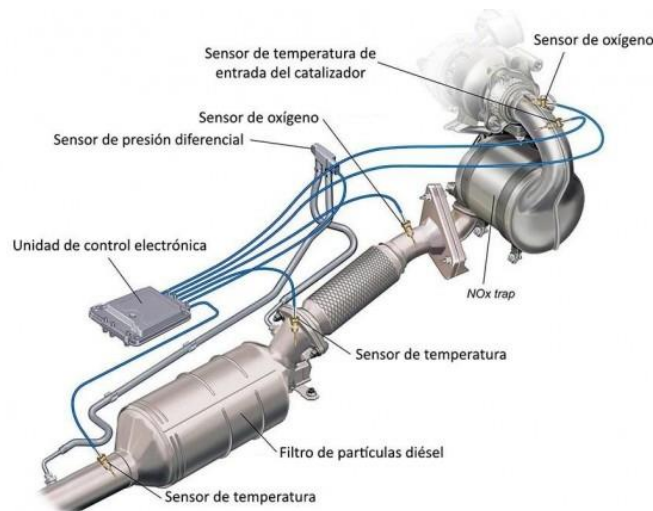


Ilustración 19 Sistema de escape motor a combustión [57]

3.8 Bancada.

Es la estructura sobre la que están sustentados todos los mecanismos y dispositivos que componen el grupo electrógeno. Es importante que sea capaz de aguantar el peso de todo el conjunto y a su vez limite las vibraciones del mismo.



Ilustración 20 Bancada para grupo electrógeno [53]

3.9 Sistema de combustible.

Es el sistema encargado de suministrar el combustible necesario al motor de combustión, se compone a su vez de distintos componentes como depósito, bomba de combustible, prefiltro de combustible, filtro de combustible, manguitos o tubos y sistema de inyección.

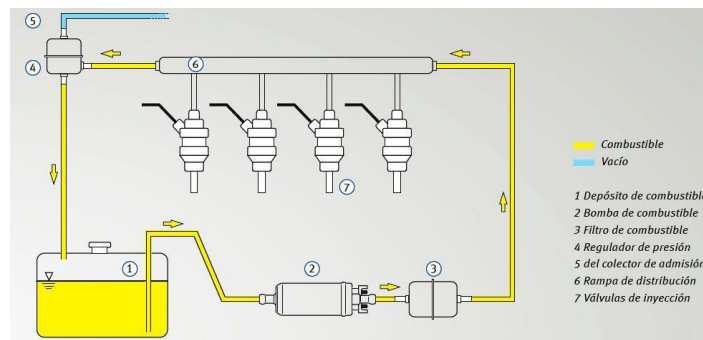


Ilustración 21 Sistema de combustible motor a combustión por inyección [52]

3.10 Sistema de lubricación.

Es el sistema encargado de proporcionar la lubricación necesaria en el motor de combustión, se compone de bomba de aceite, radiador de aceite, maguitos o tubos, filtro de ventilación del cárter, filtro de aceite, cárter y aceite.

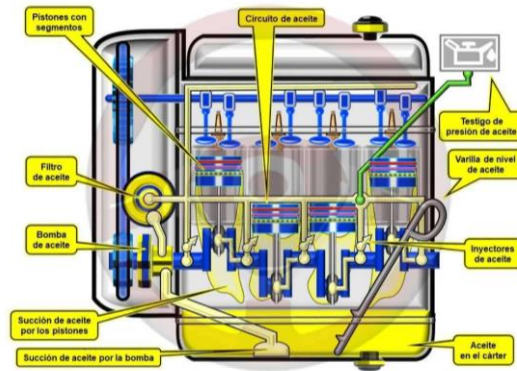


Ilustración 22 Sistema de lubricación motor a combustión [56]

3.11 Sensores.

El grupo electrógeno cuenta con diferentes sensores que envían información a la ECU para realizar una correcta gestión del motor a combustión mediante controladores y válvulas. Los sensores más significativos son el de temperatura y presión de aceite, posición de árbol de levas y cigüeñal, temperatura de refrigerante, rpm, posición de mariposa, MAP, caudalímetros y sondas NOX.



Ilustración 23 Sensores motor de combustión [51]

3.12 ECU.

También conocida como unidad de control de motor, es la encargada de realizar la gestión del motor ajustando sus parámetros de funcionamiento mediante los sistemas de inyección, refrigeración, admisión y escape en función de los valores recibidos por los sensores.



Ilustración 24 ECU motor DEUTZ [Fuente propia]

3.13 Aislador vibratorio.

Debido a su gran tamaño, los grupos electrógenos suelen producir una gran cantidad de vibraciones y sonidos. Es esencial tener un sistema que disminuya las vibraciones para evitar daños a la máquina como silentblocks o tacos de goma.



Ilustración 25 Aisladores vibratorios [48]

3.14 Aislador acústico.

Reducir el ruido es de vital importancia, especialmente en lugares de trabajo llenos de personas, para ello se emplean aislantes acústicos y cabinas que ayudan a insonorizar o limitar los decibelios que produce el sistema.



Ilustración 26 Cabina con aislante acústico para grupos electrógenos [60]

3.15 Circuito eléctrico.

Está formado por todos aquellos componentes que permiten el funcionamiento del sistema eléctrico del GEL, entre ellos podemos encontrar fusibles, resistencias, toma a tierra, cableado, conexiones a monofásico y trifásico (enchufes), etc. Se incluyen dentro también los sensores y batería mencionados anteriormente.

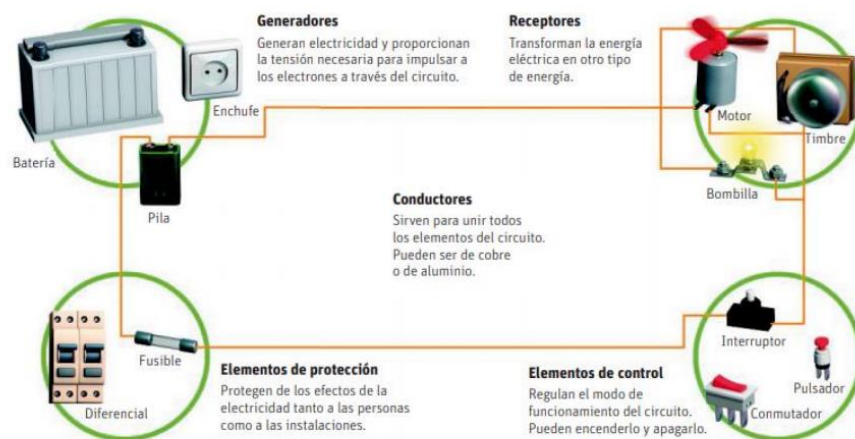


Ilustración 27 Componentes circuitos eléctricos [59]

3.16 Panel de mando.

Controla el funcionamiento de la máquina. Se diferencian dos tipos de paneles de control según el funcionamiento del grupo electrógeno:

- Manual: Está diseñado para ayudar a los grupos electrógenos a operar manualmente. Se prefiere particularmente cuando no hay alimentación de red. El panel sirve, para vigilar y controlar además de proteger a los generadores. El módulo de control electrónico del microprocesador proporciona medidas de protección.
- Automático: diseñado para los grupos electrógenos que sirven como copia de seguridad de la red. Interviene automáticamente cuando se corta la electricidad de la red y transmite la energía eléctrica del grupo electrógeno al sistema. El panel de control automático transfiere la carga a la red y detiene el generador de forma automática si la red eléctrica regresa.
Su unidad de control electrónica incluye un microprocesador y características de protección y control para garantizar que el grupo de motor y el alternador funcionen correctamente. Esta unidad puede controlar las siguientes posiciones: automática, manual, prueba en posición inactiva, prueba con cargas y equipo de medición para control visual.



Ilustración 28 Panel de mando para grupo electrógeno [56]

4 TIPOS DE GRUPOS ELECTRÓGENOS

Los grupos electrógenos se pueden clasificar en diferentes tipos en función de sus especificaciones, las cuales serán de vital importancia a la hora de elegir el GEL idóneo para el uso que se le vaya a dar:

4.1 Tipos de grupos electrógenos según motor:

4.1.1 Motor Diésel.

Son los grupos electrógenos más comunes en industria o instalaciones con gran demanda de energía eléctrica debido a su rendimiento. El combustible tiene mayor poder calorífico y rinde más el conjunto (mayor potencia y menor consumo), además el precio del combustible es más económico que el de la gasolina. Se utilizan para potencias medias-altas. Ideales para uso intensivo y continuo.

4.1.2 Motor Gasolina.

Se utilizan para potencias medias y bajas. Son más económicos que los diésel y son apropiados para periodos cortos de tiempo.

4.1.3 Motor a Gas.

Los grupos electrógenos a gas tienen la ventaja de ser más amigables con el medio ambiente puesto que contaminan menos y suele ser un combustible más económico. En cuanto a durabilidad y mantenimiento los grupos electrógenos a gas sufren mayor desgaste debido a que utilizan un combustible más seco, lo que repercute en diferentes componentes del motor como retenes, válvulas, juntas, etc. También es cierto que a su vez es un combustible que genera menos residuos en su combustión, es decir, los diferentes componentes del motor se encontrarán más limpios.

4.1.4 Motor Híbrido.

Existen grupos electrógenos que puede funcionar tanto con gasolina como gas o con una mezcla de ambos, en el caso del diésel siempre será bifuel (mezcla de ambos). El punto fuerte es que combinan las ventajas de ambos combustibles, la aportación de gas economiza la mezcla y reduce las emisiones.

Los más comunes y fiables son los diésel y gasolina, para aplicaciones de más de 15KW lo normal es contar con un grupo electrógeno diésel (como es el caso de este estudio).



Ilustración 29 Motor diésel para grupo electrógeno [43]

En la siguiente tabla se muestra una recomendación del combustible a elegir en función de la potencia que sea necesaria suministrar.



Ilustración 30 Combustible vs Potencia Grupos Electrónicos [25]

Existen grupos electrógenos a gasolina y gas que produzcan potencias similares a los Diésel, pero son combustibles que normalmente generan menos rendimiento en el motor térmico y como consecuencia el consumo se dispara.

A su vez hay tener en cuenta que los grupos electrógenos a gas o gasolina son más silenciosos que los Diésel y normalmente más económicos. A la hora de elegir un tipo de motor será necesario hacer un estudio de los costes de almacenamiento y disponibilidad del combustible, así como del uso y potencia requeridos.

4.2 Tipos de grupos electrógenos según movilidad:

4.2.1 De tipo fijo.

No disponen de ningún sistema que facilite su transporte, suelen ser de mayor tamaño y potencia y se emplean en ubicaciones fijas donde el suministro por parte de un grupo electrógeno tiene mucha demanda y se necesita que sea elevado.



Ilustración 31 Grupo Electrónico de tipo fijo [26]

4.2.2 De tipo móvil.

Tienen un sistema para transportarse fácilmente, como ruedas o asas (en los más pequeños), que suelen usarse en situaciones específicas como conciertos, mercados, etc. Situaciones en las que o bien no tienen acceso al suministro eléctrico o se puede cortar el suministro, se puede mantener el suministro de ciertos sistemas para poder continuar con la actividad. Los grupos electrógenos de este tipo suelen ser más pequeños y de menor potencia que los fijos.



Ilustración 32 Grupo Electrónico de tipo móvil [28]

4.3 Tipos de grupos electrógenos según tipo de arranque.

4.3.1 Arranque manual sin conmutador de carga.

Este es el sistema de arranque más económico, pero también el menos práctico. Se deben disponer cables de extensión y conectar varias cargas a ellos, para obtener la capacidad del generador. Por supuesto, una persona debe estar encargada de conectar y arrancar el equipo. Este tipo de arranque es el indicado

para generadores de hasta 5 o 6 kW, preferentemente los que trabajan a base de gasolina o gas.

4.3.2 Arranque manual con conmutador de carga.

En este caso, el conmutador es independiente de la capacidad del generador y controla toda la corriente de carga. Se deben desconectar ciertas cargas cuando el grupo electrógeno está en funcionamiento para evitar que exceda su capacidad. Al igual que el tipo de arranque anterior, se recomienda para generadores de nafta o gas de hasta 5 o 6 kW.

4.3.3 Arranque eléctrico con conmutador manual de carga.

Con este tipo de arranque se debe presionar el botón de arrancar y una vez esté en funcionamiento el generador, se debe colocar el conmutador en modo generador. Este tipo de arranque es el ideal para generadores con potencia mayor a 6 kW.

4.3.4 Arranque eléctrico con control automático.

Este tipo de arranque se usa para generadores de menor potencia y protege al generador al desconectar automáticamente los aparatos con mayor consumo en caso de que se detecte una sobrecarga.



Ilustración 33 Grupo electrógeno con arranque manual [45]



Ilustración 34 Grupo electrógeno con arranque eléctrico [46]

4.4 Tipos de grupos electrógenos según tipología de suministro.

4.4.1 Suministro de potencia auxiliar de emergencia.

Para cargas bajas o medias, se utilizan un máximo de 200 horas de forma continua.

4.4.2 Suministro de potencia auxiliar.

Para cargas bajas o medias, con un uso máximo entre 200 y 500 horas de forma continua.

4.4.3 Suministro de potencia principal.

Principalmente usado en minería, campamentos, construcción, etc. Su tiempo de uso de forma continua es ilimitado.

4.4.4 Suministro de potencia continua.

Se utilizan en industrias donde es de vital importancia no cortar el suministro de energía. Su tiempo de uso de forma continua es ilimitado.

4.5 Tipos de grupos electrógenos según tensión.

4.5.1 Monofásicos.

Habitualmente son los más pequeños con tensiones hasta los 5KW, suministran corriente continua a 230V, adecuados para usos similares al doméstico o donde exista un bajo requerimiento de energía.

4.5.2 Trifásicos.

Son los más habituales para aplicaciones donde se requiere un gran suministro de potencia, incorporan tomas a 400V. Comunes en fábricas, minas, etc.



Ilustración 35 Grupos electrógenos según el tipo de conexión [29]

4.6 Tipos de grupos electrógenos según el tipo de aislamiento.

4.6.1 Grupos electrógenos aislados.

Un grupo electrógeno se aísla o protege en una cápsula o caja cuando las condiciones meteorológicas (humedad, sol, etc.) o ambientales (contaminación acústica) lo requieren. Los beneficios incluyen una disminución de la acumulación de suciedad y el ruido, aunque suelen requerir más refrigeración al disipar peor el calor.



Ilustración 36 grupo Electrónico de tipo aislado [30]

4.6.2 Grupos electrógenos abiertos.

Cuando no sea necesario tener en cuenta las condiciones meteorológicas o medioambientales lo más común es utilizar grupos electrógenos abiertos puesto que cuentan con una mayor refrigeración. También se incluyen dentro de este grupo aquellos grupos electrógenos que debido a su emplazamiento (interior de edificios, barcos, etc.) ya cuentan con una habitación que lo protege y reduce el ruido que produce.



Ilustración 37 Grupo Electrónico de tipo abierto [31]

4.7 Tipos de grupos electrógenos según la velocidad.

4.7.1 Velocidad fija.

Un grupo electrógeno de velocidad fija transforma la energía del motor de combustión directamente en energía eléctrica a través del generador, el eje del motor de combustión está conectado directamente al generador (alternador), sin posibilidad de desacoplarlo en función de la demanda o carga. Esto puede ocasionar un suministro inestable en determinadas ocasiones o picos de operación.

4.7.2 Velocidad variable.

Los grupos electrógenos a velocidad variable se diferencian de los grupos electrógenos convencionales en que estos buscan desacoplar la velocidad de giro, el voltaje y la frecuencia, lo que permite que sean prácticamente constantes independientemente de la velocidad. Para realizar esta tarea, se utilizan los Convertidores CA-CA.

4.8 Grupos electrógenos inverter.

Estos dispositivos funcionan a través de un regulador de voltaje. La electricidad producida por ese implemento es de mejor calidad. La transmisión de energía es más estable. Convierte la tensión continua en otra de tensión alterna y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Esta es una buena opción para aquellos que trabajan con ordenadores, teléfonos, radios, etc. Por lo tanto, se evita que los sistemas sufran daños.

5 DEFINICIÓN Y TIPOLOGÍA DE MANTENIMIENTOS.

Previamente a describir los diferentes tipos de mantenimiento existentes, se va a comenzar por describir qué es el mantenimiento, partiendo de su enunciación según la Norma UNE EN 13306: “*Mantenimiento, Terminología del Mantenimiento-2018*”:

“El mantenimiento es la combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y gerenciales durante el ciclo de vida de un ítem, con el fin de mantenerlo, o restaurarlo, a un estado en el cual pueda desempeñar la función requerida.” [1]

Según la misma norma y con el objetivo de completar la definición:

“Ítem: cualquier parte, componente, dispositivo, subsistema, unidad funcional, equipo o sistema que se puede tomar de forma individual.” [1]

Dicho de otra manera, el mantenimiento se refiere al conjunto de actividades y acciones llevadas a cabo para preservar, reparar y mejorar el estado y el rendimiento de un sistema, equipo o infraestructura. Estas acciones se realizan regularmente con el objetivo de prevenir fallos, alargar la vida útil y garantizar el correcto funcionamiento de los elementos. Entre los beneficios del mantenimiento se encuentran:

1. Prolongación de la vida útil de los equipos: Un mantenimiento adecuado previene el deterioro excesivo ocasionado por el paso del tiempo y el uso, extendiendo así la vida útil de los equipos y sistemas.
2. Optimización de costes: El mantenimiento preventivo y correctivo permite la detección temprana y la solución de problemas antes de que se conviertan en costosas averías. Esto ayuda a evitar reparaciones importantes o reemplazos completos de los equipos, con el consiguiente ahorro de costes.
3. Incremento de la seguridad: El mantenimiento regular ayuda a identificar y abordar potenciales riesgos o condiciones inseguras en equipos e instalaciones, contribuyendo a la protección de las personas que los utilizan.
4. Mayor eficacia operativa: Mantener los equipos en condiciones óptimas, optimiza su desempeño y previene interrupciones no planificadas en la producción o prestación de servicios, lo cual se traduce en una operatividad más eficaz.
5. Programación y planificación programadas: El mantenimiento programado permite una mejor planificación de las actividades, facilitando la asignación de

recursos, la gestión del tiempo y reduciendo los tiempos de inactividad imprevistos.

6. Cumplimiento de la normativa: La ejecución periódica del mantenimiento ayuda a garantizar el cumplimiento de las normas y reglamentos establecidos para determinados equipos o instalaciones, lo que es especialmente relevante en áreas como la seguridad, la salud y el medio ambiente.

Este proyecto está enfocado al mantenimiento de los grupos electrógeno, también conocidos como “GEL”, por lo que el mantenimiento de los grupos electrógenos, es una actividad crítica para garantizar la fiabilidad, seguridad y eficiencia de los mismos, proporcionando beneficios significativos en términos de vida útil, costes, seguridad y eficiencia operativa.

Otro objetivo destacable del mantenimiento es lograr la máxima eficiencia energética de los equipos. Muchas tareas básicas, como puede ser una rutina de limpieza, pueden generar grandes reducciones en el consumo de energía de los equipos.

Para dividir el mantenimiento en las subcategorías correspondientes, se necesita entender que lo que realmente se va a dividir, no es la definición de mantenimiento, sino las tareas que se llevan a cabo durante el mantenimiento. Constan dos clasificaciones principales para dividir el mantenimiento en diferentes categorías. La primera clasificación hace referencia a la especialidad de la tarea, es decir, la especialización del técnico que lleva a cabo la tarea; puede ser mecánico, eléctrico o de instrumentación. La segunda, y principal clasificación, se refiere al alcance de las tareas, puede ser preventivo, predictivo o correctivo. Este proyecto va a estar orientado tanto al mantenimiento preventivo, o técnico legal, y al correctivo, realizando un estudio de recambio de piezas que se detalla en los próximos capítulos.

Una vez definido el mantenimiento se proceden a definir los tres tipos de mantenimiento que existen según la naturaleza, es decir según el alcance de las tareas a realizar:

5.1 Mantenimiento Preventivo-Técnico legal.

Haciendo referencia nuevamente a la Norma UNE-EN-13306 del 2018:

“El mantenimiento preventivo es el que se realiza a intervalos predeterminados o de acuerdo con criterios establecidos, y que está destinado a reducir la probabilidad de fallo o la degradación del funcionamiento de un elemento” [1].

El mantenimiento preventivo radica en realizar una serie de tareas cuyo objetivo es evitar los fallos en los equipos antes de que sucedan, y de esta manera extender su vida útil y prevenir la parada de su actividad debido a una avería.

Las técnicas habituales para programar las revisiones del mantenimiento preventivo son las especificaciones que vienen explicadas en los catálogos y manuales del fabricante, normativa vigente, asesoramiento de expertos y operaciones realizadas en equipos análogos.

Entre las mejoras principales del mantenimiento preventivo se encuentra reducir la necesidad de realizar mantenimientos correctivos, lo cual supone un ahorro económico a su vez, aumentar la seguridad laboral, aumentar la vida útil de los equipos y de los distintos componentes y reducir costes, porque, aunque un plan de mantenimiento preventivo conlleve un coste, invertir en maximizar la seguridad de los trabajadores y en el ahorro de tiempo y dinero en otras formas de mantenimiento, compensan el costo.

En el mantenimiento preventivo, es posible distinguir entre el mantenimiento planificado o programado, en el cual se establecen las revisiones por tiempo, horas de funcionamiento, etc. Y el mantenimiento de oportunidad, donde se utilizan los periodos de no uso de los equipos para evitar paradas de estos cuando están en funcionamiento. El conjunto de revisiones incluidas en el mantenimiento preventivo de un grupo electrógeno incluye tareas y verificaciones diarias, mensuales, semestrales y anuales. De la misma manera, no todas las revisiones pueden ser realizadas por cualquier persona, ya que en función del nivel de tensión al que funcione o suministre el GEL, ciertas tareas deben ser realizadas por personal cualificado y cumpliendo con unas especificaciones técnicas descritas en próximos capítulos.

Existe un subtipo de mantenimiento dentro del preventivo que se denomina mantenimiento conductivo, lo realizan los empleados que se encuentra habitualmente en la instalación y se refiere a tareas sencillas (inspecciones visuales, cambios de filtros, pequeñas tareas de lubricación, reaprietes, ajuste de parámetros, etc.) que se deben realizar diaria o mensualmente. Con este mantenimiento se comprende que el cuidado de las instalaciones no solo recae en las empresas mantenedoras especialistas.

En instalaciones eléctricas, como en la que está enfocado este proyecto, el mantenimiento preventivo consta de acciones tales como revisión de la línea de alimentación, tensiones, intensidades, cambios de filtros, reapriete y limpieza del cuadro, etc.

5.2 Mantenimiento Predictivo.

Tal como describe la Norma UNE-EN-13306 del 2018, “el mantenimiento predictivo es el mantenimiento basado en la condición que se efectúa realizando pronóstico derivado del análisis y la evaluación de los parámetros significativos de la degradación de un ítem.” [1]

El mantenimiento predictivo es una estrategia de mantenimiento avanzada que utiliza el análisis de datos y la tecnología para predecir cuándo es probable que los equipos o sistemas experimenten un fallo o requieran mantenimiento. Su objetivo es maximizar el tiempo de actividad de los equipos, minimizar el tiempo de inactividad no planificado y optimizar las actividades de mantenimiento.

La idea clave del mantenimiento predictivo es identificar señales o indicadores tempranos de fallo o degradación del rendimiento de los equipos. Esto permite a los equipos de mantenimiento tomar medidas proactivas y programar las actividades de mantenimiento precisamente cuando se necesitan, en lugar de depender de calendarios fijos o esperar a que se produzcan averías.

5.3 Mantenimiento Correctivo.

El mantenimiento denominado correctivo, es el que se lleva a cabo posterior a que la avería aparezca o debido al mal funcionamiento del equipo, y sea necesario subsanarlo para su correcto funcionamiento. Según la Norma UNE-EN-13306 del 2018, “Una falla es el fin de la capacidad de un ítem de realizar la función requerida” [1]. Es decir, se reparan averías o anomalías de la instalación para restablecer su funcionamiento normal.

En instalaciones eléctricas, como lo son los grupos electrógenos, el mantenimiento correctivo es muy amplio, desde reparaciones de aparatos eléctricos, recambio de repuestos dañados o hasta el acondicionamiento de las instalaciones y las ubicaciones en las que se encuentren a la normativa vigente.

6 MANTENIMIENTO DEFICIENTE: FALLOS Y PROBLEMAS COMUNES EN GEL

El objetivo de este capítulo es definir e ilustrar diferentes fallos y problemas que se pueden dar como consecuencia de un mantenimiento deficiente en grupos electrógenos.

Fallos y problemas comunes y cómo identificarlos:

1) Fallos en el sistema de combustible:

El sistema de combustible puede dar problemas si no tiene un mantenimiento adecuado. El combustible no siempre es de una calidad óptima, contiene pequeñas impurezas, por ello se utilizan filtros en el sistema. Gran parte de los problemas se originan debido a filtros y prefiltros de combustible en mal estado u obstruidos. Si un filtro está obstruido el suministro de combustible será deficiente provocando una disminución del rendimiento, problemas para arrancar, vibraciones, fallos de combustión, etc. Si por el contrario el filtro presenta alguna rotura puede provocar que algunos elementos del sistema de combustible se rompan antes de tiempo o se atasquen como es el caso de los inyectores, además la combustión y limpieza interna del motor se verán afectadas.



Ilustración 38 Filtro de combustible en mal estado [106]

La corrosión acelerada de las partes metálicas del motor o fallos en el sistema de inyección debido a la presencia de agua en el combustible es otro de los problemas comunes que pueden darse. Por ello es importante realizar el drenado de agua en los prefiltros y filtros de combustible.



Ilustración 39 Corrosión en un inyector por la presencia de agua en el combustible [107]

Otro de los problemas típicos que afecta al sistema de combustible es la rotura de manguitos y latiguillos, provocando el ingreso de aire a la línea de combustible, incrementando la sequedad de estos y dando lugar a su descomposición acelerada además de proporcionar un suministro de combustible insuficiente.



Ilustración 40 Manguito de combustible en mal estado [108]

2) Fallos en el sistema de admisión:

Debido a la ausencia de mantenimiento en el sistema de admisión, el aire ingresado al motor puede ser insuficiente causando una pérdida de rendimiento (mala combustión, vibraciones, etc) o demasiado sucio causando además un desgaste prematuro de los componentes internos del motor.

El motivo principal será un filtro de aire en mal estado u obstruido.



Ilustración 41 Filtro de aire sucio y con fisuras [104]

3) Wet Stacking:

También conocido como apilamiento húmedo, es un problema que se da cuando se hace trabajar el grupo electrógeno a baja carga (menor a un 50%), se produce una combustión ineficiente y se favorece la deposición de carbono “carbonilla” en distintas partes del motor.

Este fenómeno puede provocar una disminución del rendimiento del GEL, obstrucción de tuberías y otras partes del motor, humos y gases no deseados, fugas y pérdidas, etc.

Es importante dimensionar bien las instalaciones, no usar grupos electrógenos demasiado grandes para aplicaciones que requieren una menor demanda. Mediante las distintas tareas de mantenimiento e inspección el operario se puede dar cuenta si el GEL sufre de este fenómeno y tomar las medidas necesarias como el desmontaje de piezas para su limpieza o hacer funcionar el GEL a máxima capacidad para que queme la carbonilla.



Ilustración 42 Tubería taponada por acumulación de carbonilla [75]



Ilustración 43 Motor de GEL sufriendo de apilamiento húmedo [134]



Ilustración 44 Humo negro del escape de un GEL que sufre de apilamiento húmedo [135]

4) Humos y gases:

La falta de mantenimiento provoca que muchos componentes del motor funcionen incorrectamente o no se encuentren a punto, dando lugar a numerosos problemas entre los que se encuentran el fallo de los dispositivos anticontaminación, una mala combustión o la quema de líquidos como el aceite o el refrigerante. Será importante revisar la coloración y el olor de los gases que emite el GEL, de esta manera se podrán identificar las posibles causas del fallo y resolverlas antes de que terminen por arruinar el motor.

El humo negro puede indicar acumulación de carbonilla en el interior del motor, funcionamiento a baja carga, filtros obstruidos, mezcla desproporcionada, mala calibración de las válvulas, mala combustión y fallo en los dispositivos anticontaminación.



Ilustración 45 Humo negro saliendo del escape de un GEL [130]

El humo azulado indica la presencia de aceite en la mezcla y puede ser debido a un aceite de mala calidad o degradado y segmentos, válvulas o pistones en mal estado.



Ilustración 46 Humo azulado saliendo del escape de un GEL [131]

El humo de color blanco indica la presencia de agua en la mezcla. Esta situación puede darse debido a la presencia de agua en el combustible, compresión baja y roturas o fisuras de elementos como juntas, bloque motor, culata, etc.



Ilustración 47 Humo blanco saliendo del escape de un GEL [132]

Un olor característico fuera de lo común acompañará los distintos humos que se expulsan por el escape del GEL en caso de fallo. Por norma general los gases tendrán un olor más fuerte.

5) Fallos del motor:

En el motor se pueden producir numerosos fallos provocados por diferentes motivos, pero hay algunos que vienen derivados de un mantenimiento deficiente. Los problemas principales que causan fallos en el motor por falta de mantenimiento son las fugas y pérdidas por falta de inspección y la rotura del sistema de válvulas por no hacer el reglaje a tiempo (pueden pisarse, doblarse, etc.).



Ilustración 48 Pérdida de aceite en el motor debido a juntas en mal estado [129]



Ilustración 49 Válvulas de motor dobladas debido a un mantenimiento deficiente [128]

6) Fallos del sistema eléctrico y baterías:

Una ausencia de mantenimiento causará problemas eléctricos en el GEL. Estos problemas pueden producir diferentes fallos en componentes del grupo electrógeno que pueden ir desde quemar un fusible, hasta variar los parámetros de funcionamiento de un sensor e incluso impedir el funcionamiento del GEL. Los problemas más comunes por mantenimiento deficiente son atribuidos a la correa de accesorios, el alternador las baterías y los fusibles.

Si la correa de accesorios se encuentra en mal estado sufre el riesgo de romperse dejando al alternador sin funcionar para alimentar los sistemas y cargar las baterías.



Ilustración 50 Correa de accesorios desgastada [117]

El alternador puede dejar de funcionar debido a desgaste, obstrucción, sobrecalentamiento, sobrecarga, falta de supervisión, etc. Sin el alternador los elementos eléctricos del grupo electrógeno tardarán poco tiempo en consumir las baterías.



Ilustración 51 Alternador en mal estado [118]

Las baterías se van degradando con el uso y con el tiempo, por ello es de vital importancia comprobar sus parámetros de funcionamiento para evitar sobrecargar el alternador y mantener operativo el GEL.



Ilustración 52 Batería en mal estado [116]

El voltaje de la batería debe estar por encima de 12,6V en reposo.

Los fusibles pueden quemarse debido a suciedad, fallos de los sistemas, degradación, etc. Dejarán inoperativos los sistemas y componentes a los que afecte.

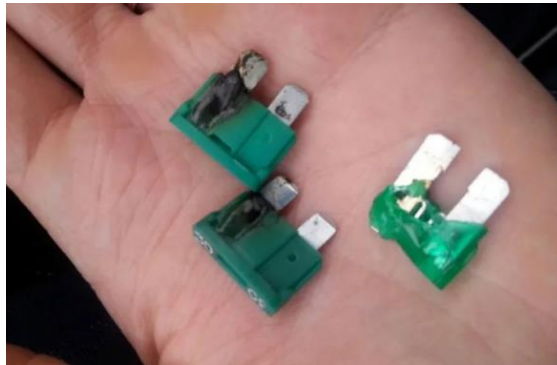


Ilustración 53 Fusibles quemados [122]

7) Fallos en el sistema de lubricación:

El buen funcionamiento del sistema de lubricación es imprescindible para el motor, cualquier fallo puede ocasionar sobrecalentamientos, desgastes acusados e incluso roturas de las partes principales del motor (cigüeñal, pistones, bielas, etc.). Muchos de estos fallos que se dan en el sistema de lubricación son provocados por la falta de mantenimiento.

Las causas principales son aceite en mal estado, cantidad de aceite insuficiente rotura de manguitos y latiguillos y filtro de aceite roto u obstruido.

Es importante revisar los indicadores de temperatura y presión de aceite.



Ilustración 54 Indicador temperatura aceite [119]



Ilustración 55 Indicador presión aceite [120]



Ilustración 56 Testigos fallo sistema de lubricación [121]

El aceite en mal estado pierde viscosidad y sus propiedades lubricantes acusando el desgaste del motor, además puede generar lodos que acaben obstruyendo el sistema.



Ilustración 57 Motor con presencia de lodos y obstrucción por aceite en mal estado [126]

Una cantidad de aceite insuficiente origina problemas como la disminución de presión en el circuito y la falta de lubricación de las partes internas del motor, acelerando su desgaste e incluso provocando roturas y sobrecalentamientos.



Ilustración 58 Varilla medidora indicando insuficiencia de aceite [123]

Si los maguitos y latiguillos de aceite se encuentran en mal estado pueden acabar rompiéndose, dando lugar a una pérdida de aceite y presión en el circuito, lo que puede desembocar en rotura del motor, desgaste acelerado, sobrecalentamientos, etc.



Ilustración 59 Pérdida de aceite por manguito en mal estado [125]

Un filtro de aceite en mal estado u obstruido puede influir en la presión del circuito e impedir alcanzar el flujo necesario o provocar una contaminación y degradación del aceite acelerada.



Ilustración 60 Filtro de aceite en mal estado [124]



Ilustración 61 Motor gripado por falta de lubricación [127]

8) Fallos en el sistema de refrigeración:

El sistema de refrigeración es esencial ya que es el encargado de mantener una temperatura adecuada durante el funcionamiento del motor, los fallos de este sistema pueden ser fatales al igual que ocurre con el sistema de lubricación. Los fallos de este sistema generalmente producen sobrecalentamientos y roturas del motor.



Ilustración 62 Indicador de temperatura al límite y testigo encendido [115]

Las causas más comunes a problemas en este sistema debido a la falta de mantenimiento son una limpieza deficiente del radiador, correa del ventilador en mal estado (desgastada, rota, degradada, etc.), refrigerante degradado y cantidad de refrigerante insuficiente.

Si el radiador de refrigeración está sucio no será capaz de disipar el calor de manera óptima.

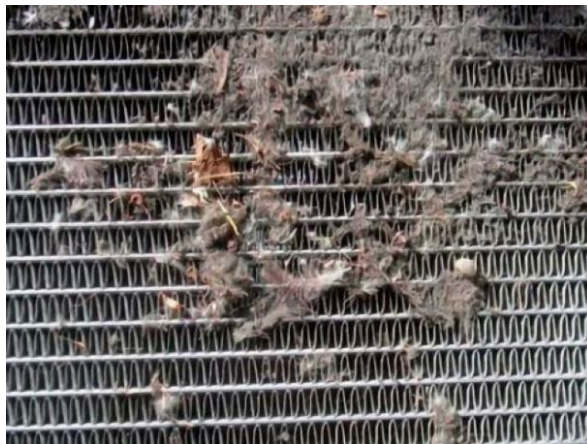


Ilustración 63 Radiador obstruido por suciedad [109]

Si la correa del ventilador se encuentra en mal estado corre el riesgo de romperse impidiendo el flujo de aire y la disipación de calor que produce el ventilador.



Ilustración 64 Correa del ventilador en mal estado [110]

El refrigerante en malas condiciones o degradado puede afectar a la capacidad de refrigeración del equipo e incluso se responsable de la corrosión del radiador y otros componentes del motor como la bomba de agua, culata, etc. Es fácil de identificar ya que empieza a tomar un color óxido o cobrizo debido a la descomposición y corrosión del sistema.



Ilustración 65 Refrigerante en mal estado y en buen estado [114]



Ilustración 66 Bomba de agua con presencia de corrosión [111]



Ilustración 67 Radiador con presencia de corrosión [109]



Ilustración 68 Culata y conductos internos del motor con presencia de corrosión [112]

Si el nivel de refrigerante se encuentra por debajo del mínimo recomendado se pueden originar burbujas de aire en el sistema y pérdida de presión. Afectará directamente a la capacidad de refrigeración del equipo.



Ilustración 69 Refrigerante por debajo del nivel mínimo [113]

9) Fallos en el alternador:

Gran parte de los fallos que se producen en el alternador se pueden evitar y prevenir por medio de las revisiones propias de un mantenimiento adecuado.

Los problemas más comunes que dan lugar a fallos por falta de mantenimiento son rodamientos y devanados en mal estado.

Los devanados constituyen una parte fundamental del alternador y están expuestos a grandes fuerzas electromagnéticas, por ello es de vital importancia realizar un mantenimiento minucioso sobre ellos con el fin de evitar cortocircuitos y problemas en la producción de energía eléctrica.



Ilustración 70 Devanados sucios y en mal estado [105]

Los rodamientos constituyen los apoyos principales de los elementos giratorios del alternador, permitiendo el giro de los elementos y por consiguiente la producción de energía eléctrica, soportan grandes pesos, velocidades y temperaturas. Se deben realizar revisiones periódicas para asegurar su correcto funcionamiento evitando la aparición de vibraciones, desgastes prematuros y roturas.



Ilustración 71 Rodamiento en mal estado, falta de grasa y bolas faltantes [105]

7 REGLAMENTOS APLICABLES AL MANTENIMIENTO DE GRUPOS ELECTRÓGENOS.

En líneas generales, el establecimiento de normativas y reglamentos para los grupos electrógenos surge de la necesidad de asegurar la seguridad tanto de las personas como de las instalaciones, así como la fiabilidad y eficacia de estos equipos esenciales. Conforme avanza la tecnología en la generación de energía y se reconocen riesgos potenciales, las normas y reglamentos se han vuelto más rigurosos para garantizar un estándar elevado de funcionamiento y protección.

El marco legal de aplicación para las instalaciones de baja tensión, como suelen ser los grupos electrógenos, se ve recogido principalmente en la siguiente normativa:

“Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión” [2] y su última modificación según “Real Decreto 298/2021, de 27 de abril, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial” [3].

Y en concreto en la ITC-BT-40 *“Instalaciones generadoras de baja tensión”* y la ITC-BT-33 *“Instalaciones con fines especiales. Instalaciones provisionales y temporales de obras”*

Las siglas REBT dan nombre a este reglamento, el cual se aplica a todas las instalaciones que trabajan en baja tensión, sea cual sea su función dentro del Sistema Eléctrico: generadoras, distribuidoras o receptoras. Se considera baja tensión a aquella igual o inferior a 1 kV en corriente alterna.

Debido a los grandes avances tecnológicos, en la actualidad es posible encontrar grupos electrógenos con salidas en alta tensión, aunque no es lo habitual ya que se usan mayoritariamente cuando es necesario conectar el equipo directamente a la red eléctrica convencional. En estos casos, la normativa aplicable sería:

“Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.” [4]

“Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.” [5]

El presente trabajo se va a centrar en grupos electrógenos de baja tensión.

Las normativas anteriormente mencionadas son las más relevantes en cuanto a instalación y mantenimiento de grupos electrógenos, aunque en el siguiente capítulo se exponen normativas complementarias que también se deben tener en cuenta y es recomendable consultar antes de realizar cualquier mantenimiento o instalación de GEL.

7.1 Normativas y reglamentos complementarios

A continuación, se detallan reglamentos y normativas que complementan las anteriormente descritas:

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

- Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales

Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.

- Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos (APQ)

Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC).

- Reglamento sobre Atmósferas Explosivas (ATEX)

Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores expuestos a riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

- Normativa sobre Emisiones y Medio Ambiente

Directiva 97/68/CE y su posterior modificación por la Directiva 2012/46/UE, sobre emisiones de contaminantes de motores.

Reglamento (UE) 2016/1628 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de septiembre de 2016, sobre requisitos de emisiones de contaminantes de motores.

Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.

- Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios (RIPCI)

Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.

- Normativa sobre Conexión a la Red Eléctrica

Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

- Reglamento de Seguridad para Instalaciones Frigoríficas

Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.

- Normativa sobre Ruido y Vibraciones

Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.

Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, sobre zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

- Código Técnico de la Edificación (CTE)

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

- Reglamento de Baja Tensión (RBT)

Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, que modifica el REBT para adaptarse a las normativas europeas.

- Reglamento de Seguridad de Máquinas

Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

- **Reglamento sobre Instalaciones Petrolíferas**

Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones petrolíferas.

Real Decreto 1523/1999, de 1 de octubre, por el que se modifica el Reglamento de instalaciones petrolíferas y sus instrucciones técnicas complementarias.

- **Normativa de Protección de los Trabajadores**

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

7.2 Inspecciones por organismo de control autorizado.

Al mismo tiempo que las revisiones periódicas de mantenimiento, las cuales pueden ser realizadas por los propios técnicos u oficiales de las instalaciones o por empresas especializadas, existen los Organismos de Control Autorizado, a los cuales se les reconoce por sus siglas OCA.

Los OCA son empresas con personalidad jurídica propia, que pueden ser públicas o privadas y tienen como objetivo verificar el cumplimiento de las obligaciones legales de las instalaciones. Para lograr esto, las instalaciones de baja tensión son inspeccionadas cada cinco años y las instalaciones de alta tensión cada tres años. Las inspecciones pueden ser contratadas por la propiedad de la instalación o por la empresa mantenedora subcontratada, la última de las cuales sería responsable de informar al cliente sobre la frecuencia de las inspecciones.

Posterior a pasar una inspección realizada por un Organismo de Control Autorizado, el mismo, emite un acta de inspección con un resultado en función de los hallazgos detectados. Los posibles resultados son:

- **Acta Favorable:** Se emite cuando la instalación cumple con todas las normativas y requisitos aplicables y no se encuentran irregularidades significativas.
- **Acta Condicionada:** Se emite cuando la OCA encuentra errores menores o incumplimientos técnicos insignificantes los cuales no presentan un peligro

significativo. EL propietario de la instalación tiene un plazo para subsanar los errores.

- Acta Desfavorable: Se emite cuando se ha detectado al menos un error muy grave, es decir, un error que representa una amenaza urgente para la seguridad de las personas. En este caso, el acta se envía directamente a la administración.

En el caso de los grupos electrógenos, en la actualidad no se encuentran sujetos a Organismo de Control Autorizado (OCA), sino que se rigen por las especificaciones técnicas y manuales de uso proporcionados por los fabricantes. En instalaciones de baja o media tensión donde se encuentra un grupo eléctrico, es común llevar a cabo pruebas de conmutación al Grupo Eléctrico de Emergencia, sin embargo, la parte mecánica del GEL no forma parte del concepto de la OCA. Por lo tanto, no se emite un acta de OCA como tal en este caso. No obstante, si durante la prueba de conmutación el grupo no funciona correctamente, esta situación puede ser registrada en el acta de OCA de la instalación de baja o media tensión objeto de inspección.

8 DESARROLLO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UN GRUPO ELECTRÓGENO

Para llevar a cabo las gamas de mantenimiento de un grupo electrógeno es necesario establecer el plan de mantenimiento, el cual se crea en base a las recomendaciones y especificaciones del fabricante, en base a las normativas españolas y europeas del sector y en base a cualquier otro requisito específico del GEL según sus condiciones de uso. El plan de mantenimiento se organiza en función del sistema o componente a revisar y el intervalo de tiempo establecido para ello.

El plan de mantenimiento se ha adaptado a los requerimientos y características del grupo electrógeno Himoina HFW600-T5 escogido para el estudio, en el capítulo 9.2 se pueden encontrar sus características y especificaciones más relevantes. En caso de utilizar un grupo electrógeno distinto al anteriormente mencionado será necesario elaborar un nuevo plan de mantenimiento a partir de las tareas y frecuencias que este requiera según sus características.

Para elaborar el plan de mantenimiento se han consultado los manuales correspondientes a los diferentes componentes del grupo electrógeno y se ha contactado con varias empresas mantenedoras españolas, las cuales desarrollan sus actividades de negocio en el sector servicios, así como con varios fabricantes de grupos electrógenos y repuestos.

A continuación, se van a describir las diferentes verificaciones y revisiones que se deben realizar como mantenimiento preventivo técnico legal del GEL. Las tareas de mantenimiento se han organizado en función de si se realizan sobre el GEL en general, sobre el motor a combustión o sobre el alternador:

1. Tareas para realizar en el GEL:

- Inspección visual general:

Se debe realizar una inspección rápida de los elementos principales del GEL con el fin de buscar componentes en mal estado, fugas, roturas, etc.

- Verificar estado del panel de control:

Se debe revisar que el panel de control se encuentre operativo y en perfecto estado, inspección visual de los fusibles.

- Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales:

- Se debe comprobar con el equipo en funcionamiento la ausencia de ruidos extraños o vibraciones que puedan indicar que algún componente está fallando.
- Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas:
Se debe revisar que los elementos de seguridad como protecciones de partes calientes y elementos móviles y el interruptor de parada de emergencia se encuentran en perfecto estado además de verificar que las alarmas, sensores y testigos se encuentran operativos.
 - Verificar ausencia de fugas:
Se debe revisar que las distintas partes del GEL no presenten pérdidas de líquidos haciendo hincapié en los manguitos, tuberías y conexiones.
 - Comprobar funcionamiento general:
Con el GEL en funcionamiento, primero sin carga y posteriormente aplicando cargas progresivas, se deben observar los parámetros de salida como tensión y frecuencia además de examinar si existen derivaciones y se encuentra correctamente aislado. También se debe comprobar el AVR, probar las distintas funciones y realizar ensayos de transferencia.
 - Verificar el estado de las baterías:
Se debe comprobar con un multímetro que las baterías están funcionando dentro de los parámetros demandados por la instalación eléctrica y componentes del GEL.
 - Verificar el estado del cableado y conexiones:
Se debe comprobar que todas las conexiones están protegidas, conectadas correctamente y en perfecto estado, además se debe verificar que los cables no presentan roturas o imperfecciones.
 - Limpieza general:
Mediante aire a presión, detergente y agua, se debe eliminar la suciedad y polvo acumulados sobre las distintas partes del GEL y habitáculo.
 - Verificar los pares de apriete:
Se debe comprobar que los tornillos, espárragos y tuercas del GEL mantienen el par de apriete recomendado, en caso de encontrar una variación ajustarlo y si se repite buscar el fallo.
 - Sustitución de baterías.
 - Sustitución silentblocks y tacos antivibración.

2. Tareas para realizar en el motor a combustión:

- Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario:

Se debe revisar que el nivel de aceite se encuentre entre los límites establecidos por el fabricante para asegurar una lubricación óptima. En caso de encontrar este nivel por debajo del recomendado se debe añadir aceite.

- Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario:

Se debe revisar que el nivel de refrigerante se encuentre entre los límites establecidos por el fabricante para asegurar una refrigeración óptima. En caso de encontrar este nivel por debajo del recomendado se debe añadir refrigerante.

- Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión:

Se debe comprobar que los indicadores de temperatura y presión funcionen correctamente y las mediciones se encuentren entre las establecidas como óptimas por el fabricante.

- Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa:

Se debe desmontar la carcasa del filtro de aire y el filtro de aire con el fin de eliminar la suciedad acumulada, prolongando así la vida útil del filtro y previniendo posibles obstrucciones del sistema de admisión. Para ello se empleará aire a presión, detergente industrial y agua.

- Drenado de agua del prefiltro de combustible.

- Drenado de agua del depósito combustible.

- Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles:

Se debe retirar la grasa antigua (degradada y contaminada) en la medida que sea posible y agregar grasa nueva.

- Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter:

Se debe comprobar que el filtro no se encuentre en mal estado (obstruido o roto).

- Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario:

Se debe comprobar que la correa no presente imperfecciones, roturas o desgaste excesivo y tensar en caso de no tener la tensión adecuada.

- Revisar el estado del sistema de escape:

Se debe comprobar que el sistema de escape no tenga fugas ni fisuras y verificar la coloración y el olor de los gases que emita, en función de estos se pueden identificar muchos problemas como la mala combustión, quema de aceite o agua.

- Inspección visual del turbocompresor:

Se debe inspeccionar con el fin de buscar posibles fugas, zonas que han sufrido sobrecalentamientos y holguras no deseadas.

- Limpieza del radiador de refrigeración:

Se debe eliminar el polvo con aire a presión, aplicar un lavado con detergente industrial para reblandecer y eliminar la suciedad adherida, un aclarado con agua para eliminar los restos de detergente y un secado con aire a presión.

- Sustitución del aceite.
- Sustitución del filtro de aceite.
- Sustitución del prefiltro de combustible.
- Sustitución filtro de combustible.
- Sustitución correa del ventilador.
- Sustitución filtro de aire.
- Sustitución correa de accesorios.
- Comprobación alternador:

Se debe realizar una inspección visual del alternador y comprobar los parámetros de funcionamiento con un multímetro.

- Sustitución filtro ventilación del cárter.
- Ajuste de válvulas:

Se debe desmontar la tapa de balancines y acceder a al sistema de balancines donde se procederá a revisar empujadores, válvulas y guías para posteriormente ajustar la holgura que puedan tener. De esta manera se asegura un rendimiento óptimo del motor y se previenen fallos ocasionadas por descompensación o un exceso de apertura o cierre de las válvulas.

- Inspección y limpieza del sistema de inyección:

Se debe desmontar el sistema de admisión e inyección, limpiar los distintos componentes y comprobar su estado y funcionamiento. Muy importante para asegurar un rendimiento óptimo y prevenir fallos por acumulación de carbonilla y suciedad.

- Sustitución del refrigerante.

3. Tareas para realizar en el alternador:

- Revisar temperaturas de funcionamiento:

Se debe comprobar que los indicadores funcionan correctamente y verificar que el alternador se encuentra trabajando dentro de los rangos establecidos.

- Verificar parámetros de funcionamiento:
Se debe comprobar que el alternador está funcionando dentro de los parámetros establecidos y se encuentra produciendo energía eléctrica según sus especificaciones.
- Verificar ventilación:
Se debe comprobar que el sistema de ventilación no presente desperfectos, tenga flujo de aire y no se encuentra obstruido.
- Limpieza ventilación:
Se debe desmontar el sistema de ventilación del alternador, soplarlo con aire a presión y lavar con detergente y agua las partes que lo permitan.
- Revisar devanados:
Se debe comprobar que los devanados del alternador no presenten desperfectos, cortocircuitos o fugas de corriente.
- Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos:
Se debe comprobar que los rodamientos y cojinetes se encuentren en perfecto estado. Para ello, se comprueba que no presenten desgaste excesivo o roturas, que la holgura no sea excesiva y giren con facilidad. Una vez se verifica, se procede a engrasar todos ellos.
- Sustituir cojinetes y rodamientos.
- Sustitución de diodos y varistores.
- Sustituir el calentador anticondensación.

Una vez se han establecido y definido las tareas necesarias para realizar un mantenimiento preventivo adecuado en el GEL es necesario establecer la periodicidad o frecuencia necesaria para cada una de ellas.

Las tareas se pueden realizar en función del número de horas de uso del GEL o en función del tiempo transcurrido desde la última vez que se realizó, independientemente de su uso. Estas frecuencias vienen indicadas junto con las tareas a realizar en la siguiente tabla que compone el plan de mantenimiento para el GEL escogido:

		FRECUENCIA											
OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO		DIARIA	150h o 6 meses	300h o 6 meses	600h o 1 año	1200h o 2 años	1200h o 3 años	1800h o 1 año	2400h	3000h o 2 años	4000h o 6 meses	10000h o 4 años	30000h o 5 años
Grupo Electrónico													
1	Inspección visual general	✓											
2	Verificar estado del panel de control	✓											
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	✓											
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	✓											
5	Verificar ausencia de fugas		✓*										
6	Comprobar funcionamiento general			✓									
7	Verificar el estado de las baterías			✓									
8	Verificar el estado del cableado y conexiones			✓*									
9	Limpieza general				✓								
10	Verificar los pares de apriete				✓**								
11	Sustitución de baterías												✓
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración												✓
Motor													
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	✓											
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	✓											
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	✓											
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa		✓										
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible		✓										
18	Drenado de agua del depósito combustible		✓										
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles			✓**									
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter			✓									
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario			✓*									
22	Revisar el estado del sistema de escape			✓									
23	Inspección visual del turbocompresor			✓*									
24	Limpieza del radiador de refrigeración			✓									
25	Sustitución del aceite				✓**								
26	Sustitución del filtro de aceite				✓**								
27	Sustitución del prefiltro de combustible				✓								
28	Sustitución filtro de combustible				✓								
29	Sustitución correa del ventilador				✓								
30	Sustitución filtro de aire					✓							
31	Sustitución correa de accesorios						✓						
32	Comprobación alternador							✓					
33	Sustitución filtro ventilación del cárter							✓					
34	Ajuste de válvulas								✓***				
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección									✓			
36	Sustitución del refrigerante									✓			
Alternador													
37	Revisar temperaturas de funcionamiento	✓											
38	Verificar parámetros de funcionamiento	✓											
39	Verificar ventilación	✓											
40	Limpieza ventilación			✓									
41	Revisar devanados										✓**		
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos										✓**		
43	Sustituir cojinetes y rodamientos											✓	
44	Sustitución diodos y varistores												✓
45	Sustituir calentador anticondensación												✓
		*Si el grupo electrógeno es nuevo verificar tras las primeras 50h											
		** Si el grupo electrógeno es nuevo realizar tras las primeras 150h											
		***Si el grupo electrógeno es nuevo realizar el primer ajuste a las 600h											

Tabla 1 Plan de mantenimiento preventivo GEL Himoina HFW600-T5. Fuente: Elaboración Propia.

9 DATOS BASE PARA EL ESTUDIO

Para realizar un correcto estudio de repuestos y mantenimiento es necesario conocer el contexto y aplicación de los grupos electrógenos.

Como base para la realización del estudio de repuestos, y el posterior plan y presupuesto de mantenimiento de los grupos electrógenos se han tenido en cuenta las siguientes hipótesis:

9.1 Datos del campamento

- Localización del Campamento: Herat, Afganistán.
- Duración del desplazamiento: 10 años, suponiendo que se realiza un plan de mantenimiento del año 2005 (cuando se creó la base) al año 2015 (año en el que cesaron muchas de las operaciones que allí tenían lugar y los militares que quedaron marcharon a la base de Qala-i-Naw).
- Tipo de campamento militar: Base aérea.
- Capacidad: 3.000 personas.
- Potencia requerida para suministrar energía a todo el campamento:

BASE HERAT		CANTIDAD	POTENCIA POR UNIDAD	POTENCIA TOTAL	POTENCIA DE LA ZONA
ZONA VIDA	TIENDAS TIPO DRASH	250	3,90 kVA	975,00 kVA	1.207,50 kVA
	CONTENEDORES	10	3,25 kVA	32,50 kVA	
	TIENDAS TIPO ARPA	10	19,50 kVA	195,00 kVA	
	EXTERIOR	20	0,25 kVA	5,00 kVA	
LAVANDERÍA	CONTENEDORES	7	3,25 kVA	22,75 kVA	23,25 kVA
	EXTERIOR	2	0,25 kVA	0,50 kVA	
MANDO	TIENDAS TIPO DRASH	15	3,90 kVA	58,50 kVA	76,25 kVA
	CONTENEDORES	5	3,25 kVA	16,25 kVA	
	EXTERIOR	6	0,25 kVA	1,50 kVA	
ALMACÉN	TIENDAS TIPO ARPA	8	19,50 kVA	156,00 kVA	173,50 kVA
	CONTENEDORES	5	3,25 kVA	16,25 kVA	
	EXTERIOR	5	0,25 kVA	1,25 kVA	
MANTENIMIENTO	TIENDAS TIPO ARPA	2	19,50 kVA	39,00 kVA	46,25 kVA
	CONTENEDORES	2	3,25 kVA	6,50 kVA	
	EXTERIOR	3	0,25 kVA	0,75 kVA	
CARBURANTES	TIENDAS TIPO ARPA	1	19,50 kVA	19,50 kVA	23,00 kVA
	CONTENEDORES	1	3,25 kVA	3,25 kVA	
	EXTERIOR	1	0,25 kVA	0,25 kVA	
POLVORÍN	TIENDAS TIPO ARPA	2	19,50 kVA	39,00 kVA	52,75 kVA
	CONTENEDORES	4	3,25 kVA	13,00 kVA	
	EXTERIOR	3	0,25 kVA	0,75 kVA	
DUCHAS Y BAÑOS	CONTENEDORES	25	3,25 kVA	81,25 kVA	83,25 kVA
	EXTERIOR	8	0,25 kVA	2,00 kVA	
COMEDOR Y COCINA	TIENDAS TIPO ARPA	4	19,50 kVA	78,00 kVA	124,25 kVA
	COCINA	1	45,00 kVA	45,00 kVA	
	EXTERIOR	5	0,25 kVA	1,25 kVA	
BOTIQUÍN	TIENDAS TIPO ARPA	4	19,50 kVA	78,00 kVA	144,50 kVA
	TIENDAS TIPO MODULAR	8	6,50 kVA	52,00 kVA	
	CONTENEDORES	4	3,25 kVA	13,00 kVA	
	EXTERIOR	6	0,25 kVA	1,50 kVA	
PUESTOS DE CONTROL	TIENDAS TIPO DRASH	15	3,90 kVA	58,50 kVA	76,25 kVA
	CONTENEDORES	5	3,25 kVA	16,25 kVA	
	EXTERIOR	6	0,25 kVA	1,50 kVA	
PERIMETRAL	TIENDAS TIPO DRASH	4	3,90 kVA	15,60 kVA	33,60 kVA
	CONTENEDORES	4	3,25 kVA	13,00 kVA	
	EXTERIOR	20	0,25 kVA	5,00 kVA	
POTENCIA TOTAL REQUERIDA					2.064,35 kVA

Tabla 2 Potencia requerida en el campamento. Fuente: Elaboración propia

La potencia total requerida en momento de máxima demanda es de 2064,35 kVA. El cálculo de la potencia total requerida se ha obtenido a partir de datos aportados por el Regimiento de Especialidades de Ingenieros Nº 11 del Ejército de Tierra. Estos datos son los que utilizan para poder montar un campamento tipo en una base de operaciones militares.

Debido a que generalmente no todos los sistemas que requieren de energía eléctrica se encuentran conectados a la vez, se realiza una estimación por simultaneidad aplicando factores de corrección a la potencia total requerida y queda reflejado en la siguiente tabla:

POTENCIA MÁXIMA REQUERIDA	% CORRECCIÓN DÍA	% CORRECCIÓN NOCHE	POTENCIA REAL REQUERIDA DÍA	POTENCIA REAL REQUERIDA NOCHE
2.064,35 kVA	75-85%	60-70%	1.548,26-1.754,64 kVA	1.238,61-1.445,05 kVA

Tabla 3 Potencia requerida con ajuste por simultaneidad. Elaboración propia [72]

9.2 Características del grupo electrógeno

Para cumplir con el abastecimiento requerido se ha elegido el modelo de generador HIMOINSA HFW-600 T5 de 600 kVA. Se trata de un generador turbodiésel, refrigerado por agua, trifásico e insonorizado que cumple con las especificaciones necesarias para rendir en un campamento militar.

La empresa Himoinsa cuenta con el certificado de calidad ISO 9001 y sus grupos electrógenos cumplen con el marcado CE que incluye las siguientes directivas:

- 2006/42/CE Seguridad de Máquinas.
- 2014/30/UE de Compatibilidad Electromagnética.
- 2014/35/UE material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.
- 2000/14/CE Emisiones Sonoras de Máquinas de uso al aire libre (modificada por 2005/88/CE).
- EN 12100, EN 13857, EN 60204.

Este grupo electrógeno cuenta con un rendimiento "Clase G2" de acuerdo con el ensayo de impactos de carga según norma ISO 8528-5:2018.

A continuación, se adjuntan las características técnicas proporcionadas por el fabricante que se han tenido en cuenta para el estudio:

HIMOINSA
A YANMAR COMPANY

HFW-600 T5
GAMA INDUSTRIAL
Powered by FPT_IVECO



SERVICIO		PRP	ESP
POTENCIA	kVA	598	657
POTENCIA	kW	478	525
RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO	r.p.m.	1.500	
TENSIÓN PRINCIPAL	V	400/230	
TENSIONES DISPONIBLES	V	200/115 - 230 V (t)	
FACTOR DE POTENCIA	Cos Phi	0,8	

Ilustración 72 Grupo electrógeno HIMOINSA HFW-600 T5 especificaciones generales [65]

Prime Power (PRP): De acuerdo con la norma ISO 8528-1:2018, es la máxima potencia disponible para uso con cargas variables por un número ilimitado de horas al año, siempre y cuando se respeten los intervalos de mantenimiento indicados por el fabricante y las condiciones ambientales especificadas por este. Durante un periodo de 24 horas, la potencia media consumida no debe exceder el 70% de la PRP.

Emergency Standby Power (ESP): Según la norma ISO 8528-1:2018, es la máxima potencia disponible para uso con cargas variables durante interrupciones de la red eléctrica o en condiciones de prueba, limitado a 200 horas al año, respetando los intervalos de mantenimiento y las condiciones ambientales indicadas por el fabricante. Durante un periodo de 24 horas, la potencia media consumida no debe superar el 70% de la ESP.



Especificaciones de Motor | 1.500 r.p.m.

Potencia Nominal (PRP)	kW	504
Potencia Nominal (ESP)	kW	556
Fabricante	FPT_IVECO	
Modelo	CR16 TE1W	
Tipo de Motor	Diesel 4 tiempos	
Tipo de Inyección	Directa	
Tipo aspiración	Turboalimentado y post-enfriado	
Cilindros, número y disposición	6-L	
Diámetro x Carrera	mm	141 x 170
Cilindrada total	L	15,9
Sistema de refrigeración	Líquido (agua + 50% glicol)	
Especificaciones del aceite motor	ACEA E3 - E5	
Relación de compresión	16,5:1	

Consumo máximo de aceite a plena carga	0,2 % del consumo de combustible	
Capacidad total de aceite (incluido tubos, filtros)	L	38
Cantidad total de líquido refrigerante	L	66,5
Calor evacuado por el refrigerante	kW	200
Regulador	Tipo	Electrónico
Filtro de Aire	Tipo	Seco



- Motor diesel
- 4 tiempos
- Refrigerado por agua
- Arranque eléctrico 24V
- Filtro decantador (nivel no visible)
- Filtro de aire en seco
- Radiador con ventilador soplante
- Sensor de nivel agua radiador
- Bulbos de ATA
- Bulbos de BPA
- Regulación electrónica
- Protecciones de partes calientes
- Protecciones de partes móviles

Ilustración 73 Grupo electrógeno HIMOinsa HFW-600 T5 especificaciones motor [65]

Las condiciones ambientales de referencia siguen la norma ISO 8528-1:2018: 1000 mbar, 25°C, 30% humedad relativa.



Especificaciones Alternador | STAMFORD

Fabricante	STAMFORD	
Modelo	HCI544E	
Polos	Nº	4
Tipo de conexión (estándar)	Estrella - Serie	
Tipo de acoplamiento	S-1 14"	
Grado de protección aislamiento	Clase	Clase H

Grado de protección mecánica (según IEC-34-5)	IP23	
Sistema de excitación	Autoexcitado, sin escobillas	
Regulador de tensión	A.V.R. (Electrónico)	
Tipo de soporte	Monopalier	
Sistema de acoplamiento	Disco Flexible	
Tipo de recubrimiento	Estándar (Impregnación en vacío)	

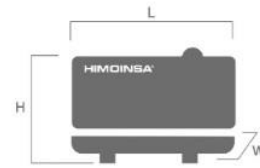


- Autoexcitado y autorregulado
- 4 polos
- Regulación AVR
- Protección IP23
- Aislamiento clase H
- Monopalier
- Acoplamiento mediante discos flexibles

Ilustración 74 Grupo electrógeno HIMOinsa HFW-600 T5 especificaciones alternador [65]

DIMENSIONES Y PESO

		Versión Estandar	Versión Gran Capacidad
Largo (L)	mm	4500	4500
Alto (H)	mm	2340	2740
Ancho (W)	mm	1800	1800
Volumen de embalaje máximo	m³	18,95	22,19
Peso con líquidos en radiador y cárter	Kg	5305	5916
Capacidad del depósito	L	740	2000
Autonomía (70% PRP)	Horas	9	25
Autonomía (100% PRP)	Horas	6	17
		Depósito de acero	Depósito de acero



PRESIÓN SONORA

Nivel de presión sonora	dB(A)@7m	79 ± 2,4
-------------------------	----------	----------

DATOS DE INSTALACIÓN

SISTEMA DE ESCAPE

Máx. temperatura gas de escape	°C	557
Máxima contrapresión aceptable	kPa	7
Diámetro exterior salida escape	mm	160
Calor Evacuado por el escape	kW	378

CANTIDAD DE AIRE NECESARIA

Máximo caudal de aire necesario para la combustión	m³/h	2630
Caudal de aire ventilador motor	m³/s	10,53
Caudal aire ventilador alternador	m³/s	1,035

CONSUMO COMBUSTIBLE

Consumo combustible ESP	l/h	128,6
Consumo combustible 100 % PRP	l/h	115,12
Consumo combustible 70 % PRP	l/h	80,82
Consumo combustible 50 % PRP	l/h	58,49

SISTEMA DE COMBUSTIBLE

Tipo de combustible		Diésel
Depósito combustible	L	740
Otras capacidades de depósito de combustible	L	2.000

SISTEMA DE PUESTA EN MARCHA

Potencia de arranque	kW	5,5
Potencia de arranque	CV	7,48
Batería recomendada	Ah	185
Tensión Auxiliar	Vcc	24

Ilustración 75 Dimensiones e información técnica Himoinsa HFW-600 T5 [65]

La versión escogida es la de gran capacidad (depósito de 2000 litros) lo que permite trabajando con una carga media del 70% a razón de 80,82 L/h funcionar durante 24,74 horas, es decir, aumenta el intervalo entre repostajes y son capaces de superar el día completo de trabajo.

9.3 Instalación particular de los Grupos Electrógenos y condiciones de uso

En este capítulo se detallan los factores para tener en cuenta a la hora de realizar la instalación de los grupos electrógenos y sus condiciones de uso.

9.3.1 Factor corrección de potencia

A la hora de dimensionar una instalación es importante tener en cuenta si hay que aplicar algún factor corrector de potencia en función de la altitud y temperatura en la que operan los grupos electrógenos, debido a que afectan directamente al rendimiento de estos, esta disminución se conoce como “derating” o “desclasificación de potencia”. A mayor altura, menor será la presión y la cantidad

de oxígeno contenida en el aire, y a mayor temperatura, peor será la capacidad de refrigeración y de combustión debido a las temperaturas del combustible y del aire. Los fabricantes aseguran mantener la capacidad de los grupos electrógenos hasta los 1.000 metros por encima del nivel del mar, y 40°C de temperatura ambiente. En los casos que se superen estas cifras se deben aplicar los siguientes factores de corrección:

- 3% en el motor de combustión por cada 500 metros.
- 3% en el motor de combustión por cada 10°C.
- 3% en el alternador por cada 500 metros.
- 3% en el alternador por cada 5°C.

En el caso de estudio, Herat se encuentra a 960 metros de altura y las temperaturas medias no exceden de 38°C como se puede observar en la siguiente tabla obtenida de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica, NOAA:

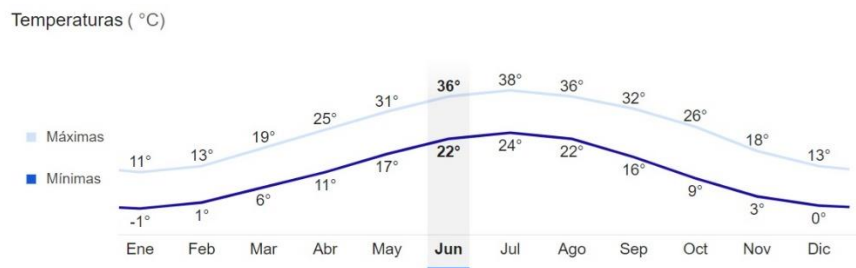


Ilustración 76 Temperaturas medias ciudad de Herat según NOAA [73]

Al no exceder la altura ni la temperatura, no se aplica ningún factor de corrección para el rendimiento de los grupos electrógenos.

9.3.2 Número de grupos electrógenos y funcionamiento

Para poder calcular el número de grupos electrógenos necesarios a la hora de abastecer una instalación es necesario dividir la potencia máxima requerida por los sistemas, entre la potencia máxima que es capaz de generar cada GEL. La potencia máxima requerida es de 2.064,35 kVA (Tabla 2) y la potencia máxima generada por GEL es de 598 kVA (Ilustración 72). La expresión utilizada es la siguiente:

$$\frac{\text{Potencia máxima requerida}}{\text{Potencia máxima GEL}} = \text{Nº de GEL necesarios}$$

En el caso de estudio el resultado sería $2.064,35 \text{ kVA} / 598 \text{ kVA} = 3,45 \text{ GEL} \sim$

4GEL.

Como no se puede partir un grupo electrógeno se necesitarán 4 unidades. Podrían utilizarse grupos electrógenos de otras capacidades para ajustar más el cálculo y evitar que sobre potencia, pero estaríamos limitando la capacidad y confiabilidad de la instalación, es recomendable contar con cierto margen, es decir, sobredimensionar.

Para calcular la potencia máxima que se puede suministrar es necesario seguir la siguiente expresión:

$$N^{\circ} \text{ de GEL} \times \text{Potencia máxima de cada GEL} = \text{Potencia máxima generada}$$

Las cuatro unidades de potencia principal son capaces de aportar una potencia máxima de $598 \text{ kVA/unidad} \times 4 \text{ unidades} = 2.392 \text{ kVA}$.

Finalmente, para el abastecimiento de la potencia requerida por la base militar se utilizan seis grupos electrógenos funcionando en modo isla, es decir, aislados de la red de suministro eléctrico nacional o local. Cuatro GEL son de uso continuo como potencia principal y dos de reserva o emergencia (Las Fuerzas Armadas suelen estimar una reserva del 50% adicional).

La potencia principal se suministra por medio de dos bloques formados cada uno por dos grupos electrógenos Himoina HFW-600 T5 conectados en paralelo por medio de un controlador.

La conexión en paralelo permite sincronizar hasta ocho grupos electrógenos para proporcionar en conjunto la potencia requerida. Se establece un sistema de “Maestro-Esclavo” por medio de un controlador mediante el cual se determina la prioridad de funcionamiento de los grupos electrógenos. Cuando la demanda en el grupo electrógeno de mayor prioridad (Maestro) supere el 80% de la capacidad máxima, el siguiente de menor prioridad (Esclavo) arranca y se reparten la generación de potencia demandada en el momento, en el caso de que la potencia requerida disminuya el esclavo se apaga y el maestro pasa a asumir toda la carga. La conexión en paralelo ofrece importantes ventajas:

- Mayor flexibilidad debido a que se pueden instalar más o menos grupos electrógenos en función de la demanda que se tenga.

- Mayor fiabilidad ya que en caso de avería de algún grupo electrógeno se puede mantener el suministro esencial repartiendo la carga entre los otros grupos electrógenos operativos.
- Facilidad de mantenimiento debido a que se puede realizar el mantenimiento de un GEL manteniendo el suministro eléctrico con las otras unidades.
- Mejora en rendimiento ya que se pueden utilizar grupos electrógenos de menor capacidad y optimizar el consumo de combustible.

En el caso de estudio, los cuatro GEL de uso continuo como potencia principal siempre estarán funcionando (a excepción de momentos de avería, repostaje, mantenimiento, etc.) y es debido a que los maestros de ambos bloques siempre tendrán una carga superior al 80%. Para obtener este porcentaje se divide el mínimo de potencia real requerida de día y de noche entre la potencia máxima generada por los GEL maestros, en ambos casos es superior al 80% que generan los maestros y se reparte la carga con los esclavos. Se debe seguir la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Mínimo de potencia real requerida}}{\text{Potencia máx generada GEL} \times \text{Nº GEL maestros}} \times 100 = \% \text{ carga GEL maestros}$$

De la tabla 3 extraemos la potencia real mínima requerida de noche (1.238,61 kVA) y de día (1.548,26 kVA). GEL maestros hay dos, uno por bloque de potencia principal.

El resultado para la noche es $\boxed{1.238,61 \text{ kVA} / (598 \text{ kVA} \times 2) \times 100 = 103,56\%}$.

El resultado para el día es $\boxed{1.548,26 \text{ kVA} / (598 \text{ kVA} \times 2) \times 100 = 129,45\%}$.

Se puede comprobar que en ambos casos se supera con creces el 80% por lo que las cargas se reparten entre maestros y esclavos.

Para calcular la carga de cada grupo electrógeno será necesario dividir las potencias reales máximas y mínimas que son requeridas de noche y de día entre la potencia máxima que son capaces de generar los grupos electrógenos y multiplicarlo por cien. La expresión sería la siguiente:

$$\frac{\text{Potencia real requerida}}{\text{Potencia máxima generada por los GEL}} \times 100 = \% \text{ carga de cada GEL}$$

El resultado para la carga mínima de día es $1.548,26 \text{ kVA} / 2.400 \text{ kVA} \times 100 = 64,51\%$.

El resultado para la carga máxima de día es $1.754,64 \text{ kVA} / 2.400 \text{ kVA} \times 100 = 73,11\%$.

El resultado para la carga mínima de noche es $1.238,61 \text{ kVA} / 2.400 \text{ kVA} \times 100 = 51,78\%$.

El resultado para la carga máxima de noche es $1.445,05 \text{ kVA} / 2.400 \text{ kVA} \times 100 = 60,41\%$.

La siguiente tabla muestra la proporción de carga de cada GEL al repartirse la carga entre los maestros y esclavos:

POTENCIA MÁXIMA GENERADA	% CARGA GEL DÍA	% CARGA GEL NOCHE
2.392 kVA	64,51-73,11%	51,78-60,41%

Tabla 4 Porcentaje de carga de cada GEL a lo largo del día. Elaboración propia [72]

Se puede apreciar que siempre trabajarán por encima del 50% evitando así problemas derivados de trabajar a bajas cargas como se explica en el capítulo 9.3.3.

La potencia de emergencia se suministra por medio de dos grupos electrógenos Himoina HFW-600 T5 que podrán funcionar en paralelo en caso de necesitar mayor potencia o en modo emergencia por medio de un ATS que detecta cuando existe alguna interrupción en el suministro de energía eléctrica y activa la puesta en marcha. Los grupos electrógenos en modo emergencia no pueden trabajar en paralelo por lo que en los momentos de alta demanda energética donde se supere el 80% de carga para los grupos de potencia principal el operario cambia el modo de funcionamiento de emergencia a paralelo y suministran energía como los grupos de potencia principal.

9.3.3 Sobredimensionamiento de la instalación

Las instalaciones se sobredimensionan para asegurar el suministro eléctrico en situaciones extraordinarias y evitar sobrecargar los equipos. Sobredimensionar tiene un límite, hacerlo en exceso puede conllevar costes innecesarios que nunca se

lleguen a amortizar e incluso provocar situaciones que perjudiquen el funcionamiento y la vida útil de los grupos electrógenos como puede ser el funcionamiento a baja carga (menor a un 50%) en donde se favorece el “Wet Stacking” o apilamiento húmedo.

La norma es sobredimensionar una instalación entre un 10 y un 20%, son cifras que permiten cierto margen operativo sin disparar los costes en exceso.

Dividir la potencia máxima que pueden aportar los grupos electrógenos entre la máxima requerida por el campamento y multiplicar el resultado por cien dará como resultado el dimensionamiento de la instalación. Sigue la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Potencia máxima GEL}}{\text{Potencia máxima requerida}} \times 100 = \text{Dimensión instalación}$$

El resultado para caso de estudio es $2.392 \text{ kVA} / 2.064,35 \text{ kVA} \times 100 = 115,87\%$.

El 100% simboliza que la potencia requerida por la base militar está cubierta, el restante es sobredimensionamiento y sería el resultado de la resta. El resultado para el caso de estudio es $116,06\% - 100\% = 15,87\%$.

9.3.4 Ubicación de los grupos electrógenos

Los grupos electrógenos se sitúan de tal forma que no se encuentren en una zona muy transcurrida de la base militar para evitar que la contaminación acústica y de los gases de escape afecten al personal y refugiados. Además, en las zonas más aisladas y menos transcurridas hay menos acumulación de polvo y contaminantes y los grupos cuentan con un aire más limpio. La ubicación a su vez tendrá fácil acceso y espacio suficiente para poder realizar el mantenimiento, reparación y repostaje de los grupos electrógenos de manera cómoda y eficiente. Es importante que el recinto quede cercado para asegurar la instalación y evitar accidentes.

Cada grupo ocupa 4,5 metros de largo y 1,8 metros de ancho. Se colocan los grupos electrógenos en paralelo unos a otros con una separación de 1,2 metros por su lado más largo y el lado más largo colindante de los GEL en los extremos con el cercado a 1,5 metros, así se tiene espacio suficiente para poder realizar las labores de mantenimiento y reparación de manera adecuada además de favorecer la ventilación. A su vez, se separa del cercado en 1,5 metros por uno de los lados más cortos y en 4 metros por el otro para permitir el remolcaje y repostaje con camión. La medidas y superficies necesarias son entonces:

$$Largo = 1,8m \times 6 + 1,2m \times 5 + 1,5m \times 2 = 67,8m$$

$$Ancho = 4,5m + 4m + 1,5m = 10m$$

$$Superficie = 67,8m \times 10m = 678 m^2$$

En la siguiente ilustración se muestra un plano de la distribución de los GEL en la ubicación establecida dentro de la base militar y sus dimensiones:

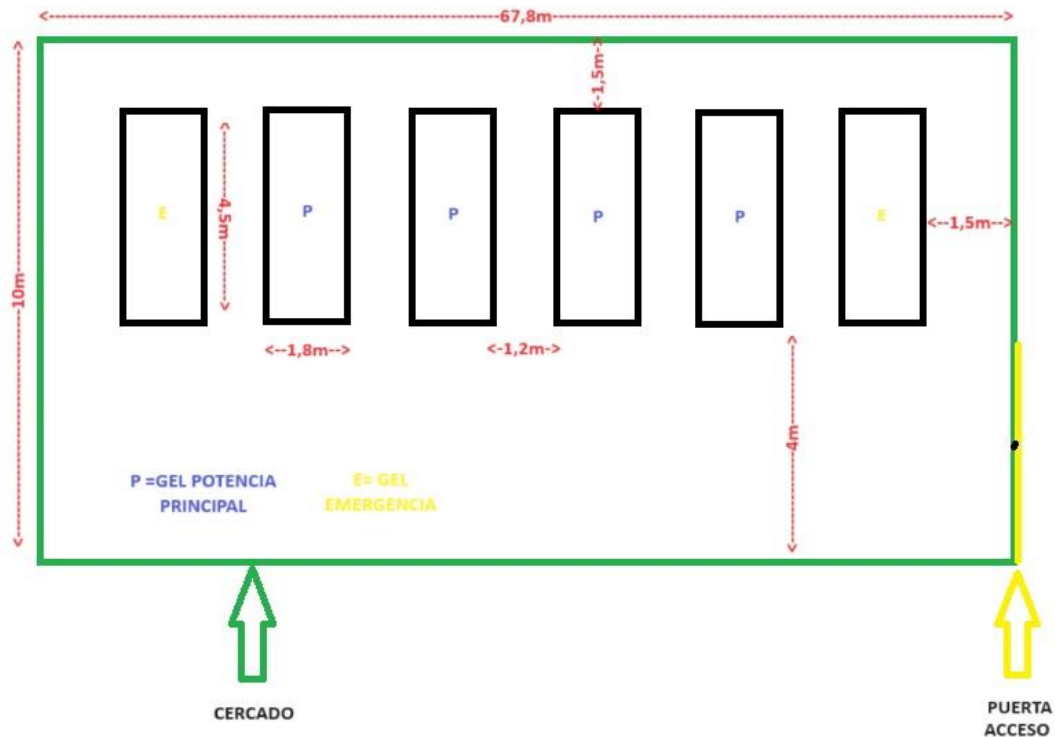


Ilustración 77 Plano ubicación de la instalación de los GEL. Elaboración propia [72]

9.3.5 Tiempo de funcionamiento de los grupos electrógenos

Se estiman 23 horas de funcionamiento diario para los GEL de uso continuo como potencia principal, y 2 horas y 10 minutos para los GEL de emergencia.

En la siguiente tabla se recogen los tiempos estimados para los grupos electrógenos de uso continuo:

GEL USO CONTINUO	
MATENIMIENTO	0:20
REPOSTAJES	0:10
DESCANSO Y ENFRIAMIENTO	0:15
AVERIAS E IMPREVISTOS	0:15
TIEMPO USO TOTAL	23:00
TIEMPO LIBRE TOTAL	1:00

Ilustración 78 Tiempos estimados GEL uso continuo. Fuente: Elaboración propia [72]

En la siguiente tabla se recogen los tiempos estimados para los grupos electrógenos de emergencia:

GEL EMERGENCIA	
MATENIMIENTO	0:40
REPOSTAJES	0:20
DESCANSO Y ENFRIAMIENTO	0:30
AVERIAS E IMPREVISTOS	0:30
POTENCIA ADICIONAL	0:10
TIEMPO USO TOTAL	2:10
TIEMPO LIBRE TOTAL	21:50

Ilustración 79 Tiempos estimados GEL emergencia. Fuente: Elaboración propia [72]

Según estas estimaciones los grupos electrógenos de uso continuo funcionarán anualmente 8.395 horas y los de emergencia 790,83 horas.

9.4 IPC

El índice de precios de consumo (IPC) mide la evolución de los precios de los bienes y servicios de consumo o, en otras palabras, mide el coste de vida. Es importante conocer que históricamente ha sido cambiante y ascendente con el paso del tiempo, por ello es recomendable hacer uso del índice en estudios de costes a futuro ya que proporcionará datos más ajustados a la realidad. Se debe analizar el IPC de los últimos años, extraer la media y aplicar el porcentaje que corresponda a los costes del estudio.

Según el instituto nacional de estadística la variación del índice en los últimos 20 años ha sido de un 53,7%.

Variación del Índice General Nacional según el sistema IPC base 2021 desde Enero de 2004 hasta Enero de 2024

Índice	Porcentaje(%)
Nacional	53,7

Ilustración 80 IPC últimos 20 años [101]

La media anual sería entonces $53,7\%/20\text{años} = 2,685\%$ y es la cifra que se aplicará en el estudio para estimar los costes anuales.

El porcentaje será 0 para el primer año del estudio ya que se cuenta con precios actualizados para el mismo año. En el caso de los años consecutivos el porcentaje se comienza a aplicar de manera acumulativa, es decir, cada año se incrementan los costes en un 2,685% adicional.

La siguiente tabla refleja el porcentaje a aplicar entre los diferentes años que dura el emplazamiento:

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
IPC ANUAL	0,000 %	2,685 %	5,370 %	8,055 %	10,740 %	13,425 %	16,110 %	18,795 %	21,480 %	24,165 %

Tabla 5 IPC aplicable a cada año del estudio. Fuente: Elaboración propia [72]

9.5 Plan de Mantenimiento adaptado al caso de estudio

Debido a las condiciones ambientales y de uso de los grupos electrógenos en campamentos militares (uso intensivo, polvo, tierra, etc.) y la ubicación, Afganistán (calidad del aire y combustible), es necesario realizar una adaptación del plan de mantenimiento planteado en la Tabla 1, reduciendo el tiempo entre cambio de aceite y de la mayoría de los filtros, con el fin de asegurar la confiabilidad del sistema y prolongar su vida útil.

		FRECUENCIA												
OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO		DIARIA	150h o 6 meses	300h o 6 meses	500h o 1 año	600h o 1 año	1000h o 2 años	1200h o 3 años	1800h o 1 año	2400h	3000h o 2 años	4000h o 6 meses	10000h o 4 años	30000h o 5 años
Grupo Electrógeno														
1	Inspección visual general	✓												
2	Verificar estado del panel de control	✓												
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	✓												
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	✓												
5	Verificar ausencia de fugas		✓ *											
6	Verificar el estado de las baterías			✓										
7	Comprobar funcionamiento general			✓										
8	Verificar el estado del cableado y conexiones			✓ *										
9	Limpieza general				✓									
10	Verificar los pares de apriete					✓ **								
11	Sustitución de baterías													✓
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración													✓
Motor														
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	✓												
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	✓												
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	✓												
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa		✓											
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible		✓											
18	Drenado de agua del depósito combustible		✓											
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles			✓ **										
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter			✓										
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario			✓ *										
22	Revisar el estado del sistema de escape			✓										
23	Inspección visual del turbocompresor			✓ *										
24	Limpieza del radiador de refrigeración			✓										
25	Sustitución del aceite				✓ **									
26	Sustitución del filtro de aceite				✓ **									
27	Sustitución del prefiltro de combustible				✓									
28	Sustitución filtro de combustible				✓									
29	Sustitución correa del ventilador					✓								
30	Sustitución filtro de aire						✓							
31	Sustitución correa de accesorios							✓						
32	Comprobación alternador								✓					
33	Sustitución filtro ventilación del cárter								✓					
34	Ajuste de válvulas									✓ ***				
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección										✓			
36	Sustitución del refrigerante										✓			
Alternador														
37	Revisar temperaturas de funcionamiento	✓												
38	Verificar parámetros de funcionamiento	✓												
39	Verificar ventilación	✓												
40	Limpieza ventilación			✓										
41	Revisar devanados											✓ **		
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos											✓ **		
43	Sustituir cojinetes y rodamientos												✓	
44	Sustitución diodos y varistores													✓
45	Sustituir calentador anticondensación													✓
*Si el grupo electrógeno es nuevo verificar tras las primeras 50h														
** Si el grupo electrógeno es nuevo realizar tras las primeras 150h														
***Si el grupo electrógeno es nuevo realizar el primer ajuste a las 600h														

Tabla 6 Plan de mantenimiento adaptado Himoina HFW600-T5. Fuente: Elaboración propia [72]

10 ESTUDIO DE REPUESTOS

El objetivo de este capítulo es conocer los repuestos y consumibles que necesitan los grupos electrógenos de un campamento militar durante el tiempo que vaya a estar operativo, así como los costes que estos suponen. La importancia del estudio se centra en optimizar los tiempos logísticos y de reparación o mantenimiento, planificar las tareas de mantenimiento necesarias, establecer el stock necesario y ahorrar en costes, lo que permitirá tener los equipos perfectamente mantenidos y proporcionar un suministro eléctrico de mayor calidad. En resumen, un estudio de repuestos se realiza para garantizar la disponibilidad y confiabilidad del sistema.

Para comprender y realizar el estudio de repuestos es preciso conocer los siguientes conceptos que se exponen a continuación:

- **MTBF:** es el acrónimo de las palabras inglesas Mean Time Between Failures, o tiempo medio entre fallos. El MTBF es el tiempo medio entre cada ocurrencia de una parada específica por fallo (o avería) de un proceso, o en otras palabras, la inversa de la frecuencia con que ocurre cada parada.
- **MTTF:** es el acrónimo de las palabras inglesas Medium Time To Repair, o tiempo medio hasta haber reparado la avería. Es decir, es el tiempo que se requiere para reparar un fallo en un cualquier tipo de maquinaria o sistema.
- **Repuesto:** conjunto de materiales y componentes que se encargan de sustituir en una maquina o sistema a los ya instalados cuando fallan o se llega al final de su vida útil.

Para poder realizar un estudio de repuestos de manera correcta es necesario conocer las variables que compondrán el resultado final:

10.1 Frecuencia operaciones de mantenimiento

El plan de mantenimiento planteado y recogido en la Tabla 6, marca la frecuencia con la que se debe realizar cada operación de mantenimiento para el caso de estudio.

10.2 Coste de repuestos

El coste unitario por repuesto queda reflejado en la siguiente tabla:

REPUESTO	PRECIO UNITARIO
FILTRO DE AIRE IVECO FPT CR16TE1W	115,43 €
FILTRO VENTILACIÓN DEL CÁRTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	62,99 €
FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	66,74 €
PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	29,96 €
FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFW	40,13 €
ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	4,59 €/L
IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	0,54 €/L
KIT TORNILLO + ARANDELA PARA CAMBIO ACEITE	2,38 €
JUNTA TAPA DE BALANCINES IVECO FPT CR16TE1W	23,76 €
REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	1,4 €/L
CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	44,67 €
CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFW	29,35 €
KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	346,78 €
CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	352,33 €
KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	798,47 €
KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	473,29 €
BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	228,99 €
GRASA KLUBER ASONIC GHY72	0,81 €/g
GRASA DE COBRE LIQUI MOLY 4081	0,094 €/g
FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,79 €/mL
DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	2,47 €/L

Tabla 7 Coste de los repuestos Himoinsa HFW-600 T5. Fuente: Elaboración propia [72]

Para obtener el coste de los repuestos reflejado en la Tabla 7, se ha contactado con diferentes fabricantes y proveedores con el objetivo de obtener estimaciones y referencias de precios reales, así como para obtener las opciones más económicas. Para ello, es necesario conocer el número de serie de la máquina a mantener o la referencia de los repuestos requeridos. Para obtener la referencia del repuesto se recomienda hacer uso de los manuales y despieces del fabricante o buscar la referencia en el repuesto actualmente instalado que se quiere reemplazar (la referencia suele venir grabada en el repuesto).

10.3 Repuestos necesarios por operación de mantenimiento

La siguiente tabla muestra la cantidad necesaria de cada repuesto, según la operación o tarea de mantenimiento que se realice:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	REPUESTO	CANTIDAD
	Grupo Electrónico		
1	Inspección visual general	-	-
2	Verificar estado del panel de control	-	-
3	Verificar ausencia de vibraciones anormales	-	-
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	-	-
5	Verificar ausencia de fugas	-	-
6	Verificar el estado de las baterías	-	-
7	Comprobar funcionamiento general	-	-
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	-	-
9	Limpieza general	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	4 L
10	Verificar los pares de apriete	-	-
11	Sustitución de baterías	BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	2 uds
		KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	1 uds
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	2 mL
	Motor		
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	0,016 L
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	0,0016 L
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	-	-
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	0,4 L
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,5 mL
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	-	-
18	Drenado de agua del depósito combustible	-	-
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	GRASA DE COBRE LIQUI MOLY	20 g
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,3 mL
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,3 mL
22	Revisar el estado del sistema de escape	-	-
23	Inspección visual del turbocompresor	-	-
24	Limpieza del radiador de refrigeración	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	0,4 L
		ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	38 L
25	Sustitución del aceite	IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	38 L
		KIT TORNILLO + ARANDELA PARA CAMBIO ACEITE	1 uds
26	Sustitución del filtro de aceite	FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	1 uds
27	Sustitución del prefiltro de combustible	PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	1 uds
28	Sustitución filtro de combustible	FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFW	1 uds
29	Sustitución correa del ventilador	CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFW	1 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,3 mL
30	Sustitución filtro de aire	FILTRO DE AIRE IVECO FPT CR16TE1W	1 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,5 mL
31	Sustitución correa de accesorios	CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	1 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,3 mL
32	Comprobación alternador	-	-
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	FILTRO VENTILACIÓN DEL CÁRTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	1 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,3 mL
34	Ajuste de válvulas	JUNTA TAPA DE BALANCINES IVECO FPT CR16TE1W	1 uds
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	1,5 L
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	4 mL
36	Sustitución del refrigerante	REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	66,5 L
	Alternador		
37	Revisar temperaturas de funcionamiento	-	-
38	Verificar parámetros de funcionamiento	-	-
39	Verificar ventilación	-	-
40	Limpieza ventilación	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	0,2 L
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,5 mL
41	Revisar devanados	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	1,5 mL
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	GRASA KLUBER ASONIC GHY72	30 g
		KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	1 uds
43	Sustituir cojinetes y rodamientos	GRASA KLUBER ASONIC GHY72	50 g
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	4 mL
44	Sustitución diodos y varistores	KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	1 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	1,5 mL
45	Sustituir calentador anticondensación	CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	1 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	1,5 mL

Tabla 8 Cantidad de repuestos necesarios en cada operación de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia [72]

Para las tareas 13 y 14 se calcula el consumo aceite y refrigerante en 0,2 y 0,02% respectivamente sobre el consumo de combustible. En la Ilustración 73, se puede observar como el fabricante indica que el consumo de aceite puede ser hasta un 0,2% del consumo de combustible. Para el caso del refrigerante se aplica un porcentaje 10 veces inferior ya que el consumo debe ser mínimo, si se sitúa por encima, es indicador de que algo está fallando. El consumo que se toma para el cálculo es 80,82 L/h trabajando a una media de un 70% de carga y viene indicado en la ilustración 75 junto con otras especificaciones del grupo electrógeno.

10.4 Número de grupos electrógenos a mantener y tipo de uso.

En el Capítulo 9.3.2 se encuentra recogida la información relativa a la cantidad de grupos electrógenos instalados, siendo estos 4 GEL de uso continuo como potencia principal y 2 GEL de emergencia.

Los 4 grupos electrógenos de uso continuo funcionarán una media de 23 horas al día, es decir, 8.395 horas anuales, aproximadamente. En este sentido, los 2 grupos electrógenos de emergencia funcionarán 2 horas y 10 minutos al día, 790,83 horas anuales.

Una vez conocidos estos factores se realiza el estudio de repuestos para conocer la demanda de repuestos y el coste que conllevará durante los distintos años que dura el emplazamiento.

El primer paso es conocer el número de veces que se realiza anualmente cada operación de mantenimiento. Para ello es necesario hacer uso de la frecuencia de operaciones del plan de mantenimiento (Tabla 6) y las condiciones de uso que se le dan a los grupos electrógenos para conocer el número de horas que funcionan anualmente. Según estas variables habrá operaciones de mantenimiento que se realicen por horas de uso, y otras que se realicen por el tiempo transcurrido, independientemente de su uso. Las tareas que tengan como indicativo, tanto horas de uso, como tiempo transcurrido, se realizarán en función de lo que ocurra antes.

Para obtener el número de operaciones de mantenimiento anuales realizadas por horas de uso, se divide el número de horas que funciona el grupo eléctrico anualmente entre el número de horas de uso recomendado entre operaciones y que viene marcado en el plan de mantenimiento. La expresión que se ha utilizado es la siguiente:

$$\begin{array}{c} \text{Nº de operaciones en un plazo determinado} \\ \\ = \\ \\ \frac{\text{Nº de horas de uso en el plazo a estudiar}}{\text{Nº de horas de uso establecido entre cada operación}} \end{array}$$

Para obtener el número de operaciones de mantenimiento anuales realizadas por tiempo transcurrido (independiente del uso) se divide 1 año entre el tiempo indicado para cada operación en el plan de mantenimiento. La expresión que se ha utilizado es la siguiente:

$$\begin{array}{c} N^{\circ} \text{ de operaciones en un plazo determinado} \\ \\ = \\ \\ \frac{\text{Tiempo transcurrido en el plazo a estudiar}}{\text{Tiempo transcurrido establecido entre cada operación}} \end{array}$$

Estos cálculos, en muchas ocasiones darán resultados decimales. Para su correcta aplicación, se debe tomar el número entero y acumular los decimales en las operaciones siguientes hasta sumar otra operación completa, es decir, un número entero adicional. El motivo de este procedimiento es porque una operación de mantenimiento no es posible realizarla “a medias”, sino que se realiza de forma completa en todos los casos. El número entero representa el número de operaciones completas que se han realizado y los decimales representan el porcentaje consumido hasta realizar la próxima operación.

En el caso de no saber si una operación se realiza por tiempo transcurrido o por horas de uso, no será problema, al realizar la división de los tiempos en ambos escenarios el número mayor indica el modo de operación y será el que se tome como valor

La siguiente tabla se ha recogido el número de operaciones de mantenimiento que se realizan anualmente para los grupos electrógenos de uso continuo:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA OPERATIVA	Nº DE OP AÑO 1	Nº DE OP AÑO 2	Nº DE OP AÑO 3	Nº DE OP AÑO 4	Nº DE OP AÑO 5	Nº DE OP AÑO 6	Nº DE OP AÑO 7	Nº DE OP AÑO 8	Nº DE OP AÑO 9	Nº DE OP AÑO 10	Nº DE OP TOTAL 10 AÑOS
Grupo Electrógeno													
1	Inspección visual general	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
2	Verificar estado del panel de control	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
5	Verificar ausencia de fugas	150h o 6 meses	55	56	56	56	56	56	56	56	56	56	559
6	Verificar el estado de las baterías	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
7	Comprobar funcionamiento general	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
9	Limpieza general	500h o 1 año	16	17	17	17	16	17	17	17	17	16	167
10	Verificar los pares de apriete	600h o 1 año	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	139
11	Sustitución de baterías	3000h o 5 años	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	3000h o 5 años	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
Motor													
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	150h o 6 meses	55	56	56	56	56	56	56	56	56	56	559
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	150h o 6 meses	55	56	56	56	56	56	56	56	56	56	559
18	Drenado de agua del depósito combustible	150h o 6 meses	55	56	56	56	56	56	56	56	56	56	559
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
22	Revisar el estado del sistema de escape	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
23	Inspección visual del turbocompresor	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
24	Limpieza del radiador de refrigeración	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
25	Sustitución del aceite	500h o 1 año	16	17	17	17	16	17	17	17	17	16	167
26	Sustitución del filtro de aceite	500h o 1 año	16	17	17	17	16	17	17	17	17	16	167
27	Sustitución del prefiltro de combustible	500h o 1 año	16	17	17	17	16	17	17	17	17	16	167
28	Sustitución filtro de combustible	500h o 1 año	16	17	17	17	16	17	17	17	17	16	167
29	Sustitución correa del ventilador	600h o 1 año	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	139
30	Sustitución filtro de aire	1000h o 1 año	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	83
31	Sustitución correa de accesorios	1200h o 3 años	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	69
32	Comprobación alternador	1800h o 1 año	4	5	4	5	5	4	5	5	4	5	46
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	1800h o 1 año	4	5	4	5	5	4	5	5	4	5	46
34	Ajuste de válvulas	2400h	3	3	4	3	4	3	4	3	4	3	34
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	3000h o 2 años	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2	27
36	Sustitución del refrigerante	3000h o 2 años	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2	27
Alternador													
37	Revisar temperaturas de funcionamiento	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
38	Verificar parámetros de funcionamiento	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
39	Verificar ventilación	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
40	Limpieza ventilación	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
41	Revisar devanados	4000h o 6 meses	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	4000h o 6 meses	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
43	Sustituir cojinetes y rodamientos	10000h o 4 años	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
44	Sustitución diodos y varistores	30000h o 5 años	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
45	Sustituir calentador anticondensación	30000h o 5 años	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2

Tabla 9 Nº de operaciones de mantenimiento anuales en el grupo eléctrico de uso continuo. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, en los grupos eléctricos de uso continuo todas las tareas se realizan por horas de uso y no por tiempo transcurrido.

En el caso de los grupos eléctricos de emergencia, hay operaciones que se harán por tiempo transcurrido y otras por horas de uso, por ello es necesario analizar esta tabla con más detalle, percibir que frecuencia corresponde realmente a cada operación según las condiciones de uso, y realizar los ajustes correspondientes recordando siempre que la norma es realizar la operación según la situación que ocurra antes. Será común encontrar este tipo de situaciones en grupos eléctricos de uso poco frecuente o discontinuo.

En la siguiente tabla se ha recogido la corrección de las tareas anuales de mantenimiento a realizar en los grupos eléctricos de emergencia, en base a lo anteriormente expuesto.

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA OPERATIVA	Nº DE OPERACIONES ANUALES POR HORAS DE USO	Nº DE OPERACIONES ANUALES POR TIEMPO TRANSCURRIDO	Nº DE OPERACIONES ANUALES CORREGIDO
Grupo Electrónico					
1	Inspección visual general	Diaria	365	365	365
2	Verificar estado del panel de control	Diaria	365	365	365
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	Diaria	365	365	365
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	Diaria	365	365	365
5	Verificar ausencia de fugas	150h o 6 meses	5,2722	2	5,2722
6	Verificar el estado de las baterías	300h o 6 meses	2,6361	2	2,6361
7	Comprobar funcionamiento general	300h o 6 meses	2,6361	2	2,6361
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	300h o 6 meses	2,6361	2	2,6361
9	Limpieza general	500h o 1 año	1,58166	1	1,58166
10	Verificar los pares de apriete	600h o 1 año	1,31805	1	1,31805
11	Sustitución de baterías	30000h o 5 años	0,026361	0,2	0,2
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	30000h o 5 años	0,026361	0,2	0,2
Motor					
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	Diaria	365	365	365
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	Diaria	365	365	365
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	Diaria	365	365	365
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	150h o 6 meses	5,2722	2	5,2722
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	150h o 6 meses	5,2722	2	5,2722
18	Drenado de agua del depósito combustible	150h o 6 meses	5,2722	2	5,2722
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	300h o 6 meses	2,6361	2	2,6361
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	300h o 6 meses	2,6361	2	2,6361
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	300h o 6 meses	2,6361	2	2,6361
22	Revisar el estado del sistema de escape	300h o 6 meses	2,6361	2	2,6361
23	Inspección visual del turbocompresor	300h o 6 meses	2,6361	2	2,6361
24	Limpieza del radiador de refrigeración	300h o 6 meses	2,6361	2	2,6361
25	Sustitución del aceite	500h o 1 año	1,58166	1	1,58166
26	Sustitución del filtro de aceite	500h o 1 año	1,58166	1	1,58166
27	Sustitución del prefiltro de combustible	500h o 1 año	1,58166	1	1,58166
28	Sustitución filtro de combustible	500h o 1 año	1,58166	1	1,58166
29	Sustitución correa del ventilador	600h o 1 año	1,31805	1	1,31805
30	Sustitución filtro de aire	1000h o 1 año	0,79083	1	1
31	Sustitución correa de accesorios	1200h o 3 años	0,659025	0,33	0,659025
32	Comprobación alternador	1800h o 1 año	0,43935	1	1
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	1800h o 1 año	0,43935	1	1
34	Ajuste de válvulas	2400h	0,3295125	-	0,3295125
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	3000h o 2 años	0,26361	0,5	0,5
36	Sustitución del refrigerante	3000h o 2 años	0,26361	0,5	0,5
Alternador					
37	Revisar temperaturas de funcionamiento	Diaria	365	365	365
38	Verificar parámetros de funcionamiento	Diaria	365	365	365
39	Verificar ventilación	Diaria	365	365	365
40	Limpieza ventilación	300h o 6 meses	2,6361	2	2,6361
41	Revisar devanados	4000h o 6 meses	0,1977075	2	2
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	4000h o 6 meses	0,1977075	2	2
43	Sustituir cojinetes y rodamientos	10000h o 4 años	0,079083	0,25	0,25
44	Sustitución diodos y varistores	30000h o 5 años	0,026361	0,2	0,2
45	Sustituir calentador anticondensación	30000h o 5 años	0,026361	0,2	0,2

Tabla 10 Corrección Nº de operaciones de mantenimiento anuales en GEL de emergencia. Fuente: Elaboración propia [72]

Consecuentemente, en la siguiente tabla, se muestra el número de operaciones de mantenimiento que se deben realizar anualmente para los grupos electrógenos de emergencia:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA OPERATIVA	Nº DE OP AÑO 1	Nº DE OP AÑO 2	Nº DE OP AÑO 3	Nº DE OP AÑO 4	Nº DE OP AÑO 5	Nº DE OP AÑO 6	Nº DE OP AÑO 7	Nº DE OP AÑO 8	Nº DE OP AÑO 9	Nº DE OP AÑO 10	Nº DE OP TOTAL 10 AÑOS
	Grupo Electrógeno												
1	Inspección visual general	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
2	Verificar estado del panel de control	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
5	Verificar ausencia de fugas	150h o 6 meses	5	5	5	6	5	5	5	6	5	5	52
6	Verificar el estado de las baterías	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
7	Comprobar funcionamiento general	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
9	Limpeza general	500h o 1 año	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	15
10	Verificar los pares de apriete	600h o 1 año	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	13
11	Sustitución de baterías	30000h o 5 años	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	30000h o 5 años	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
	Motor												
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	150h o 6 meses	5	5	5	6	5	5	5	6	5	5	52
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	150h o 6 meses	5	5	5	6	5	5	5	6	5	5	52
18	Drenado de agua del depósito combustible	150h o 6 meses	5	5	5	6	5	5	5	6	5	5	52
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
22	Revisar el estado del sistema de escape	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
23	Inspección visual del turbocompresor	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
24	Limpeza del radiador de refrigeración	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
25	Sustitución del aceite	500h o 1 año	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	15
26	Sustitución del filtro de aceite	500h o 1 año	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	15
27	Sustitución del prefiltro de combustible	500h o 1 año	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	15
28	Sustitución filtro de combustible	500h o 1 año	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	15
29	Sustitución correa del ventilador	600h o 1 año	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	13
30	Sustitución filtro de aire	1000h o 1 año	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
31	Sustitución correa de accesorios	1200h o 1 año	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	6
32	Comprobación alternador	1800h o 1 año	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	1800h o 1 año	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
34	Ajuste de válvulas	2400h	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	3000h o 2 años	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	5
36	Sustitución del refrigerante	3000h o 2 años	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	5
	Alternador												
37	Revisar temperaturas de funcionamiento	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
38	Verificar parámetros de funcionamiento	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
39	Verificar ventilación	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
40	Limpeza ventilación	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
41	Revisar devanados	4000h o 6 meses	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	4000h o 6 meses	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
43	Sustituir cojinetes y rodamientos	10000h o 4 años	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
44	Sustitución diodos y varistores	30000h o 5 años	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
45	Sustituir calentador anticóndensación	30000h o 5 años	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2

Tabla 11 Nº de operaciones de mantenimiento anuales en el grupo electrógeno de emergencia. Fuente: Elaboración propia [72]

Una vez se han obtenido el número de veces que se realiza cada operación de mantenimiento anualmente, se puede calcular la cantidad de repuestos que se necesitan anualmente para dichas operaciones. Para su cálculo es necesario multiplicar la cantidad de repuestos necesarios en cada operación de mantenimiento (Tabla 8) por el número de veces que se realiza cada operación de mantenimiento (Tablas 9 y 11) anualmente. La expresión utilizada es la siguiente:

$$\text{Cantidad de repuestos necesarios en un plazo determinado} = \text{Nº de repuestos necesarios por operación} \times \text{Nº de veces que se realiza en el plazo a estudiar}$$

La siguiente tabla muestra la cantidad anual de repuestos necesarios por operación de mantenimiento y el total en 10 años para cada grupo electrógeno de uso continuo:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	REPUESTO	CANTIDAD AÑO 1	CANTIDAD AÑO 2	CANTIDAD AÑO 3	CANTIDAD AÑO 4	CANTIDAD AÑO 5	CANTIDAD AÑO 6	CANTIDAD AÑO 7	CANTIDAD AÑO 8	CANTIDAD AÑO 9	CANTIDAD AÑO 10	CANTIDAD TOTAL 10 AÑOS
Grupo Electrógeno													
9	Limpieza general	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	64 L	68 L	68 L	68 L	64 L	68 L	68 L	68 L	68 L	64 L	668 L
11	Sustitución de baterías	BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	4 uds
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	2 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	4,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	4,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	8,0 mL
Motor													
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	ACEITE TOTAL OPTIMA 10W- 40 API C3-4/ACEA E9	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	58,40 L
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	5,840 L
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	22,0 L	22,4 L	22,4 L	22,4 L	22,4 L	22,4 L	22,4 L	22,4 L	22,4 L	22,4 L	223,6 L
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	16,5 mL	16,8 mL	16,8 mL	16,8 mL	16,8 mL	16,8 mL	16,8 mL	16,8 mL	16,8 mL	16,8 mL	16,8 mL
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	GRASA DE COBRE LIQUI MOLY 4081	540 g	560 g	560 g	560 g	560 g	560 g	560 g	560 g	560 g	560 g	5.580 g
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	8,1 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	83,7 mL
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	8,1 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	83,7 mL
24	Limpieza del radiador de refrigeración	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	10,8 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	111,6 L
25	Sustitución del aceite	ACEITE TOTAL OPTIMA 10W- 40 API C3-4/ACEA E9	608 L	646 L	646 L	646 L	608 L	646 L	646 L	646 L	646 L	608 L	6.346 L
		IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	608 L	646 L	646 L	646 L	608 L	646 L	646 L	646 L	646 L	608 L	6.346 L
		KIT TORNILLO + ARANDELA PARA CAMBIO ACEITE	16 uds	17 uds	17 uds	17 uds	16 uds	17 uds	17 uds	17 uds	17 uds	16 uds	167 uds
26	Sustitución del filtro de aceite	FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	16 uds	17 uds	17 uds	17 uds	16 uds	17 uds	17 uds	17 uds	17 uds	16 uds	167 uds
27	Sustitución del prefiltro de combustible	PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	16 uds	17 uds	17 uds	17 uds	16 uds	17 uds	17 uds	17 uds	17 uds	16 uds	167 uds
28	Sustitución filtro de combustible	FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFV	16 uds	17 uds	17 uds	17 uds	16 uds	17 uds	17 uds	17 uds	17 uds	16 uds	167 uds
29	Sustitución correa del ventilador	CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFV	13 uds	14 uds	14 uds	14 uds	14 uds	14 uds	14 uds	14 uds	14 uds	14 uds	139 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	3,9 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	41,7 mL
30	Sustitución filtro de aire	FILTRO DE AIRE IVECO FPT CR16TE1W	8 uds	8 uds	9 uds	8 uds	8 uds	9 uds	8 uds	9 uds	8 uds	8 uds	83 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	2,4 mL	2,4 mL	2,7 mL	2,4 mL	2,4 mL	2,7 mL	2,4 mL	2,7 mL	2,4 mL	2,4 mL	24,9 mL
31	Sustitución correa de accesorios	CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	6 uds	7 uds	7 uds	7 uds	7 uds	7 uds	7 uds	7 uds	7 uds	7 uds	69 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	1,8 mL	2,1 mL	2,1 mL	2,1 mL	2,1 mL	2,1 mL	2,1 mL	2,1 mL	2,1 mL	2,1 mL	20,7 mL
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	FILTRO VENTILACIÓN DEL CÁRTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	4 uds	5 uds	4 uds	5 uds	5 uds	4 uds	5 uds	5 uds	4 uds	5 uds	46 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	1,2 mL	1,5 mL	1,2 mL	1,5 mL	1,5 mL	1,2 mL	1,5 mL	1,5 mL	1,2 mL	1,5 mL	13,8 mL
34	Ajuste de válvulas	JUNTA TAPA DE BALANCINES IVECO FPT CR16TE1W	3 uds	3 uds	4 uds	3 uds	4 uds	3 uds	4 uds	3 uds	4 uds	3 uds	34 uds
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	3,0 L	4,5 L	4,5 L	4,5 L	3,0 L	4,5 L	4,5 L	4,5 L	4,5 L	3,0 L	40,5 L
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	8 mL	12 mL	12 mL	12 mL	8 mL	12 mL	12 mL	12 mL	12 mL	8 mL	108 mL
36	Sustitución del refrigerante	REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	133,0 L	199,5 L	199,5 L	199,5 L	133,0 L	199,5 L	199,5 L	199,5 L	199,5 L	133,0 L	1795,5 L
Alternador													
40	Limpieza ventilación	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	5,4 L	5,6 L	5,6 L	5,6 L	5,6 L	5,6 L	5,6 L	5,6 L	5,6 L	5,6 L	55,8 L
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	13,5 mL	14,0 mL	14,0 mL	14,0 mL	14,0 mL	14,0 mL	14,0 mL	14,0 mL	14,0 mL	14,0 mL	14,0 mL
41	Revisar devanados	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	3,0 mL	3,0 mL	3,0 mL	3,0 mL	3,0 mL	3,0 mL	3,0 mL	3,0 mL	3,0 mL	3,0 mL	30,0 mL
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	GRASA KLUBER ASONIC GHY72	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	600 g
43	Sustituir cojinetes y rodamientos	KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	0 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	0 uds	1 uds	1 uds	1 uds	8 uds
		GRASA KLUBER ASONIC GHY72	0 g	50 g	50 g	50 g	50 g	50 g	0 g	50 g	50 g	50 g	400 g
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0 mL	4 mL	4 mL	4 mL	4 mL	4 mL	0 mL	4 mL	4 mL	4 mL	32 mL
44	Sustitución diodos y varistores	KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	2 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	1,5 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	1,5 mL	0,0 mL	0,0 mL	3,0 mL
45	Sustituir calentador anticondensación	CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	2 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	1,5 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	1,5 mL	0,0 mL	0,0 mL	3,0 mL

Tabla 12 Cantidad de repuestos anuales por operación de mantenimiento para el GEL de uso continuo. Fuente:
Elaboración propia [72]

De la misma forma, la siguiente tabla muestra la cantidad anual de repuestos necesarios por operación de mantenimiento y el total en 10 años para cada grupo electrógeno de emergencia:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	REPUESTO	CANTIDAD AÑO 1	CANTIDAD AÑO 2	CANTIDAD AÑO 3	CANTIDAD AÑO 4	CANTIDAD AÑO 5	CANTIDAD AÑO 6	CANTIDAD AÑO 7	CANTIDAD AÑO 8	CANTIDAD AÑO 9	CANTIDAD AÑO 10	CANTIDAD TOTAL 10 AÑOS
	Grupo Electrónico												
9	Limpieza general	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	4 L	8 L	4 L	8 L	4 L	8 L	8 L	4 L	8 L	4 L	60 L
11	Sustitución de baterías	BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	4 uds
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	2 uds
		FUA TORNILLOS LOCTITE 242	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	4,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	4,0 mL	8,0 mL
	Motor												
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	58,40 L
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	5,840 L
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	2,0 L	2,0 L	2,0 L	2,4 L	2,0 L	2,0 L	2,0 L	2,4 L	2,0 L	2,0 L	20,8 L
		FUA TORNILLOS LOCTITE 242	1,5 mL	1,5 mL	1,5 mL	1,8 mL	1,5 mL	1,5 mL	1,5 mL	1,8 mL	1,5 mL	1,5 mL	15,6 mL
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	GRASA DE COBRE LIQUI MOLY 4081	40 g	60 g	40 g	60 g	60 g	40 g	60 g	60 g	40 g	60 g	520 g
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	FUA TORNILLOS LOCTITE 242	0,6 mL	0,9 mL	0,6 mL	0,9 mL	0,9 mL	0,6 mL	0,9 mL	0,9 mL	0,6 mL	0,9 mL	7,8 mL
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	FUA TORNILLOS LOCTITE 242	0,6 mL	0,9 mL	0,6 mL	0,9 mL	0,9 mL	0,6 mL	0,9 mL	0,9 mL	0,6 mL	0,9 mL	7,8 mL
24	Limpieza del radiador de refrigeración	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	0,8 L	1,2 L	0,8 L	1,2 L	1,2 L	0,8 L	1,2 L	1,2 L	0,8 L	1,2 L	10,4 L
25	Sustitución del aceite	ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	38 L	76 L	38 L	76 L	38 L	76 L	76 L	38 L	76 L	38 L	570 L
		IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	38 L	76 L	38 L	76 L	38 L	76 L	76 L	38 L	76 L	38 L	570 L
		KIT TORNILLO + ARANDELA PARA CAMBIO ACEITE	1 uds	2 uds	1 uds	2 uds	1 uds	2 uds	2 uds	1 uds	2 uds	1 uds	15 uds
26	Sustitución del filtro de aceite	FILTRO DE ACEITE + JUNTA MECO FPT CR16TE1W	1 uds	2 uds	1 uds	2 uds	1 uds	2 uds	2 uds	1 uds	2 uds	1 uds	15 uds
27	Sustitución del prefiltro de combustible	PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA MECO FPT CR16TE1W	1 uds	2 uds	1 uds	2 uds	1 uds	2 uds	2 uds	1 uds	2 uds	1 uds	15 uds
28	Sustitución filtro de combustible	FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFV	1 uds	2 uds	1 uds	2 uds	1 uds	2 uds	2 uds	1 uds	2 uds	1 uds	15 uds
29	Sustitución correa del ventilador	CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFV	1 uds	1 uds	1 uds	2 uds	1 uds	1 uds	2 uds	1 uds	1 uds	2 uds	13 uds
		FUA TORNILLOS LOCTITE 242	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,6 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,6 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,6 mL	3,9 mL
30	Sustitución filtro de aire	FILTRO DE AIRE MECO FPT CR16TE1W	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	10 uds
		FUA TORNILLOS LOCTITE 242	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	3,0 mL
31	Sustitución correa de accesorios	CORREA ACCESORIOS MECO FPT CR16TE1W	0 uds	1 uds	0 uds	1 uds	1 uds	0 uds	1 uds	1 uds	0 uds	1 uds	6 uds
		FUA TORNILLOS LOCTITE 242	0,0 mL	0,3 mL	0,0 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,0 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,0 mL	0,3 mL	1,8 mL
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	FILTRO VENTILACIÓN DEL CÁRTER + JUNTA MECO FPT CR16TE1W	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	10 uds
		FUA TORNILLOS LOCTITE 242	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	3,0 mL
34	Ajuste de válvulas	JUNTA TAPA DE BALANCIÑES MECO FPT CR16TE1W	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	1 uds	3 uds
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	0,0 L	1,5 L	0,0 L	1,5 L	0,0 L	1,5 L	0,0 L	1,5 L	0,0 L	1,5 L	7,5 L
		FUA TORNILLOS LOCTITE 242	0 mL	4 mL	0 mL	4 mL	0 mL	4 mL	0 mL	4 mL	0 mL	4 mL	20 mL
36	Sustitución del refrigerante	REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	0,0 L	66,5 L	0,0 L	66,5 L	0,0 L	66,5 L	0,0 L	66,5 L	0,0 L	66,5 L	332,5 L
	Alternador												
40	Limpieza ventilación	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	0,4 L	0,6 L	0,4 L	0,6 L	0,6 L	0,4 L	0,6 L	0,6 L	0,4 L	0,6 L	5,2 L
		FUA TORNILLOS LOCTITE 242	1,0 mL	1,5 mL	1,0 mL	1,5 mL	1,5 mL	1,0 mL	1,5 mL	1,5 mL	1,0 mL	1,5 mL	13,0 mL
41	Revisar devanados	FUA TORNILLOS LOCTITE 242	3,0 mL	3,0 mL	3,0 mL	3,0 mL	3,0 mL	3,0 mL	3,0 mL	3,0 mL	3,0 mL	3,0 mL	30,0 mL
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	GRASA KLUBER ASONIC GHY72	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	600 g
43	Sustituir cojinetes y rodamientos	KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	2 uds
		GRASA KLUBER ASONIC GHY72	0 g	0 g	0 g	50 g	0 g	0 g	0 g	50 g	0 g	0 g	100 g
		FUA TORNILLOS LOCTITE 242	0 mL	0 mL	0 mL	4 mL	0 mL	0 mL	0 mL	4 mL	0 mL	0 mL	8 mL
44	Sustitución diodos y varistores	KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	2 uds
		FUA TORNILLOS LOCTITE 242	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	1,5 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	1,5 mL	3,0 mL
45	Sustituir calentador anticondensación	CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	2 uds
		FUA TORNILLOS LOCTITE 242	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	1,5 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	1,5 mL	3,0 mL

Tabla 13 Cantidad de repuestos anuales por operación de mantenimiento para el GEL de emergencia. Fuente: Elaboración propia [72]

Si se reorganizan las tablas por repuesto quedan de la siguiente manera (hay repuestos que se repiten en algunas operaciones):

La Tabla 14 representa la cantidad necesaria de cada repuesto anualmente y el total en 10 años para cada GEL de uso continuo:

REPUESTO	CANTIDAD AÑO 1	CANTIDAD AÑO 2	CANTIDAD AÑO 3	CANTIDAD AÑO 4	CANTIDAD AÑO 5	CANTIDAD AÑO 6	CANTIDAD AÑO 7	CANTIDAD AÑO 8	CANTIDAD AÑO 9	CANTIDAD AÑO 10	CANTIDAD TOTAL 10 AÑOS
FILTRO DE AIRE IVECO FPT CR16TE1W	8 uds	8 uds	9 uds	8 uds	8 uds	9 uds	8 uds	9 uds	8 uds	8 uds	83 uds
FILTRO VENTILACIÓN DEL CÁRTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	4 uds	5 uds	4 uds	5 uds	5 uds	4 uds	5 uds	5 uds	4 uds	5 uds	46 uds
FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	16 uds	17 uds	17 uds	17 uds	16 uds	17 uds	17 uds	17 uds	17 uds	16 uds	167 uds
PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	16 uds	17 uds	17 uds	17 uds	16 uds	17 uds	17 uds	17 uds	17 uds	16 uds	167 uds
FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFW	16 uds	17 uds	17 uds	17 uds	16 uds	17 uds	17 uds	17 uds	17 uds	16 uds	167 uds
ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	613,84 L	651,84 L	651,84 L	651,84 L	613,84 L	651,84 L	651,84 L	651,84 L	651,84 L	613,84 L	6.404,4 L
IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	608,00 L	646,00 L	646,00 L	646,00 L	608,00 L	646,00 L	646,00 L	646,00 L	646,00 L	608,000 L	6.346,0 L
KIT TORNILLO + ARANDELA PARA CAMBIO ACEITE	16 uds	17 uds	17 uds	17 uds	16 uds	17 uds	17 uds	17 uds	17 uds	16 uds	167 uds
JUNTA TAPA DE BALANCINES IVECO FPT CR16TE1W	3 uds	3 uds	4 uds	3 uds	4 uds	3 uds	4 uds	3 uds	4 uds	3 uds	34 uds
REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	133,584 L	200,084 L	200,084 L	200,084 L	133,584 L	200,084 L	200,084 L	200,084 L	200,084 L	133,584 L	1.801,34 L
CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	6 uds	7 uds	7 uds	7 uds	7 uds	7 uds	7 uds	7 uds	7 uds	7 uds	69 uds
CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFW	13 uds	14 uds	14 uds	14 uds	14 uds	14 uds	14 uds	14 uds	14 uds	14 uds	139 uds
KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	2 uds
CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	2 uds
KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	0 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	0 uds	1 uds	1 uds	1 uds	8 uds
KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	2 uds
BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	4 uds
GRASA KLUBER ASONIC GHY72	60 g	110 g	110 g	110 g	110 g	110 g	60 g	110 g	110 g	110 g	1.000 g
GRASA DE COBRE LIQUI MOLY 4081	540 g	560 g	560 g	560 g	560 g	560 g	560 g	560 g	560 g	560 g	5.580 g
FUJA TORNILLOS LOCTITE 242	66,5 mL	76,8 mL	76,8 mL	83,8 mL	72,8 mL	76,8 mL	72,8 mL	84,1 mL	76,5 mL	72,8 mL	759,7 mL
DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	105,2 L	111,7 L	111,7 L	111,7 L	106,2 L	111,7 L	111,7 L	111,7 L	111,7 L	106,2 L	1.099,5 L

Tabla 14 Cantidad de repuestos anual y total para el GEL de uso continuo. Fuente: Elaboración propia [72]

La Tabla 15 representa la cantidad necesaria de cada repuesto anualmente y el total en 10 años para cada GEL de emergencia:

REPUESTO	CANTIDAD AÑO 1	CANTIDAD AÑO 2	CANTIDAD AÑO 3	CANTIDAD AÑO 4	CANTIDAD AÑO 5	CANTIDAD AÑO 6	CANTIDAD AÑO 7	CANTIDAD AÑO 8	CANTIDAD AÑO 9	CANTIDAD AÑO 10	CANTIDAD TOTAL 10 AÑOS
FILTRO DE AIRE IVECO FPT CR16TE1W	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	10 uds
FILTRO VENTILACIÓN DEL CÁRTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	10 uds
FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	1 uds	2 uds	1 uds	2 uds	1 uds	2 uds	2 uds	1 uds	2 uds	1 uds	15 uds
PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	1 uds	2 uds	1 uds	2 uds	1 uds	2 uds	2 uds	1 uds	2 uds	1 uds	15 uds
FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFW	1 uds	2 uds	1 uds	2 uds	1 uds	2 uds	2 uds	1 uds	2 uds	1 uds	15 uds
ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	43,84 L	81,84 L	43,84 L	81,84 L	43,84 L	81,84 L	81,84 L	43,84 L	81,84 L	43,84 L	628,40 L
IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	38,00 L	76,00 L	38,00 L	76,00 L	38,00 L	76,00 L	76,00 L	38,00 L	76,00 L	38,00 L	570,00 L
KIT TORNILLO + ARANDELA PARA CAMBIO ACEITE	1 uds	2 uds	1 uds	2 uds	1 uds	2 uds	2 uds	1 uds	2 uds	1 uds	15 uds
JUNTA TAPA DE BALANCINES IVECO FPT CR16TE1W	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	1 uds	3 uds
REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	0,584 L	67,084 L	0,584 L	67,084 L	0,584 L	67,084 L	0,584 L	67,084 L	0,584 L	67,084 L	338,340 L
CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	0 uds	1 uds	0 uds	1 uds	1 uds	0 uds	1 uds	1 uds	0 uds	1 uds	6 uds
CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFW	1 uds	1 uds	1 uds	2 uds	1 uds	1 uds	2 uds	1 uds	1 uds	2 uds	13 uds
KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	2 uds
CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	2 uds
KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	2 uds
KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	2 uds
BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	4 uds
GRASA KLUBER ASONIC GHY72	60 g	60 g	60 g	110 g	60 g	60 g	60 g	110 g	60 g	60 g	700 g
GRASA DE COBRE LIQUI MOLY 4081	40 g	60 g	40 g	60 g	60 g	40 g	60 g	60 g	40 g	60 g	520 g
FUJA TORNILLOS LOCTITE 242	7,6 mL	13,0 mL	7,6 mL	17,6 mL	16,0 mL	11,6 mL	9,3 mL	17,3 mL	7,6 mL	20,3 mL	127,9 mL
DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	7,2 L	13,3 L	7,2 L	13,7 L	7,8 L	12,7 L	11,8 L	9,7 L	11,2 L	9,3 L	103,9 L

Tabla 15 Cantidad de repuestos anual y total para el GEL de emergencia. Fuente: Elaboración propia [72]

Como en la instalación se cuenta con 4 GEL de uso continuo y 2 de emergencia es necesario multiplicar por 4 los valores de la Tabla 14 y por 2 los valores de la Tabla 15.

La Tabla 16 representa la cantidad necesaria de cada repuesto anualmente y el total en 10 años para los 4 GEL de uso continuo:

REPUESTO	CANTIDAD AÑO 1	CANTIDAD AÑO 2	CANTIDAD AÑO 3	CANTIDAD AÑO 4	CANTIDAD AÑO 5	CANTIDAD AÑO 6	CANTIDAD AÑO 7	CANTIDAD AÑO 8	CANTIDAD AÑO 9	CANTIDAD AÑO 10	CANTIDAD TOTAL 10 AÑOS
FILTRO DE AIRE IVECO FPT CR16TE1W	32 uds	32 uds	36 uds	32 uds	32 uds	36 uds	32 uds	36 uds	32 uds	32 uds	332 uds
FILTRO VENTILACIÓN DEL CÁRTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	16 uds	20 uds	16 uds	20 uds	20 uds	16 uds	20 uds	20 uds	16 uds	20 uds	184 uds
FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	64 uds	68 uds	68 uds	68 uds	64 uds	68 uds	68 uds	68 uds	68 uds	64 uds	668 uds
PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	64 uds	68 uds	68 uds	68 uds	64 uds	68 uds	68 uds	68 uds	68 uds	64 uds	668 uds
FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFW	64 uds	68 uds	68 uds	68 uds	64 uds	68 uds	68 uds	68 uds	68 uds	64 uds	668 uds
ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API C3-4/ACEA E9	2455,36 L	2607,36 L	2607,36 L	2607,36 L	2455,36 L	2607,36 L	2607,36 L	2607,36 L	2607,36 L	2455,36 L	25.617,60 L
IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	2432,00 L	2584,00 L	2584,00 L	2584,00 L	2432,00 L	2584,00 L	2584,00 L	2584,00 L	2584,00 L	2432,00 L	25.384,00 L
KIT TORNILLO + ARANDELA PARA CAMBIO ACEITE	64 uds	68 uds	68 uds	68 uds	64 uds	68 uds	68 uds	68 uds	68 uds	64 uds	668 uds
JUNTA TAPA DE BALANCINES IVECO FPT CR16TE1W	12 uds	12 uds	16 uds	12 uds	16 uds	12 uds	16 uds	12 uds	16 uds	12 uds	136 uds
REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	534,34 L	800,34 L	800,34 L	800,34 L	534,34 L	800,34 L	800,34 L	800,34 L	800,34 L	534,34 L	7.205,36 L
CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	24 uds	28 uds	28 uds	28 uds	28 uds	28 uds	28 uds	28 uds	28 uds	28 uds	276 uds
CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFW	52 uds	56 uds	56 uds	56 uds	56 uds	56 uds	56 uds	56 uds	56 uds	56 uds	556 uds
KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	4 uds	0 uds	0 uds	0 uds	4 uds	0 uds	0 uds	8 uds
CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	4 uds	0 uds	0 uds	0 uds	4 uds	0 uds	0 uds	8 uds
KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	0 uds	4 uds	4 uds	4 uds	4 uds	4 uds	0 uds	4 uds	4 uds	4 uds	32 uds
KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	0 uds	0 uds	0 uds	4 uds	0 uds	0 uds	0 uds	4 uds	0 uds	0 uds	8 uds
BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	0 uds	0 uds	0 uds	8 uds	0 uds	0 uds	0 uds	8 uds	0 uds	0 uds	16 uds
GRASA KLUBER ASONIC GHY72	440 g	440 g	440 g	440 g	440 g	240 g	440 g	440 g	440 g	4.000 g	7.760 g
GRASA DE COBRE LIQUI MOLY 4081	2240 g	2.240 g	2.240 g	2.240 g	2.240 g	2.240 g	2.240 g	2.240 g	2.240 g	22.320 g	42.480 g
FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	266,0 mL	307,2 mL	307,2 mL	335,2 mL	291,2 mL	307,2 mL	291,2 mL	336,4 mL	306,0 mL	291,2 mL	3.038,80 mL
DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	420,80 L	446,80 L	446,80 L	446,80 L	424,80 L	446,80 L	446,80 L	446,80 L	446,80 L	424,80 L	4.398,00 L

Tabla 16 Cantidad de repuestos anual y total para los 4 GEL de uso continuo. Fuente: Elaboración propia [72]

La Tabla 17 representa la cantidad necesaria de cada repuesto anualmente y el total en 10 años para los 2 GEL de emergencia:

REPUESTO	CANTIDAD AÑO 1	CANTIDAD AÑO 2	CANTIDAD AÑO 3	CANTIDAD AÑO 4	CANTIDAD AÑO 5	CANTIDAD AÑO 6	CANTIDAD AÑO 7	CANTIDAD AÑO 8	CANTIDAD AÑO 9	CANTIDAD AÑO 10	CANTIDAD TOTAL 10 AÑOS
FILTRO DE AIRE IVECO FPT CR16TE1W	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	20 uds
FILTRO VENTILACIÓN DEL CÁRTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	20 uds
FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	2 uds	4 uds	2 uds	4 uds	2 uds	4 uds	4 uds	2 uds	4 uds	2 uds	30 uds
PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	2 uds	4 uds	2 uds	4 uds	2 uds	4 uds	4 uds	2 uds	4 uds	2 uds	30 uds
FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFV	2 uds	4 uds	2 uds	4 uds	2 uds	4 uds	4 uds	2 uds	4 uds	2 uds	30 uds
ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	87,68 L	163,68 L	87,68 L	163,68 L	87,68 L	163,68 L	163,68 L	87,68 L	163,68 L	87,68 L	1.256,80 L
IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	76,00 L	152,00 L	76,00 L	152,00 L	76,00 L	152,00 L	152,00 L	76,00 L	152,00 L	76,00 L	1.140,00 L
KIT TORNILLO + ARANDELA PARA CAMBIO ACEITE	2 uds	4 uds	2 uds	4 uds	2 uds	4 uds	4 uds	2 uds	4 uds	2 uds	30 uds
JUNTA TAPA DE BALANCINES IVECO FPT CR16TE1W	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	2 uds	6 uds
REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	1,17 L	134,17 L	1,17 L	134,17 L	1,17 L	134,17 L	1,17 L	134,17 L	1,17 L	134,17 L	676,68 L
CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	0 uds	2 uds	0 uds	2 uds	2 uds	0 uds	2 uds	2 uds	0 uds	2 uds	12 uds
CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFV	2 uds	2 uds	2 uds	4 uds	2 uds	2 uds	4 uds	2 uds	2 uds	4 uds	26 uds
KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	4 uds
CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	4 uds
KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	4 uds
KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	4 uds
BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	4 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	4 uds	8 uds
GRASA KLUBER ASONIC GHY72	120 g	120 g	120 g	220 g	120 g	120 g	120 g	220 g	120 g	120 g	1.400 g
GRASA DE COBRE LIQUI MOLY 4081	80 g	120 g	80 g	120 g	120 g	80 g	120 g	120 g	80 g	120 g	1.040 g
FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	15,2 mL	26,0 mL	15,2 mL	35,2 mL	32,0 mL	23,2 mL	18,6 mL	34,6 mL	15,2 mL	40,6 mL	255,8 mL
DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	14,40 L	26,60 L	14,40 L	27,40 L	15,60 L	25,40 L	23,60 L	19,40 L	22,40 L	18,60 L	207,80 L

Tabla 17 Cantidad de repuestos anual y total para los 4 GEL de emergencia. Fuente: Elaboración propia [72]

Para la obtener los costes de los repuestos es necesario seguir la siguiente expresión:

$$\text{Coste repuestos} = \text{Cantidad de repuestos} \times \text{Precio repuestos} \times \text{IPC del año}$$

Siguiendo la expresión se obtienen los costes anuales para cada repuesto, posteriormente se realiza un sumatorio para obtener los costes anuales totales que suponen todos los repuestos, así como el total que supone a lo largo de 10 años.

Los valores del IPC se toman de la Tabla 5, los precios de los repuestos de la Tabla 7 y la cantidad de repuestos de las Tablas 16 y 17.

Como resultado de los cálculos la Tabla 18 representa los costes anuales y totales de los repuestos para los 4 grupos electrógenos de uso continuo:

REPUESTO	PRECIO UNITARIO	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE TOTAL 10 AÑOS
FILTRO DE AIRE IVECO FPT CR16TE1W	115,43 €	3.693,76 €	3.792,94 €	4.378,63 €	3.991,29 €	4.090,47 €	4.713,35 €	4.288,82 €	4.936,50 €	4.487,18 €	4.586,36 €	42.959,31 €
FILTRO VENTILACIÓN DEL CÁRTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	62,99 €	1.007,84 €	1.293,63 €	1.061,96 €	1.361,28 €	1.395,10 €	1.143,14 €	1.462,75 €	1.496,58 €	1.224,32 €	1.564,23 €	13.010,84 €
FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	66,74 €	4.271,36 €	4.660,17 €	4.782,03 €	4.903,88 €	4.730,10 €	5.147,59 €	5.269,44 €	5.391,30 €	5.513,15 €	5.303,53 €	49.972,56 €
PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	29,96 €	1.917,44 €	2.091,98 €	2.146,68 €	2.201,38 €	2.123,37 €	2.310,78 €	2.365,49 €	2.420,19 €	2.474,89 €	2.380,79 €	22.432,99 €
FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFW	40,13 €	2.568,32 €	2.802,11 €	2.875,38 €	2.948,65 €	2.844,16 €	3.095,19 €	3.168,46 €	3.241,73 €	3.314,99 €	3.188,95 €	30.047,93 €
ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	4,59 €/L	2.455,36 €	2.677,37 €	2.747,38 €	2.817,38 €	2.719,07 €	2.957,40 €	3.027,41 €	3.097,41 €	3.167,42 €	3.048,70 €	28.714,89 €
IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	0,54 €/L	2.432,00 €	2.653,38 €	2.722,76 €	2.792,14 €	2.693,20 €	2.930,90 €	3.000,28 €	3.069,66 €	3.139,04 €	3.019,69 €	28.453,06 €
KIT TORNILLO + ARANDELA PARA CAMBIO ACEITE	2,38 €	152,32 €	166,19 €	170,53 €	174,88 €	168,88 €	183,57 €	187,91 €	192,26 €	196,60 €	189,13 €	1.782,06 €
JUNTA TAPA DE BALANCINES IVECO FPT CR16TE1W	23,76 €	285,12 €	292,78 €	400,57 €	308,09 €	420,99 €	323,40 €	441,40 €	338,71 €	461,82 €	354,02 €	3.626,89 €
REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	1,4 €/L	534,34 €	821,83 €	843,31 €	864,80 €	591,72 €	907,78 €	929,27 €	950,76 €	972,25 €	663,46 €	8.079,52 €
CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	44,67 €	1.072,08 €	1.284,34 €	1.317,93 €	1.351,51 €	1.385,09 €	1.418,67 €	1.452,26 €	1.485,84 €	1.519,42 €	1.553,01 €	13.840,15 €
CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFW	29,35 €	1.526,20 €	1.687,73 €	1.731,86 €	1.775,99 €	1.820,12 €	1.864,25 €	1.908,38 €	1.952,51 €	1.996,65 €	2.040,78 €	18.304,48 €
KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	346,78 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.498,85 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.647,83 €	0,00 €	0,00 €	3.146,68 €
CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	352,33 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.522,84 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.674,20 €	0,00 €	0,00 €	3.197,04 €
KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	798,47 €	0,00 €	3.279,64 €	3.365,39 €	3.451,15 €	3.536,90 €	3.622,66 €	0,00 €	3.794,17 €	3.879,93 €	3.965,68 €	28.895,51 €
KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	473,29 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	2.045,65 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	2.248,98 €	0,00 €	0,00 €	4.294,63 €
BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	228,99 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.979,48 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	2.176,23 €	0,00 €	0,00 €	4.155,71 €
GRASA KLUBER ASONIC GHY72	0,81 €/g	240,00 €	451,81 €	463,63 €	475,44 €	487,26 €	499,07 €	278,66 €	522,70 €	534,51 €	546,33 €	4.499,41 €
GRASA DE COBRE LIQUI MOLY 4081	0,094 €/g	2.160,00 €	2.300,14 €	2.360,29 €	2.420,43 €	2.480,58 €	2.540,72 €	2.600,86 €	2.661,01 €	2.721,15 €	2.781,30 €	25.026,48 €
FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,79 €/mL	266,00 €	315,45 €	323,70 €	362,20 €	322,47 €	348,44 €	338,11 €	399,63 €	371,73 €	361,57 €	3.409,30 €
DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	2,47 €/L	420,80 €	458,80 €	470,79 €	482,79 €	470,42 €	506,78 €	518,78 €	530,78 €	542,77 €	527,45 €	4.930,17 €
COSTE TOTAL REPUESTOS		25.002,94 €	31.030,27 €	32.162,82 €	39.730,11 €	32.279,71 €	34.513,70 €	31.238,30 €	44.228,97 €	36.517,83 €	36.074,97 €	342.779,62 €

Tabla 18 Coste de repuestos anual y total para los 4 GEL de uso continuo. Fuente: Elaboración propia [72]

La Tabla 19 representa los costes anuales y totales de los repuestos para los 2 grupos electrógenos de emergencia:

REPUESTO	PRECIO UNITARIO	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE TOTAL 10 AÑOS
FILTRO DE AIRE IVECO FPT CR16TE1W	115,43 €	230,86 €	237,06 €	243,26 €	249,46 €	255,65 €	261,85 €	268,05 €	274,25 €	280,45 €	286,65 €	2.587,54 €
FILTRO VENTILACIÓN DEL CÁRTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	62,99 €	125,98 €	129,36 €	132,75 €	136,13 €	139,51 €	142,89 €	146,28 €	149,66 €	153,04 €	156,42 €	1.412,02 €
FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	66,74 €	133,48 €	274,13 €	140,65 €	288,46 €	147,82 €	302,80 €	309,97 €	158,57 €	324,30 €	165,74 €	2.245,91 €
PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	29,96 €	59,92 €	123,06 €	63,14 €	129,49 €	66,36 €	135,93 €	139,15 €	71,18 €	145,58 €	74,40 €	1.008,20 €
FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFV	40,13 €	80,26 €	164,83 €	84,57 €	173,45 €	88,88 €	182,07 €	186,38 €	95,34 €	195,00 €	99,65 €	1.350,44 €
ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	4,59 €/L	87,68 €	168,07 €	92,39 €	176,86 €	97,10 €	185,65 €	190,05 €	104,16 €	198,84 €	108,87 €	1.409,67 €
IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	0,54 €/L	76,00 €	156,08 €	80,08 €	164,24 €	84,16 €	172,41 €	176,49 €	90,28 €	184,65 €	94,37 €	1.278,76 €
KIT TORNILLO + ARANDELA PARA CAMBIO ACEITE	2,38 €	4,76 €	9,78 €	5,02 €	10,29 €	5,27 €	10,80 €	11,05 €	5,65 €	11,56 €	5,91 €	80,09 €
JUNTA TAPA DE BALANCINES IVECO FPT CR16TE1W	23,76 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	51,35 €	0,00 €	0,00 €	55,18 €	0,00 €	0,00 €	59,00 €	165,53 €
REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	1,4 €/L	1,17 €	137,77 €	1,23 €	144,98 €	1,29 €	152,18 €	1,36 €	159,38 €	1,42 €	166,59 €	767,37 €
CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	44,67 €	0,00 €	91,74 €	0,00 €	96,54 €	98,94 €	0,00 €	103,73 €	106,13 €	0,00 €	110,93 €	608,00 €
CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFV	29,35 €	58,70 €	60,28 €	61,85 €	126,86 €	65,00 €	66,58 €	136,31 €	69,73 €	71,31 €	145,77 €	862,39 €
KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	346,78 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	768,05 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	861,16 €	1.629,21 €
CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	352,33 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	780,34 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	874,94 €	1.655,28 €
KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	798,47 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.725,57 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.897,08 €	0,00 €	0,00 €	3.622,66 €
KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	473,29 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.048,24 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.175,32 €	2.223,56 €
BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	228,99 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.014,33 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.137,30 €	2.151,64 €
GRASA KLUBER ASONIC GHY72	0,81 €/g	120,00 €	123,22 €	126,44 €	237,72 €	132,89 €	136,11 €	139,33 €	261,35 €	145,78 €	149,00 €	1.571,84 €
GRASA DE COBRE LIQUI MOLY 4081	0,094 €/g	80,00 €	123,22 €	84,30 €	129,67 €	132,89 €	90,74 €	139,33 €	142,55 €	97,18 €	149,00 €	1.168,88 €
FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,79 €/mL	15,20 €	26,70 €	16,02 €	38,04 €	35,44 €	26,31 €	21,60 €	41,10 €	18,46 €	50,41 €	289,28 €
DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	2,47 €/L	14,40 €	27,31 €	15,17 €	29,61 €	17,28 €	28,81 €	27,40 €	23,05 €	27,21 €	23,09 €	233,33 €
COSTE TOTAL REPUESTOS		1.088,41 €	1.852,61 €	1.146,86 €	3.908,70 €	4.979,43 €	1.895,14 €	2.051,65 €	3.649,49 €	1.854,79 €	5.894,52 €	28.321,59 €

Tabla 19 Coste de repuestos anual y total para los 2 GEL de emergencia. Fuente: Elaboración propia [72]

11 ESTUDIO MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El objetivo de este capítulo es conocer los costes asociados a realizar el mantenimiento preventivo de un grupo electrógeno.

Se plantean 2 posibles escenarios. En un escenario se subcontrata el servicio y en el otro se utiliza personal propio de las Fuerzas Armadas.

11.1 Factores Clave

Para poder obtener el coste final hay que tener en cuenta diversos factores clave, los cuales se exponen a continuación:

11.1.1 Frecuencia operativa

De la Tabla 6 (Plan de mantenimiento adaptado al caso de estudio) se obtiene la frecuencia de las operaciones de mantenimiento.

11.1.2 Estudio de repuestos

Del Capítulo 10 se extrae la cantidad de repuestos necesarios por intervención y su coste (Tablas 16, 17, 18 y 19).

11.1.3 Tipo de mantenimiento y responsable

Existen diferentes tipos de mantenimiento según la complejidad de las tareas asociadas:

- Mantenimiento de primer escalón: implica intervenciones sencillas y necesarias en componentes de fácil acceso. Por lo tanto, son operaciones que no requieren desmontaje o apertura del equipo y pueden ser realizadas por un operario no especializado o por el propio usuario. Se emplean pocas piezas de recambio o consumibles para estas intervenciones. Si se dispone de instrucciones esenciales, como en un folleto o en instrucciones visuales, no suponen un riesgo especial para la seguridad.
- Mantenimiento de segundo escalón: intervenciones de baja complejidad con procedimientos fáciles de seguir. Además, la sustitución de piezas durante estas tareas no requiere el desmontaje completo del equipo. Estas tareas deben ser ejecutadas por un técnico capacitado que haya recibido formación en seguridad y riesgos. Por lo tanto, generalmente las lleva a cabo un técnico de cualificación intermedia.

- Mantenimiento de tercer escalón: las tareas de mantenimiento de nivel 3 deben ser ejecutadas por técnicos especializados, empleando las herramientas indicadas en las instrucciones de mantenimiento del equipo.
- Mantenimiento de cuarto escalón: las intervenciones de mantenimiento de nivel 4 son tareas complejas y significativas que necesitan habilidades técnicas especializadas. Por esta razón, deben ser llevadas a cabo por un técnico especializado o un grupo de técnicos con una cualificación específica, bajo la supervisión de un encargado especializado. Estas actividades se llevan a cabo en talleres equipados con las herramientas apropiadas, documentación y equipos de medición necesarios.
- Mantenimiento de quinto escalón: acciones complejas realizadas por el fabricante del equipo o por una empresa autorizada por él. Las tareas a realizar son comparables a las de fabricación.

En el escenario de servicio subcontratado (Capítulo 11.2) se contratan operarios de mantenimiento a una empresa externa para realizar las tareas de segundo y tercer escalón, las de primer escalón serán llevadas a cabo por el personal militar propio.

Para el escenario con personal propio de las Fuerzas Armadas (Capítulo 11.3), serán los soldados con especialidad en mecánica y mantenimiento los que se encarguen de todas las operaciones.

En la siguiente tabla quedan clasificadas las distintas tareas de mantenimiento y el responsable de ellas en ambos escenarios:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	TIPO DE MANTENIMIENTO	RESPONSABLE ESCENARIO PERSONAL MILITAR	RESPONSABLE ESCENARIO SERVICIO SUBCONTRATADO
	Grupo Electrónico			
1	Inspección visual general	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
2	Verificar estado del panel de control	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
5	Verificar ausencia de fugas	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
6	Comprobar funcionamiento general	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
7	Verificar el estado de las baterías	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
9	Limpieza general	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
10	Verificar los pares de apriete	Tercer escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
11	Sustitución de baterías	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	Tercer escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
	Motor			
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
18	Drenado de agua del depósito combustible	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
22	Revisar el estado del sistema de escape	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
23	Inspección visual del turbocompresor	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
24	Limpieza del radiador de refrigeración	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
25	Sustitución del aceite	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
26	Sustitución del filtro de aceite	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
27	Sustitución del prefiltro de combustible	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
28	Sustitución filtro de combustible	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
29	Sustitución correa del ventilador	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
30	Sustitución filtro de aire	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
31	Sustitución correa de accesorios	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
32	Comprobación alternador	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
34	Ajuste de válvulas	Tercer escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	Tercer escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
36	Sustitución del refrigerante	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
	Alternador			
37	Revisar temperaturas de funcionamiento	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
38	Verificar parámetros de funcionamiento	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
39	Verificar ventilación	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
40	Limpieza ventilación	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
41	Revisar devanados	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
43	Sustituir cojinetes y rodamientos	Tercer escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
44	Sustitución diodos y varistores	Tercer escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
45	Sustituir calentador anticondensación	Tercer escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA

Tabla 20: Responsable de las Tareas de Mantenimiento. Fuente: Elaboración propia [72]

11.1.4 Tiempo requerido por operación

En la siguiente tabla se recoge el tiempo necesario para realizar cada operación de mantenimiento, calculado a partir de referencias de fabricantes y tiempos medios comunicados por empresas especialistas mantenedoras:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	TIEMPO REQUERIDO	TIEMPO REQUERIDO EN HORAS
	Grupo Eléctrico		
1	Inspección visual general	0:02	0,033 h
2	Verificar estado del panel de control	0:01	0,017 h
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	0:01	0,017 h
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	0:01	0,017 h
5	Verificar ausencia de fugas	0:05	0,083 h
6	Comprobar funcionamiento general	0:20	0,330 h
7	Verificar el estado de las baterías	0:05	0,083 h
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	0:10	0,167 h
9	Limpieza general	0:30	0,500 h
10	Verificar los pares de apriete	0:25	0,416 h
11	Sustitución de baterías	0:20	0,330 h
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	2:45	2,750 h
	Motor		
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	0:01	0,017 h
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	0:01	0,017 h
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	0:02	0,033 h
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	0:10	0,167 h
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	0:02	0,033 h
18	Drenado de agua del depósito combustible	0:02	0,033 h
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	0:10	0,167 h
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	0:02	0,033 h
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	0:05	0,083 h
22	Revisar el estado del sistema de escape	0:01	0,017 h
23	Inspección visual del turbocompresor	0:01	0,017 h
24	Limpieza del radiador de refrigeración	0:05	0,083 h
25	Sustitución del aceite	0:30	0,500 h
26	Sustitución del filtro de aceite	0:05	0,083 h
27	Sustitución del prefiltro de combustible	0:05	0,083 h
28	Sustitución filtro de combustible	0:05	0,083 h
29	Sustitución correa del ventilador	0:15	0,250 h
30	Sustitución filtro de aire	0:10	0,170 h
31	Sustitución correa de accesorios	0:25	0,416 h
32	Comprobación alternador	0:05	0,083 h
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	0:10	0,170 h
34	Ajuste de válvulas	3:00	3,000 h
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	1:15	1,250 h
36	Sustitución del refrigerante	0:40	0,667 h
	Alternador		
37	Revisar temperaturas de funcionamiento	0:02	0,033 h
38	Verificar parámetros de funcionamiento	0:01	0,017 h
39	Verificar ventilación	0:01	0,017 h
40	Limpieza ventilación	0:15	0,250 h
41	Revisar devanados	0:35	0,583 h
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	0:40	0,667 h
43	Sustituir cojinetes y rodamientos	2:00	2,000 h
44	Sustitución diodos y varistores	0:30	0,500 h
45	Sustituir calentador anticondensación	0:30	0,500 h

Tabla 21 Tiempo necesario para cada operación de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia [72]

11.1.5 Coste por hora de la mano de obra del personal subcontratado

El estudio se ha realizado teniendo en cuenta los salarios anuales publicados en las tablas salariales del Convenio Colectivo de Industria, Servicios e Instalaciones del Metal de la Comunidad de Madrid para el año 2024, ya que no se disponen de los datos salariales de Afganistán.

TABLA SALARIAL ACTUALIZADA DEFINITIVA 31/12/2023

GRUPO	DESCRIPCIÓN FUNCIONAL	SALARIO CONVENIO ANUAL 2023 (€)	SALARIO CONVENIO MENSUAL (14 PAGAS) 2023 (€)	VALOR QUINQUENIO GRUPO 2023 (€)	BASES GRUPO PARA CÁLCULO DE COMPLEMENTOS SALVO NOCTURNIDAD 2023 (€ MENSUAL/DIARIO)
1	LICENCIADA/O-GRADO	32.694,17	2.335,30	39,48	1.045,03
2	TÉCNICO/A	27.436,91	1.959,78	35,93	926,11
3	TÉCNICA/O AUXILIAR	24.737,40	1.766,96	33,07	844,46
4	EMPLEADO/A	22.114,64	1.579,62	30,84	777,39
5	OPERARIA/O	20.574,17	1.469,58	29,49	24,45
6	EMPLEADO/A AUXILIAR	20.358,94	1.454,21	28,83	722,39
7	OPERARIA/O AUXILIAR	19.117,57	1.365,54	28,49	23,36

Ilustración 81. Tabla Salarial Convenio colectivo de Industria, Servicios e instalaciones del Metal [67]

Se cuenta con la mano de obra de un Operario de Mantenimiento. El sueldo que percibirá será de 20.574,17€ brutos anuales según la tabla de la Ilustración 81.

En este escenario, al ser un trabajo que conlleva mayor riesgo que el colectivo, y al encontrarse desplazado en el extranjero, la empresa añade un plus por dietas y peligrosidad. Este plus será de 1.350€ mensuales en concepto de dietas (desplazamiento, alojamiento, comida) y 420€ mensuales en concepto de peligrosidad. El sueldo bruto anual asciende a:

$$20.574,17€ + (1.350€ + 420€) \times 12 \text{ meses} = 41.814,17€.$$

Para obtener el coste real que le supone a la empresa hay que añadir el porcentaje de impuestos que paga la empresa por el empleado como contingencias comunes, desempleo, AT y EP, FOGASA y formación profesional. Este porcentaje normalmente está comprendido entre el 30% y 40%, dependiendo de diversos factores como salario bruto, tipo de actividad profesional y tipo de contrato. Para las condiciones del puesto laboral se establece que la empresa tendrá un coste adicional de un 33%.

El gasto que supone el sueldo del empleado a la empresa es el resultado de multiplicar 41.814,17€ x 1,33 dando como resultado 55.612,85 € anuales.

Se incrementa el gasto anual que genera el trabajador a la empresa en 3.500€, que van asociados a formación, vestuario, elementos de protección, herramientas de trabajo, etc.

El gasto final que le supone el empleado a la empresa es de:

$$55.612,85€ + 3.500€ = 59.112,85€.$$

Para calcular el coste de la hora de mano de obra se divide el gasto anual que conlleva el empleado a la empresa, entre el número de horas que el trabajador va a trabajar anualmente establecido por el convenio. El número de horas de trabajo anuales asciende a 1.770 horas.

Por lo tanto, el coste de la hora de mano de obra para la empresa es de:

$$59.112,85\text{€}/1.770\text{horas}= 33,39 \text{ €/hora.}$$

Se estima que la empresa mantenedora carga un 85% de beneficio a la hora de mano de obra quedando por tanto el coste para el Estado en: $33,39 \text{ €/hora} \times$

$$185\%/100=61,77\text{€/hora.}$$

11.1.6 Coste por hora de mano de obra del personal de las Fuerzas Armadas

Para el estudio de este escenario, se ha utilizado la tabla salarial aprobada por el Ministerio de Defensa Español según los presupuestos generales del estado para el personal de las Fuerzas Armadas según el Real Decreto 1314/2005, actualizada para 2024, permanece invariable desde 2021:

EMPLEOS	SUBG.	SUELDO			COMPLEMENTO EMPLEO			COMP. GENERAL COMPL. ESPECIFICO		TOTALES	
		MENSUAL	EXTRA	ANUAL	NIVEL CE	MENSUAL	ANUAL (14m)	MENSUAL	ANUAL (14m)	MENSUAL	ANUAL
Gral.Ejército o Alm.Gral. o Gral. Aire	A1	1.214,39	749,38	16.071,44	--	1.664,59	23.304,26	1.429,40	20.011,60	4.308,38	59.387,30
Teniente General o Almirante		1.214,39	749,38	16.071,44	--	1.331,70	18.643,80	1.429,40	20.011,60	3.975,49	54.726,84
General de División o Vicealmirante		1.214,39	749,38	16.071,44	--	1.201,21	16.816,94	1.227,60	17.186,40	3.643,20	50.074,78
General de Brigada o Contralmirante		1.214,39	749,38	16.071,44	--	1.060,77	14.850,78	1.025,20	14.352,80	3.300,36	45.275,02
Coronel o Capitán de Navío		1.214,39	749,38	16.071,44	29	951,46	13.320,44	879	12.306	3.044,85	41.697,88
Tte. Coronel o Capitán de Fragata		1.214,39	749,38	16.071,44	28	911,48	12.760,72	687	9.618	2.812,87	38.450,16
Comandante o Capitán de Corbeta		1.214,39	749,38	16.071,44	27	871,43	12.200,02	590,20	8.262,80	2.676,02	36.534,26
Capitán o Teniente de Navío		1.214,39	749,38	16.071,44	26	764,54	10.703,56	489,20	6.848,80	2.468,13	33.623,80
Teniente o Alférez de Navío		1.214,39	749,38	16.071,44	24	638,29	8.936,06	362,50	5.075	2.215,18	30.082,50
Alférez o Alférez de Fragata		A2	1.050,06	765,83	14.132,38	24	638,29	8.936,06	333	4.662	2.021,35
Suboficial Mayor	1.050,06		765,83	14.132,38	23	598,33	8.376,62	728,20	10.194,80	2.376,59	32.703,80
Subteniente	1.050,06		765,83	14.132,38	22	558,28	7.815,92	625,40	8.755,60	2.233,74	30.703,90
Brigada	1.050,06		765,83	14.132,38	21	518,33	7.256,62	487,40	6.823,60	2.055,79	28.212,60
Sargento Primero	1.050,06		765,83	14.132,38	20	481,48	6.740,72	376,40	5.269,60	1.907,94	26.142,70
Sargento	1.050,06		765,83	14.132,38	19	456,91	6.396,74	295	4.130	1.801,97	24.659,12
Cabo Mayor	C1		788,42	681,43	10.823,90	18	432,32	6.052,48	352,20	4.930,80	1.572,94
Cabo Primero Permanente		788,42	681,43	10.823,90	17	407,72	5.708,08	273,20	3.824,80	1.469,34	20.356,78
Cabo Permanente		788,42	681,43	10.823,90	15	358,56	5.019,84	216,20	3.026,80	1.363,18	18.870,54
Soldado o Marinero Permanente		788,42	681,43	10.823,90	14	334,02	4.676,28	167	2.338	1.289,44	17.838,18
Cabo Primero Temporal	C2	656,18	650,20	9.174,56	17	407,72	5.708,08	273,20	3.824,80	1.337,10	18.707,44
Cabo Temporal		656,18	650,20	9.174,56	15	358,56	5.019,84	216,20	3.026,80	1.230,94	17.221,20
Soldado o Marinero Temporal		656,18	650,20	9.174,56	14	334,02	4.676,28	167	2.338	1.157,20	16.188,84

Ilustración 82 Tabla salarial actualizada 2024 para el personal de las Fuerzas Armadas [71]

Se cuenta con la mano de obra de un Soldado Permanente con especialización en mecánica y mantenimiento. El sueldo por tanto será de 17.838,18€ brutos anuales según la tabla de la Ilustración 82.

El personal de las Fuerzas Armadas en misión puede cobrar entre 2 y 3 veces su sueldo, debido a variables como el complemento específico (componente singular), dedicación especial o servicios extraordinarios. Estos complementos

varían en función del emplazamiento de la misión, peligrosidad, responsabilidad, preparación técnica, dietas, penosidad del puesto, especial rendimiento, etc.

Se ha estipulado, para este escenario, que el soldado cobra en esta misión 2,5 veces el equivalente a su salario bruto en condiciones normales. El resultado de multiplicar $2,5 \times 17.838,18\text{€}$ es $44.595,45\text{€/anuales}$.

Para obtener el coste real hay que añadir el porcentaje de impuestos que paga la empresa, en este caso el Estado. Este porcentaje normalmente supone un 30-40% adicional dependiendo de diferentes factores como pueden ser el sueldo bruto, IMS, tipo de contrato o si el soldado pertenece al Régimen de Clases Pasivas. Para las condiciones del puesto establecemos que el estado tendrá un coste adicional de un 33%.

El gasto final que supone el sueldo del soldado al estado es el resultado de la siguiente expresión:

$$44.595,45\text{€} \times 1,33 = 59.311,95\text{€/anuales.}$$

Se incrementa el gasto anual que supone el soldado al Estado en 3.500€ , que van asociados a formación, vestuario, elementos de protección, herramientas de trabajo, etc.

Por lo tanto, el gasto final que le supone el soldado al Estado es de:

$$59.311,95\text{€} + 3.500\text{€} = 62.811,95 \text{ €/ anuales.}$$

Para calcular el coste por hora de mano de obra se divide el gasto anual que conlleva el soldado al Estado, entre el número de horas que debe trabajar anualmente establecido por convenio. El número de horas de trabajo anuales asciende a 1.647 horas.

En conclusión, el coste de la hora de mano de obra para el Estado es de:

$$62.811,95\text{€}/1647\text{horas} = 38,13\text{€/hora.}$$

11.1.7 Cálculo del coste de mano de obra

Conociendo el coste de la hora de mano de obra de los Capítulos 11.1.5 y 11.1.6, el tiempo requerido para realizar cada intervención de la Tabla 24, el IPC anual de la Tabla 5 y el número de intervenciones que se realizan anualmente en función del uso que se le dé a cada GEL, se podrá calcular el coste de mano de obra.

Para calcular el coste de mano de obra anualmente se seguirá la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} & \text{Coste mano de obra} \\ & = \\ & \text{Coste hora mano de obra} \times \text{IPC del año} \times \text{Horas empleadas por intervencion} \times \text{N}^{\circ} \text{ de intervenciones} \end{aligned}$$

11.1.8 Coste total del mantenimiento preventivo

Para calcular el coste total asociado a realizar el plan mantenimiento preventivo según las condiciones del estudio se suma el coste total de los repuestos y el coste total de mano de obra.

Seguirá la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} & \text{Coste total del mantenimiento} \\ & = \\ & \text{Coste total repuestos} + \text{Coste total mano de obra} \end{aligned}$$

El precio de los repuestos será el mismo en ambos escenarios, la empresa mantenedora actúa como proveedor y tiene un margen de beneficio de un 22% en la comercialización de repuestos ofreciendo los precios de fabricante que también conseguiría el Estado por su cuenta.

En la siguiente tabla se muestran el número de horas invertidas en cada operación de mantenimiento anualmente y el total en 10 años para cada GEL de uso continuo:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	TIEMPO REQUERIDO	TIEMPO REQUERIDO EN HORAS	HORAS DEDICADAS AÑO 1	HORAS DEDICADAS AÑO 2	HORAS DEDICADAS AÑO 3	HORAS DEDICADAS AÑO 4	HORAS DEDICADAS AÑO 5	HORAS DEDICADAS AÑO 6	HORAS DEDICADAS AÑO 7	HORAS DEDICADAS AÑO 8	HORAS DEDICADAS AÑO 9	HORAS DEDICADAS AÑO 10	TOTAL HORAS DEDICADAS 10 AÑOS
	Grupo Eléctrico													
1	Inspección visual general	0:02	0,033 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	120,450 h
2	Verificar estado del panel de control	0:01	0,017 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	62,050 h
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anómalos	0:01	0,017 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	62,050 h
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	0:01	0,017 h	6,096 h	6,096 h	6,096 h	6,096 h	6,096 h	6,096 h	6,096 h	6,096 h	6,096 h	6,096 h	60,955 h
5	Verificar ausencia de fugas	0:05	0,083 h	4,565 h	4,648 h	4,648 h	4,648 h	4,648 h	4,648 h	4,648 h	4,648 h	4,648 h	4,648 h	46,397 h
6	Comprobar funcionamiento general	0:20	0,330 h	8,910 h	9,240 h	9,240 h	9,240 h	9,240 h	9,240 h	9,240 h	9,240 h	9,240 h	9,240 h	92,070 h
7	Verificar el estado de las baterías	0:05	0,083 h	2,241 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	23,157 h
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	0:10	0,167 h	4,509 h	4,676 h	4,676 h	4,676 h	4,676 h	4,676 h	4,676 h	4,676 h	4,676 h	4,676 h	46,593 h
9	Limpieza general	0:30	0,500 h	8,000 h	8,500 h	8,500 h	8,500 h	8,000 h	8,500 h	8,500 h	8,500 h	8,500 h	8,000 h	83,500 h
10	Verificar los pares de apriete	0:25	0,416 h	5,408 h	5,824 h	5,824 h	5,824 h	5,824 h	5,824 h	5,824 h	5,824 h	5,824 h	5,824 h	57,824 h
11	Sustitución de baterías	0:20	0,330 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,330 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,330 h	0,000 h	0,000 h	0,660 h
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	2:45	2,750 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	2,750 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	2,750 h	0,000 h	0,000 h	5,500 h
	Motor													
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	0,001 h	0,017 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	62,050 h
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	0,001 h	0,017 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	62,050 h
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	0,001 h	0,033 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	120,450 h
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	0,007 h	0,167 h	9,185 h	9,352 h	9,352 h	9,352 h	9,352 h	9,352 h	9,352 h	9,352 h	9,352 h	9,352 h	93,353 h
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	0,001 h	0,033 h	1,815 h	1,848 h	1,848 h	1,848 h	1,848 h	1,848 h	1,848 h	1,848 h	1,848 h	1,848 h	18,447 h
18	Drenado de agua del depósito combustible	0,001 h	0,033 h	1,815 h	1,848 h	1,848 h	1,848 h	1,848 h	1,848 h	1,848 h	1,848 h	1,848 h	1,848 h	18,447 h
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	0,007 h	0,167 h	4,509 h	4,676 h	4,676 h	4,676 h	4,676 h	4,676 h	4,676 h	4,676 h	4,676 h	4,676 h	46,593 h
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	0,001 h	0,033 h	0,891 h	0,924 h	0,924 h	0,924 h	0,924 h	0,924 h	0,924 h	0,924 h	0,924 h	0,924 h	9,207 h
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	0,003 h	0,083 h	2,241 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	23,157 h
22	Revisar el estado del sistema de escape	0,001 h	0,017 h	0,459 h	0,476 h	0,476 h	0,476 h	0,476 h	0,476 h	0,476 h	0,476 h	0,476 h	0,476 h	4,743 h
23	Inspección visual del turbocompresor	0,001 h	0,017 h	0,459 h	0,476 h	0,476 h	0,476 h	0,476 h	0,476 h	0,476 h	0,476 h	0,476 h	0,476 h	4,743 h
24	Limpieza del radiador de refrigeración	0,003 h	0,083 h	2,241 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	2,324 h	23,157 h
25	Sustitución del aceite	0,021 h	0,500 h	8,000 h	8,500 h	8,500 h	8,500 h	8,000 h	8,500 h	8,500 h	8,500 h	8,500 h	8,000 h	83,500 h
26	Sustitución del filtro de aceite	0,003 h	0,083 h	1,328 h	1,411 h	1,411 h	1,411 h	1,328 h	1,411 h	1,411 h	1,411 h	1,411 h	1,328 h	13,861 h
27	Sustitución del prefiltro de combustible	0,003 h	0,083 h	1,328 h	1,411 h	1,411 h	1,411 h	1,328 h	1,411 h	1,411 h	1,411 h	1,411 h	1,328 h	13,861 h
28	Sustitución filtro de combustible	0,003 h	0,083 h	1,328 h	1,411 h	1,411 h	1,411 h	1,328 h	1,411 h	1,411 h	1,411 h	1,411 h	1,328 h	13,861 h
29	Sustitución correa del ventilador	0,010 h	0,250 h	3,250 h	3,500 h	3,500 h	3,500 h	3,500 h	3,500 h	3,500 h	3,500 h	3,500 h	3,500 h	34,750 h
30	Sustitución filtro de aire	0,007 h	0,170 h	1,360 h	1,360 h	1,530 h	1,360 h	1,360 h	1,530 h	1,360 h	1,530 h	1,360 h	1,360 h	14,110 h
31	Sustitución correa de accesorios	0,017 h	0,416 h	2,496 h	2,912 h	2,912 h	2,912 h	2,912 h	2,912 h	2,912 h	2,912 h	2,912 h	2,912 h	28,704 h
32	Comprobación alternador	0,003 h	0,083 h	0,332 h	0,415 h	0,332 h	0,415 h	0,415 h	0,332 h	0,415 h	0,415 h	0,332 h	0,415 h	3,818 h
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	0,007 h	0,170 h	0,680 h	0,850 h	0,680 h	0,850 h	0,850 h	0,680 h	0,850 h	0,850 h	0,680 h	0,850 h	7,820 h
34	Ajuste de válvulas	0,125 h	3,000 h	9,000 h	9,000 h	12,000 h	9,000 h	12,000 h	9,000 h	12,000 h	9,000 h	12,000 h	9,000 h	102,000 h
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	0,052 h	1,250 h	2,500 h	3,750 h	3,750 h	3,750 h	2,500 h	3,750 h	3,750 h	3,750 h	3,750 h	2,500 h	33,750 h
36	Sustitución del refrigerante	0,028 h	0,667 h	1,334 h	2,001 h	2,001 h	2,001 h	1,334 h	2,001 h	2,001 h	2,001 h	2,001 h	1,334 h	18,009 h
	Alternador													
37	Revisar temperaturas de funcionamiento	0,001 h	0,033 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	120,450 h
38	Verificar parámetros de funcionamiento	0,001 h	0,017 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	62,050 h
39	Verificar ventilación	0,001 h	0,017 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	62,050 h
40	Limpieza ventilación	0,010 h	0,250 h	6,750 h	7,000 h	7,000 h	7,000 h	7,000 h	7,000 h	7,000 h	7,000 h	7,000 h	7,000 h	69,750 h
41	Revisar devanados	0,024 h	0,583 h	1,166 h	1,166 h	1,166 h	1,166 h	1,166 h	1,166 h	1,166 h	1,166 h	1,166 h	1,166 h	11,660 h
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	0,028 h	0,667 h	1,334 h	1,334 h	1,334 h	1,334 h	1,334 h	1,334 h	1,334 h	1,334 h	1,334 h	1,334 h	13,340 h
43	Sustituir cojinetes y rodamientos	0,083 h	2,000 h	0,000 h	2,000 h	2,000 h	2,000 h	2,000 h	2,000 h	0,000 h	2,000 h	2,000 h	2,000 h	16,000 h
44	Sustitución diodos y varistores	0,021 h	0,500 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,500 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,500 h	0,000 h	0,000 h	1,000 h
45	Sustituir calentador anticondensación	0,021 h	0,500 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,500 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,500 h	0,000 h	0,000 h	1,000 h

Tabla 22 Horas dedicadas anualmente y el total en 10 años para cada operación de mantenimiento en cada GEL de uso continuo. Fuente: Elaboración propia [72]

En la siguiente tabla se muestran el número de horas invertidas en cada operación de mantenimiento anualmente y el total en 10 años para cada GEL de emergencia:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	TIEMPO REQUERIDO	TIEMPO REQUERIDO EN HORAS	HORAS DEDICADAS AÑO 1	HORAS DEDICADAS AÑO 2	HORAS DEDICADAS AÑO 3	HORAS DEDICADAS AÑO 4	HORAS DEDICADAS AÑO 5	HORAS DEDICADAS AÑO 6	HORAS DEDICADAS AÑO 7	HORAS DEDICADAS AÑO 8	HORAS DEDICADAS AÑO 9	HORAS DEDICADAS AÑO 10	TOTAL HORAS DEDICADAS 10 AÑOS
	Grupo Eléctrico													
1	Inspección visual general	0:02	0,033 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	120,450 h
2	Verificar estado del panel de control	0:01	0,017 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	62,050 h
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	0:01	0,017 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	62,050 h
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	0:01	0,017 h	6,096 h	6,096 h	6,096 h	6,096 h	6,096 h	6,096 h	6,096 h	6,096 h	6,096 h	6,096 h	60,956 h
5	Verificar ausencia de fugas	0:05	0,083 h	0,415 h	0,415 h	0,415 h	0,498 h	0,415 h	0,415 h	0,415 h	0,498 h	0,415 h	0,415 h	4,316 h
6	Comprobar funcionamiento general	0:20	0,330 h	0,660 h	0,990 h	0,660 h	0,990 h	0,990 h	0,660 h	0,990 h	0,990 h	0,660 h	0,990 h	8,580 h
7	Verificar el estado de las baterías	0:05	0,083 h	0,166 h	0,249 h	0,166 h	0,249 h	0,249 h	0,166 h	0,249 h	0,249 h	0,166 h	0,249 h	2,158 h
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	0:10	0,167 h	0,334 h	0,501 h	0,334 h	0,501 h	0,501 h	0,334 h	0,501 h	0,501 h	0,334 h	0,501 h	4,342 h
9	Limpieza general	0:30	0,500 h	0,500 h	1,000 h	0,500 h	1,000 h	0,500 h	1,000 h	0,500 h	1,000 h	0,500 h	1,000 h	7,500 h
10	Verificar los pares de apriete	0:25	0,416 h	0,416 h	0,416 h	0,416 h	0,832 h	0,416 h	0,416 h	0,832 h	0,416 h	0,416 h	0,832 h	5,408 h
11	Sustitución de baterías	0:20	0,330 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,330 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,330 h	0,660 h
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	2:45	2,750 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	2,750 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	2,750 h	5,500 h
	Motor													
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	0,001 h	0,017 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	62,050 h
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	0,001 h	0,017 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	62,050 h
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	0,001 h	0,033 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	120,450 h
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	0,007 h	0,167 h	0,835 h	0,835 h	0,835 h	1,002 h	0,835 h	0,835 h	0,835 h	1,002 h	0,835 h	0,835 h	8,684 h
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	0,001 h	0,033 h	0,165 h	0,165 h	0,165 h	0,198 h	0,165 h	0,165 h	0,165 h	0,198 h	0,165 h	0,165 h	1,716 h
18	Drenado de agua del depósito combustible	0,001 h	0,033 h	0,165 h	0,165 h	0,165 h	0,198 h	0,165 h	0,165 h	0,165 h	0,198 h	0,165 h	0,165 h	1,716 h
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	0,007 h	0,167 h	0,334 h	0,501 h	0,334 h	0,501 h	0,501 h	0,334 h	0,501 h	0,501 h	0,334 h	0,501 h	4,342 h
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	0,001 h	0,033 h	0,066 h	0,099 h	0,066 h	0,099 h	0,099 h	0,066 h	0,099 h	0,099 h	0,066 h	0,099 h	0,858 h
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	0,003 h	0,083 h	0,166 h	0,249 h	0,166 h	0,249 h	0,249 h	0,166 h	0,249 h	0,249 h	0,166 h	0,249 h	2,158 h
22	Revisar el estado del sistema de escape	0,001 h	0,017 h	0,034 h	0,051 h	0,034 h	0,051 h	0,051 h	0,034 h	0,051 h	0,051 h	0,034 h	0,051 h	0,442 h
23	Inspección visual del turbocompresor	0,001 h	0,017 h	0,034 h	0,051 h	0,034 h	0,051 h	0,051 h	0,034 h	0,051 h	0,051 h	0,034 h	0,051 h	0,442 h
24	Limpieza del radiador de refrigeración	0,003 h	0,083 h	0,166 h	0,249 h	0,166 h	0,249 h	0,249 h	0,166 h	0,249 h	0,249 h	0,166 h	0,249 h	2,158 h
25	Sustitución del aceite	0,021 h	0,500 h	0,500 h	1,000 h	0,500 h	1,000 h	0,500 h	1,000 h	0,500 h	1,000 h	0,500 h	1,000 h	7,500 h
26	Sustitución del filtro de aceite	0,003 h	0,083 h	0,083 h	0,166 h	0,083 h	0,166 h	0,083 h	0,166 h	0,083 h	0,166 h	0,083 h	0,166 h	1,245 h
27	Sustitución del prefiltro de combustible	0,003 h	0,083 h	0,083 h	0,166 h	0,083 h	0,166 h	0,083 h	0,166 h	0,083 h	0,166 h	0,083 h	0,166 h	1,245 h
28	Sustitución filtro de combustible	0,003 h	0,083 h	0,083 h	0,166 h	0,083 h	0,166 h	0,083 h	0,166 h	0,083 h	0,166 h	0,083 h	0,166 h	1,245 h
29	Sustitución correa del ventilador	0,010 h	0,250 h	0,250 h	0,250 h	0,250 h	0,500 h	0,250 h	0,250 h	0,250 h	0,250 h	0,250 h	0,250 h	3,250 h
30	Sustitución filtro de aire	0,007 h	0,170 h	0,170 h	0,170 h	0,170 h	0,170 h	0,170 h	0,170 h	0,170 h	0,170 h	0,170 h	0,170 h	1,700 h
31	Sustitución correa de accesorios	0,017 h	0,416 h	0,000 h	0,416 h	0,000 h	0,416 h	0,416 h	0,000 h	0,416 h	0,416 h	0,000 h	0,416 h	2,496 h
32	Comprobación alternador	0,003 h	0,083 h	0,083 h	0,083 h	0,083 h	0,083 h	0,083 h	0,083 h	0,083 h	0,083 h	0,083 h	0,083 h	0,830 h
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	0,007 h	0,170 h	0,170 h	0,170 h	0,170 h	0,170 h	0,170 h	0,170 h	0,170 h	0,170 h	0,170 h	0,170 h	1,700 h
34	Ajuste de válvulas	0,125 h	3,000 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	3,000 h	0,000 h	0,000 h	3,000 h	0,000 h	0,000 h	3,000 h	9,000 h
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	0,052 h	1,250 h	0,000 h	1,250 h	0,000 h	1,250 h	0,000 h	1,250 h	0,000 h	1,250 h	0,000 h	1,250 h	6,250 h
36	Sustitución del refrigerante	0,028 h	0,667 h	0,000 h	0,667 h	0,000 h	0,667 h	0,000 h	0,667 h	0,000 h	0,667 h	0,000 h	0,667 h	3,335 h
	Alternador													
37	Revisar temperaturas de funcionamiento	0,001 h	0,033 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	12,045 h	120,450 h
38	Verificar parámetros de funcionamiento	0,001 h	0,017 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	62,050 h
39	Verificar ventilación	0,001 h	0,017 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	6,205 h	62,050 h
40	Limpieza ventilación	0,010 h	0,250 h	0,500 h	0,750 h	0,500 h	0,750 h	0,750 h	0,500 h	0,750 h	0,750 h	0,500 h	0,750 h	6,500 h
41	Revisar devanados	0,024 h	0,583 h	1,166 h	1,166 h	1,166 h	1,166 h	1,166 h	1,166 h	1,166 h	1,166 h	1,166 h	1,166 h	11,660 h
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	0,028 h	0,667 h	1,334 h	1,334 h	1,334 h	1,334 h	1,334 h	1,334 h	1,334 h	1,334 h	1,334 h	1,334 h	13,340 h
43	Sustituir cojinetes y rodamientos	0,083 h	2,000 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	2,000 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	2,000 h	0,000 h	0,000 h	4,000 h
44	Sustitución diodos y varistores	0,021 h	0,500 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,500 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,500 h	1,000 h
45	Sustituir calentador anticongelación	0,021 h	0,500 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,500 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,000 h	0,500 h	1,000 h

Tabla 23 Horas dedicadas anualmente y el total en 10 años para cada operación de mantenimiento en cada GEL de emergencia. Fuente: Elaboración propia [72]

11.2 Servicio Subcontratado:

Partiendo de la información anteriormente detallada, se ha elaborado la siguiente tabla que detalla los costes de mano de obra anuales y totales según la operación de mantenimiento realizada para cada GEL de uso continuo en servicio subcontratado:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	COSTE HORA MANO DE OBRA	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE DURANTE 10 AÑOS
	Grupo Eléctrogeno												
1	Inspección visual general	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
2	Verificar estado del panel de control	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	38,13 €/h	232,42 €	238,66 €	244,90 €	251,14 €	257,38 €	263,62 €	269,86 €	276,11 €	282,35 €	288,59 €	2.605,04 €
5	Verificar ausencia de fugas	38,13 €/h	174,06 €	181,99 €	186,75 €	191,50 €	196,26 €	201,02 €	205,78 €	210,54 €	215,30 €	220,06 €	1.983,25 €
6	Comprobar funcionamiento general	38,13 €/h	339,74 €	361,78 €	371,24 €	380,70 €	390,16 €	399,62 €	409,08 €	418,54 €	428,00 €	437,46 €	3.936,32 €
7	erificar el estado de las baterías	38,13 €/h	85,45 €	90,99 €	93,37 €	95,75 €	98,13 €	100,51 €	102,89 €	105,27 €	107,65 €	110,03 €	990,04 €
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	61,77 €/h	278,52 €	296,59 €	304,35 €	312,10 €	319,86 €	327,61 €	335,37 €	343,12 €	350,88 €	358,63 €	3.227,04 €
9	Limpieza general	38,13 €/h	305,04 €	332,81 €	341,51 €	350,21 €	337,80 €	367,62 €	376,32 €	385,02 €	393,72 €	378,75 €	3.568,80 €
10	Verificar los pares de apriete	61,77 €/h	334,05 €	369,41 €	379,07 €	388,73 €	398,39 €	408,04 €	417,70 €	427,36 €	437,02 €	446,68 €	4.006,45 €
11	Sustitución de baterías	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	22,03 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	24,22 €	0,00 €	0,00 €	46,24 €
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	183,55 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	201,79 €	0,00 €	0,00 €	385,34 €
	Motor												
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	61,77 €/h	567,36 €	593,18 €	608,69 €	624,20 €	639,72 €	655,23 €	670,74 €	686,25 €	701,76 €	717,27 €	6.464,39 €
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	38,13 €/h	69,21 €	72,36 €	74,25 €	76,14 €	78,03 €	79,92 €	81,82 €	83,71 €	85,60 €	87,49 €	788,52 €
18	Drenado de agua del depósito combustible	38,13 €/h	69,21 €	72,36 €	74,25 €	76,14 €	78,03 €	79,92 €	81,82 €	83,71 €	85,60 €	87,49 €	788,52 €
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	38,13 €/h	171,93 €	183,08 €	187,87 €	192,66 €	197,44 €	202,23 €	207,02 €	211,81 €	216,59 €	221,38 €	1.992,02 €
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	61,77 €/h	55,04 €	58,61 €	60,14 €	61,67 €	63,21 €	64,74 €	66,27 €	67,80 €	69,34 €	70,87 €	637,68 €
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es	61,77 €/h	138,43 €	147,41 €	151,26 €	155,12 €	158,97 €	162,83 €	166,68 €	170,53 €	174,39 €	178,24 €	1.603,86 €
22	Revisar el estado del sistema de escape	38,13 €/h	17,50 €	18,64 €	19,12 €	19,61 €	20,10 €	20,59 €	21,07 €	21,56 €	22,05 €	22,54 €	202,78 €
23	Inspección visual del turbocomprensor	38,13 €/h	17,50 €	18,64 €	19,12 €	19,61 €	20,10 €	20,59 €	21,07 €	21,56 €	22,05 €	22,54 €	202,78 €
24	Limpieza del radiador de refrigeración	38,13 €/h	85,45 €	90,99 €	93,37 €	95,75 €	98,13 €	100,51 €	102,89 €	105,27 €	107,65 €	110,03 €	990,04 €
25	Sustitución del aceite	61,77 €/h	494,16 €	539,14 €	553,24 €	567,34 €	547,23 €	595,53 €	609,63 €	623,73 €	637,82 €	613,57 €	5.781,40 €
26	Sustitución del filtro de aceite	61,77 €/h	82,03 €	89,50 €	91,84 €	94,18 €	90,84 €	98,86 €	101,20 €	103,54 €	105,88 €	101,85 €	959,71 €
27	Sustitución del prefiltro de combustible	61,77 €/h	82,03 €	89,50 €	91,84 €	94,18 €	90,84 €	98,86 €	101,20 €	103,54 €	105,88 €	101,85 €	959,71 €
28	Sustitución filtro de combustible	61,77 €/h	82,03 €	89,50 €	91,84 €	94,18 €	90,84 €	98,86 €	101,20 €	103,54 €	105,88 €	101,85 €	959,71 €
29	Sustitución correa del ventilador	61,77 €/h	200,75 €	222,00 €	227,80 €	233,61 €	239,41 €	245,22 €	251,02 €	256,83 €	262,63 €	268,44 €	2.407,73 €
30	Sustitución filtro de aire	61,77 €/h	84,01 €	86,26 €	99,58 €	90,77 €	93,03 €	107,20 €	97,54 €	112,27 €	102,05 €	104,31 €	977,02 €
31	ustitución correa de accesorios	61,77 €/h	154,18 €	184,70 €	189,53 €	194,36 €	199,19 €	204,02 €	208,85 €	213,68 €	218,51 €	223,34 €	1.990,38 €
32	Comprobación alternador	38,13 €/h	12,66 €	16,25 €	13,34 €	17,10 €	17,52 €	14,36 €	18,37 €	18,80 €	15,38 €	19,65 €	163,43 €
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	61,77 €/h	42,00 €	53,91 €	44,26 €	56,73 €	58,14 €	47,64 €	60,96 €	62,37 €	51,03 €	65,19 €	542,25 €
34	Ajuste de válvulas	61,77 €/h	555,93 €	570,86 €	781,04 €	600,71 €	820,85 €	630,56 €	860,65 €	660,42 €	900,46 €	690,27 €	7.071,75 €
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	61,77 €/h	154,43 €	237,86 €	244,08 €	250,30 €	171,01 €	262,73 €	268,95 €	275,17 €	281,39 €	191,74 €	2.337,66 €
36	Sustitución del refrigerante	61,77 €/h	82,40 €	126,92 €	130,24 €	133,56 €	91,25 €	140,20 €	143,51 €	146,83 €	150,15 €	102,31 €	1.247,38 €
	Alternador												
37	Revisar temperaturas de funcionamiento	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
38	Verificar parámetros de funcionamiento	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
39	Verificar ventilación	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
40	Limpieza ventilación	61,77 €/h	416,95 €	444,00 €	455,61 €	467,22 €	478,83 €	490,44 €	502,05 €	513,66 €	525,27 €	536,88 €	4.830,89 €
41	Revisar devanados	61,77 €/h	72,02 €	73,96 €	75,89 €	77,83 €	79,76 €	81,69 €	83,63 €	85,56 €	87,49 €	89,43 €	807,26 €
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	61,77 €/h	82,40 €	84,61 €	86,83 €	89,04 €	91,25 €	93,46 €	95,68 €	97,89 €	100,10 €	102,31 €	923,57 €
43	ustituir cojinetes y rodamientos	61,77 €/h	0,00 €	126,86 €	130,17 €	133,49 €	136,81 €	140,13 €	0,00 €	146,76 €	150,08 €	153,39 €	1.117,68 €
44	Sustitución diodos y varistores	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	33,37 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	36,69 €	0,00 €	0,00 €	70,06 €
45	Sustituir calentador anticondensación	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	33,37 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	36,69 €	0,00 €	0,00 €	70,06 €
	COSTE TOTAL MANO DE OBRA		8.336,29 €	9.035,84 €	9.464,03 €	9.780,70 €	9.746,38 €	9.977,32 €	10.288,90 €	10.765,31 €	10.898,23 €	10.697,84 €	98.990,84 €

Tabla 24 Costes de mano de obra para cada GEL de uso continuo en escenario subcontratado. Fuente: Elaboración propia [72]

Por otro lado, la siguiente tabla muestra los costes de mano de obra anuales y totales según la operación de mantenimiento realizada para cada GEL de emergencia en servicio subcontratado:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	COSTE HORA MANO DE OBRA	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE DURANTE 10 AÑOS
	Grupo Eléctrico												
1	Inspección visual general	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
2	Verificar estado del panel de control	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	38,13 €/h	232,42 €	238,66 €	244,90 €	251,14 €	257,38 €	263,62 €	269,86 €	276,11 €	282,35 €	288,59 €	2.605,04 €
5	Verificar ausencia de fugas	38,13 €/h	15,82 €	16,25 €	16,67 €	20,52 €	17,52 €	17,95 €	18,37 €	22,56 €	19,22 €	19,65 €	184,54 €
6	Comprobar funcionamiento general	38,13 €/h	25,17 €	38,76 €	26,52 €	40,79 €	41,80 €	28,54 €	43,83 €	44,84 €	30,57 €	46,87 €	367,70 €
7	Verificar el estado de las baterías	38,13 €/h	6,33 €	9,75 €	6,67 €	10,26 €	10,51 €	7,18 €	11,02 €	11,28 €	7,69 €	11,79 €	92,48 €
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	61,77 €/h	20,63 €	31,78 €	21,74 €	33,44 €	34,27 €	23,40 €	35,93 €	36,76 €	25,06 €	38,43 €	301,44 €
9	Limpieza general	38,13 €/h	19,07 €	39,15 €	20,09 €	41,20 €	21,11 €	43,25 €	44,27 €	22,65 €	46,32 €	23,67 €	320,78 €
10	Verificar los pares de apriete	61,77 €/h	25,70 €	26,39 €	27,08 €	55,53 €	28,46 €	29,15 €	59,67 €	30,53 €	31,22 €	63,81 €	377,52 €
11	Sustitución de baterías	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	22,57 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	25,31 €	47,88 €
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	188,11 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	210,92 €	399,03 €
	Motor												
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	61,77 €/h	51,58 €	52,96 €	54,35 €	66,88 €	57,12 €	58,50 €	59,89 €	73,53 €	62,66 €	64,04 €	601,50 €
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	38,13 €/h	6,29 €	6,46 €	6,63 €	8,16 €	6,97 €	7,14 €	7,31 €	8,97 €	7,64 €	7,81 €	73,37 €
18	Drenado de agua del depósito combustible	38,13 €/h	6,29 €	6,46 €	6,63 €	8,16 €	6,97 €	7,14 €	7,31 €	8,97 €	7,64 €	7,81 €	73,37 €
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	38,13 €/h	12,74 €	19,62 €	13,42 €	20,64 €	21,15 €	14,45 €	22,18 €	22,69 €	15,47 €	23,72 €	186,08 €
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	61,77 €/h	4,08 €	6,28 €	4,30 €	6,61 €	6,77 €	4,62 €	7,10 €	7,26 €	4,95 €	7,59 €	59,57 €
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	61,77 €/h	10,25 €	15,79 €	10,80 €	16,62 €	17,03 €	11,63 €	17,86 €	18,27 €	12,46 €	19,10 €	149,82 €
22	Revisar el estado del sistema de escape	38,13 €/h	1,30 €	2,00 €	1,37 €	2,10 €	2,15 €	1,47 €	2,26 €	2,31 €	1,57 €	2,41 €	18,94 €
23	Inspección visual del turbocompresor	38,13 €/h	1,30 €	2,00 €	1,37 €	2,10 €	2,15 €	1,47 €	2,26 €	2,31 €	1,57 €	2,41 €	18,94 €
24	Limpieza del radiador de refrigeración	38,13 €/h	6,33 €	9,75 €	6,67 €	10,26 €	10,51 €	7,18 €	11,02 €	11,28 €	7,69 €	11,79 €	92,48 €
25	Sustitución del aceite	61,77 €/h	30,89 €	63,43 €	32,54 €	66,75 €	34,20 €	70,06 €	71,72 €	36,69 €	75,04 €	38,35 €	519,66 €
26	Sustitución del filtro de aceite	61,77 €/h	5,13 €	10,53 €	5,40 €	11,08 €	5,68 €	11,63 €	11,91 €	6,09 €	12,46 €	6,37 €	86,26 €
27	Sustitución del prefiltro de combustible	61,77 €/h	5,13 €	10,53 €	5,40 €	11,08 €	5,68 €	11,63 €	11,91 €	6,09 €	12,46 €	6,37 €	86,26 €
28	Sustitución filtro de combustible	61,77 €/h	5,13 €	10,53 €	5,40 €	11,08 €	5,68 €	11,63 €	11,91 €	6,09 €	12,46 €	6,37 €	86,26 €
29	Sustitución correa del ventilador	61,77 €/h	15,44 €	15,86 €	16,27 €	33,37 €	17,10 €	17,52 €	35,86 €	18,34 €	18,76 €	38,35 €	226,87 €
30	Sustitución filtro de aire	61,77 €/h	10,50 €	10,78 €	11,06 €	11,35 €	11,63 €	11,91 €	12,19 €	12,47 €	12,76 €	13,04 €	117,70 €
31	Sustitución correa de accesorios	61,77 €/h	0,00 €	26,39 €	0,00 €	27,77 €	28,46 €	0,00 €	29,84 €	30,53 €	0,00 €	31,91 €	174,88 €
32	Comprobación alternador	38,13 €/h	3,16 €	3,25 €	3,33 €	3,42 €	3,50 €	3,59 €	3,67 €	3,76 €	3,84 €	3,93 €	35,47 €
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	61,77 €/h	10,50 €	10,78 €	11,06 €	11,35 €	11,63 €	11,91 €	12,19 €	12,47 €	12,76 €	13,04 €	117,70 €
34	Ajuste de válvulas	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	200,24 €	0,00 €	0,00 €	215,16 €	0,00 €	0,00 €	230,09 €	645,49 €
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	61,77 €/h	0,00 €	79,29 €	0,00 €	83,43 €	0,00 €	87,58 €	0,00 €	91,72 €	0,00 €	95,87 €	437,89 €
36	Sustitución del refrigerante	61,77 €/h	0,00 €	42,31 €	0,00 €	44,52 €	0,00 €	46,73 €	0,00 €	48,94 €	0,00 €	51,16 €	233,66 €
	Alternador												
37	Revisar temperaturas de funcionamiento	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
38	Verificar parámetros de funcionamiento	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
39	Verificar ventilación	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
40	Limpieza ventilación	61,77 €/h	30,89 €	47,57 €	32,54 €	50,06 €	51,30 €	35,03 €	53,79 €	55,03 €	37,52 €	57,52 €	451,26 €
41	Revisar devanados	61,77 €/h	72,02 €	73,96 €	75,89 €	77,83 €	79,76 €	81,69 €	83,63 €	85,56 €	87,49 €	89,43 €	807,26 €
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	61,77 €/h	82,40 €	84,61 €	86,83 €	89,04 €	91,25 €	93,46 €	95,68 €	97,89 €	100,10 €	102,31 €	923,57 €
43	Sustituir cojinetes y rodamientos	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	133,49 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	146,76 €	0,00 €	0,00 €	280,25 €
44	Sustitución diodos y varistores	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	34,20 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	38,35 €	72,55 €
45	Sustituir calentador anticondensación	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	34,20 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	38,35 €	72,55 €
	COSTE TOTAL MANO DE OBRA		3.513,87 €	3.884,38 €	3.702,57 €	4.482,99 €	4.264,70 €	4.194,02 €	4.517,67 €	4.581,95 €	4.348,02 €	5.209,91 €	42.700,08 €

Tabla 25 Costes de mano de obra para cada GEL de emergencia en escenario subcontratado. Fuente: Elaboración propia [72]

Como tenemos 4 GEL de uso continuo y 2 de emergencia, se debe multiplicar por 4 la Tabla 22 y por 2 la Tabla 23 para obtener el coste total que supone el mantenimiento de los GEL instalados en el escenario subcontratado.

La siguiente tabla muestra los costes de mano de obra anuales y totales según la operación de mantenimiento realizada para los 4 GEL de uso continuo instalados en servicio subcontratado:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	COSTE HORA MANO DE OBRA	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE DURANTE 10 AÑOS
	Grupo Electrógeno												
1	Inspección visual general	38,13 €/h	1.837,10 €	1.886,43 €	1.935,76 €	1.985,08 €	2.034,41 €	2.083,73 €	2.133,06 €	2.182,39 €	2.231,71 €	2.281,04 €	20.590,71 €
2	Verificar estado del panel de control	38,13 €/h	946,39 €	971,80 €	997,21 €	1.022,62 €	1.048,03 €	1.073,44 €	1.098,85 €	1.124,26 €	1.149,67 €	1.175,08 €	10.607,34 €
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	38,13 €/h	946,39 €	971,80 €	997,21 €	1.022,62 €	1.048,03 €	1.073,44 €	1.098,85 €	1.124,26 €	1.149,67 €	1.175,08 €	10.607,34 €
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	38,13 €/h	929,69 €	954,65 €	979,61 €	1.004,57 €	1.029,53 €	1.054,50 €	1.079,46 €	1.104,42 €	1.129,38 €	1.154,34 €	10.420,15 €
5	Verificar ausencia de fugas	38,13 €/h	696,25 €	727,95 €	746,98 €	766,02 €	785,05 €	804,08 €	823,12 €	842,15 €	861,19 €	880,22 €	7.933,01 €
6	Comprobar funcionamiento general	38,13 €/h	1.358,95 €	1.447,12 €	1.484,96 €	1.522,80 €	1.560,64 €	1.598,48 €	1.636,32 €	1.674,16 €	1.712,00 €	1.749,84 €	15.745,28 €
7	Verificar el estado de las baterías	38,13 €/h	341,80 €	363,97 €	373,49 €	383,01 €	392,53 €	402,04 €	411,56 €	421,08 €	430,59 €	440,11 €	3.960,18 €
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	61,77 €/h	1.114,08 €	1.186,37 €	1.217,39 €	1.248,41 €	1.279,43 €	1.310,45 €	1.341,47 €	1.372,49 €	1.403,51 €	1.434,54 €	12.908,15 €
9	Limpieza general	38,13 €/h	1.220,16 €	1.331,23 €	1.366,04 €	1.400,85 €	1.351,21 €	1.470,46 €	1.505,27 €	1.540,08 €	1.574,89 €	1.515,01 €	14.275,20 €
10	Verificar los pares de apriete	61,77 €/h	1.336,21 €	1.477,63 €	1.516,27 €	1.554,90 €	1.593,54 €	1.632,18 €	1.670,82 €	1.709,45 €	1.748,09 €	1.786,73 €	16.025,82 €
11	Sustitución de baterías	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	88,10 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	96,86 €	0,00 €	0,00 €	184,97 €
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	734,20 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	807,18 €	0,00 €	0,00 €	1.541,38 €
	Motor												
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	38,13 €/h	946,39 €	971,80 €	997,21 €	1.022,62 €	1.048,03 €	1.073,44 €	1.098,85 €	1.124,26 €	1.149,67 €	1.175,08 €	10.607,34 €
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es	38,13 €/h	946,39 €	971,80 €	997,21 €	1.022,62 €	1.048,03 €	1.073,44 €	1.098,85 €	1.124,26 €	1.149,67 €	1.175,08 €	10.607,34 €
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y	38,13 €/h	1.837,10 €	1.886,43 €	1.935,76 €	1.985,08 €	2.034,41 €	2.083,73 €	2.133,06 €	2.182,39 €	2.231,71 €	2.281,04 €	20.590,71 €
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	61,77 €/h	2.269,43 €	2.372,73 €	2.434,78 €	2.496,82 €	2.558,86 €	2.620,90 €	2.682,94 €	2.744,99 €	2.807,03 €	2.869,07 €	25.857,55 €
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	38,13 €/h	276,82 €	289,42 €	296,99 €	304,56 €	312,13 €	319,70 €	327,26 €	334,83 €	342,40 €	349,97 €	3.154,09 €
18	Drenado de agua del depósito combustible	38,13 €/h	276,82 €	289,42 €	296,99 €	304,56 €	312,13 €	319,70 €	327,26 €	334,83 €	342,40 €	349,97 €	3.154,09 €
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	38,13 €/h	687,71 €	732,33 €	751,48 €	770,63 €	789,78 €	808,93 €	828,08 €	847,23 €	866,38 €	885,52 €	7.968,07 €
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	61,77 €/h	220,15 €	234,43 €	240,56 €	246,69 €	252,82 €	258,95 €	265,08 €	271,21 €	277,34 €	283,47 €	2.550,71 €
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es	61,77 €/h	553,71 €	589,63 €	605,05 €	620,47 €	635,88 €	651,30 €	666,72 €	682,14 €	697,56 €	712,97 €	6.415,43 €
22	Revisar el estado del sistema de escape	38,13 €/h	70,01 €	74,55 €	76,50 €	78,45 €	80,40 €	82,35 €	84,30 €	86,24 €	88,19 €	90,14 €	811,12 €
23	Inspección visual del turbocompresor	38,13 €/h	70,01 €	74,55 €	76,50 €	78,45 €	80,40 €	82,35 €	84,30 €	86,24 €	88,19 €	90,14 €	811,12 €
24	Limpieza del radiador de refrigeración	38,13 €/h	341,80 €	363,97 €	373,49 €	383,01 €	392,53 €	402,04 €	411,56 €	421,08 €	430,59 €	440,11 €	3.960,18 €
25	Sustitución del aceite	61,77 €/h	1.976,64 €	2.156,57 €	2.212,96 €	2.269,35 €	2.188,93 €	2.382,13 €	2.438,52 €	2.494,91 €	2.551,30 €	2.454,30 €	23.125,60 €
26	Sustitución del filtro de aceite	61,77 €/h	328,12 €	357,99 €	367,35 €	376,71 €	363,36 €	395,43 €	404,79 €	414,15 €	423,52 €	407,41 €	3.838,85 €
27	Sustitución del prefiltro de combustible	61,77 €/h	328,12 €	357,99 €	367,35 €	376,71 €	363,36 €	395,43 €	404,79 €	414,15 €	423,52 €	407,41 €	3.838,85 €
28	Sustitución filtro de combustible	61,77 €/h	328,12 €	357,99 €	367,35 €	376,71 €	363,36 €	395,43 €	404,79 €	414,15 €	423,52 €	407,41 €	3.838,85 €
29	Sustitución correa del ventilador	61,77 €/h	803,01 €	888,00 €	911,22 €	934,44 €	957,66 €	980,88 €	1.004,10 €	1.027,32 €	1.050,53 €	1.073,75 €	9.630,90 €
30	Sustitución filtro de aire	61,77 €/h	336,03 €	345,05 €	398,33 €	363,10 €	372,12 €	428,78 €	390,16 €	449,08 €	408,21 €	417,23 €	3.908,09 €
31	Sustitución correa de accesorios	61,77 €/h	616,71 €	738,82 €	758,13 €	777,45 €	796,77 €	816,09 €	835,41 €	854,73 €	874,04 €	893,36 €	7.961,52 €
32	Comprobación alternador	38,13 €/h	50,64 €	65,00 €	53,36 €	68,39 €	70,09 €	57,43 €	73,49 €	75,19 €	61,51 €	78,59 €	653,70 €
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	61,77 €/h	168,01 €	215,66 €	177,04 €	226,93 €	232,57 €	190,57 €	243,85 €	249,49 €	204,10 €	260,77 €	2.169,00 €
34	Ajuste de válvulas	61,77 €/h	2.223,72 €	2.283,43 €	3.124,18 €	2.402,84 €	3.283,40 €	2.522,25 €	3.442,62 €	2.641,67 €	3.601,83 €	2.761,08 €	28.287,02 €
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	61,77 €/h	617,70 €	951,43 €	976,31 €	1.001,18 €	684,04 €	1.050,94 €	1.075,82 €	1.100,70 €	1.125,57 €	766,97 €	9.350,65 €
36	Sustitución del refrigerante	61,77 €/h	329,60 €	507,68 €	520,96 €	534,23 €	365,00 €	560,78 €	574,06 €	587,33 €	600,61 €	409,25 €	4.989,51 €
	Alternador												
37	Revisar temperaturas de funcionamiento	38,13 €/h	1.837,10 €	1.886,43 €	1.935,76 €	1.985,08 €	2.034,41 €	2.083,73 €	2.133,06 €	2.182,39 €	2.231,71 €	2.281,04 €	20.590,71 €
38	Verificar parámetros de funcionamiento	38,13 €/h	946,39 €	971,80 €	997,21 €	1.022,62 €	1.048,03 €	1.073,44 €	1.098,85 €	1.124,26 €	1.149,67 €	1.175,08 €	10.607,34 €
39	Verificar ventilación	38,13 €/h	946,39 €	971,80 €	997,21 €	1.022,62 €	1.048,03 €	1.073,44 €	1.098,85 €	1.124,26 €	1.149,67 €	1.175,08 €	10.607,34 €
40	Limpieza ventilación	61,77 €/h	1.667,79 €	1.776,00 €	1.822,44 €	1.868,88 €	1.915,31 €	1.961,75 €	2.008,19 €	2.054,63 €	2.101,07 €	2.147,51 €	19.323,57 €
41	Revisar devanados	61,77 €/h	288,10 €	295,83 €	303,57 €	311,30 €	319,04 €	326,77 €	334,51 €	342,24 €	349,98 €	357,71 €	3.229,04 €
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	61,77 €/h	329,60 €	338,45 €	347,30 €	356,15 €	365,00 €	373,85 €	382,70 €	391,55 €	400,40 €	409,25 €	3.694,29 €
43	Sustituir cojinetes y rodamientos	61,77 €/h	0,00 €	507,43 €	520,70 €	533,96 €	547,23 €	560,50 €	0,00 €	587,04 €	600,31 €	613,57 €	4.470,74 €
44	Sustitución diodos y varistores	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	133,49 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	146,76 €	0,00 €	0,00 €	280,25 €
45	Sustituir calentador anticondensación	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	133,49 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	146,76 €	0,00 €	0,00 €	280,25 €
	COSTE TOTAL MANO DE OBRA		33.345,15 €	36.143,35 €	37.856,13 €	39.122,79 €	38.985,51 €	39.909,29 €	41.155,60 €	43.061,25 €	43.592,92 €	42.791,36 €	395.963,34 €

Tabla 26 Costes de mano de obra para los 4 GEL de uso continuo en escenario subcontratado. Fuente: Elaboración propia [72]

En la siguiente tabla se muestran los costes de mano de obra anuales y totales según la operación de mantenimiento realizada para los 2 GEL de emergencia en servicio subcontratado:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	COSTE HORA MANO DE OBRA	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE DURANTE 10 AÑOS
	Grupo Eléctrogeno												
1	Inspección visual general	38,13 €/h	918,55 €	943,21 €	967,88 €	992,54 €	1.017,20 €	1.041,87 €	1.066,53 €	1.091,19 €	1.115,86 €	1.140,52 €	10.295,36 €
2	Verificar estado del panel de control	38,13 €/h	473,19 €	485,90 €	498,60 €	511,31 €	524,01 €	536,72 €	549,42 €	562,13 €	574,84 €	587,54 €	5.303,67 €
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	38,13 €/h	473,19 €	485,90 €	498,60 €	511,31 €	524,01 €	536,72 €	549,42 €	562,13 €	574,84 €	587,54 €	5.303,67 €
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	38,13 €/h	464,84 €	477,32 €	489,80 €	502,29 €	514,77 €	527,25 €	539,73 €	552,21 €	564,69 €	577,17 €	5.210,07 €
5	Verificar ausencia de fugas	38,13 €/h	31,65 €	32,50 €	33,35 €	41,04 €	35,05 €	35,90 €	36,75 €	45,12 €	38,45 €	39,30 €	369,08 €
6	Comprobar funcionamiento general	38,13 €/h	50,33 €	77,52 €	53,03 €	81,58 €	83,61 €	57,09 €	87,66 €	89,69 €	61,14 €	93,74 €	735,40 €
7	Verificar el estado de las baterías	38,13 €/h	12,66 €	19,50 €	13,34 €	20,52 €	21,03 €	14,36 €	22,05 €	22,56 €	15,38 €	23,58 €	184,96 €
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	61,77 €/h	41,26 €	63,56 €	43,48 €	66,88 €	68,54 €	46,80 €	71,86 €	73,53 €	50,13 €	76,85 €	602,88 €
9	Limpieza general	38,13 €/h	38,13 €	78,31 €	40,18 €	82,40 €	42,23 €	86,50 €	88,55 €	45,30 €	92,64 €	47,34 €	641,57 €
10	Verificar los pares de apriete	61,77 €/h	51,39 €	52,77 €	54,15 €	111,06 €	56,91 €	58,29 €	119,34 €	61,05 €	62,43 €	127,62 €	755,04 €
11	Sustitución de baterías	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	45,15 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	50,62 €	95,77 €
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	376,22 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	421,83 €	798,05 €
	Motor												
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	38,13 €/h	473,19 €	485,90 €	498,60 €	511,31 €	524,01 €	536,72 €	549,42 €	562,13 €	574,84 €	587,54 €	5.303,67 €
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	38,13 €/h	473,19 €	485,90 €	498,60 €	511,31 €	524,01 €	536,72 €	549,42 €	562,13 €	574,84 €	587,54 €	5.303,67 €
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	38,13 €/h	918,55 €	943,21 €	967,88 €	992,54 €	1.017,20 €	1.041,87 €	1.066,53 €	1.091,19 €	1.115,86 €	1.140,52 €	10.295,36 €
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	61,77 €/h	103,16 €	105,93 €	108,70 €	133,76 €	114,23 €	117,00 €	119,77 €	147,05 €	125,31 €	128,08 €	1.203,00 €
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	38,13 €/h	12,58 €	12,92 €	13,26 €	16,32 €	13,93 €	14,27 €	14,61 €	17,94 €	15,29 €	15,62 €	146,74 €
18	Drenado de agua del depósito combustible	38,13 €/h	12,58 €	12,92 €	13,26 €	16,32 €	13,93 €	14,27 €	14,61 €	17,94 €	15,29 €	15,62 €	146,74 €
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	38,13 €/h	25,47 €	39,23 €	26,84 €	41,28 €	42,31 €	28,89 €	44,36 €	45,39 €	30,94 €	47,44 €	372,15 €
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	61,77 €/h	8,15 €	12,56 €	8,59 €	13,22 €	13,54 €	9,25 €	14,20 €	14,53 €	9,91 €	15,19 €	119,13 €
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	61,77 €/h	20,51 €	31,59 €	21,61 €	33,24 €	34,07 €	23,26 €	35,72 €	36,54 €	24,91 €	38,19 €	299,64 €
22	Revisar el estado del sistema de escape	38,13 €/h	2,59 €	3,99 €	2,73 €	4,20 €	4,31 €	2,94 €	4,52 €	4,62 €	3,15 €	4,83 €	37,88 €
23	Inspección visual del turbocompresor	38,13 €/h	2,59 €	3,99 €	2,73 €	4,20 €	4,31 €	2,94 €	4,52 €	4,62 €	3,15 €	4,83 €	37,88 €
24	Limpieza del radiador de refrigeración	38,13 €/h	12,66 €	19,50 €	13,34 €	20,52 €	21,03 €	14,36 €	22,05 €	22,56 €	15,38 €	23,58 €	184,96 €
25	Sustitución del aceite	61,77 €/h	61,77 €	126,86 €	65,09 €	133,49 €	68,40 €	140,13 €	143,44 €	73,38 €	150,08 €	76,70 €	1.039,33 €
26	Sustitución del filtro de aceite	61,77 €/h	10,25 €	21,06 €	10,80 €	22,16 €	11,36 €	23,26 €	23,81 €	12,18 €	24,91 €	12,73 €	172,53 €
27	Sustitución del prefiltro de combustible	61,77 €/h	10,25 €	21,06 €	10,80 €	22,16 €	11,36 €	23,26 €	23,81 €	12,18 €	24,91 €	12,73 €	172,53 €
28	Sustitución filtro de combustible	61,77 €/h	10,25 €	21,06 €	10,80 €	22,16 €	11,36 €	23,26 €	23,81 €	12,18 €	24,91 €	12,73 €	172,53 €
29	Sustitución correa del ventilador	61,77 €/h	30,89 €	31,71 €	32,54 €	66,75 €	34,20 €	35,03 €	71,72 €	36,69 €	37,52 €	76,70 €	453,75 €
30	Sustitución filtro de aire	61,77 €/h	21,00 €	21,57 €	22,13 €	22,69 €	23,26 €	23,82 €	24,39 €	24,95 €	25,51 €	26,08 €	235,39 €
31	Sustitución correa de accesorios	61,77 €/h	0,00 €	52,77 €	0,00 €	55,53 €	56,91 €	0,00 €	59,67 €	61,05 €	0,00 €	63,81 €	349,75 €
32	Comprobación alternador	38,13 €/h	6,33 €	6,50 €	6,67 €	6,84 €	7,01 €	7,18 €	7,35 €	7,52 €	7,69 €	7,86 €	70,94 €
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	61,77 €/h	21,00 €	21,57 €	22,13 €	22,69 €	23,26 €	23,82 €	24,39 €	24,95 €	25,51 €	26,08 €	235,39 €
34	Ajuste de válvulas	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	400,47 €	0,00 €	0,00 €	430,33 €	0,00 €	0,00 €	460,18 €	1.290,98 €
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	61,77 €/h	0,00 €	158,57 €	0,00 €	166,86 €	0,00 €	175,16 €	0,00 €	183,45 €	0,00 €	191,74 €	875,78 €
36	Sustitución del refrigerante	61,77 €/h	0,00 €	84,61 €	0,00 €	89,04 €	0,00 €	93,46 €	0,00 €	97,89 €	0,00 €	102,31 €	467,32 €
	Alternador												
37	Revisar temperaturas de funcionamiento	38,13 €/h	918,55 €	943,21 €	967,88 €	992,54 €	1.017,20 €	1.041,87 €	1.066,53 €	1.091,19 €	1.115,86 €	1.140,52 €	10.295,36 €
38	Verificar parámetros de funcionamiento	38,13 €/h	473,19 €	485,90 €	498,60 €	511,31 €	524,01 €	536,72 €	549,42 €	562,13 €	574,84 €	587,54 €	5.303,67 €
39	Verificar ventilación	38,13 €/h	473,19 €	485,90 €	498,60 €	511,31 €	524,01 €	536,72 €	549,42 €	562,13 €	574,84 €	587,54 €	5.303,67 €
40	Limpieza ventilación	61,77 €/h	61,77 €	95,14 €	65,09 €	100,12 €	102,61 €	70,06 €	107,58 €	110,07 €	75,04 €	115,05 €	902,52 €
41	Revisar devanados	61,77 €/h	144,05 €	147,92 €	151,78 €	155,65 €	159,52 €	163,39 €	167,25 €	171,12 €	174,99 €	178,86 €	1.614,52 €
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	61,77 €/h	164,80 €	169,23 €	173,65 €	178,08 €	182,50 €	186,93 €	191,35 €	195,78 €	200,20 €	204,63 €	1.847,15 €
43	Sustituir cojinetes y rodamientos	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	266,98 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	293,52 €	0,00 €	0,00 €	560,50 €
44	Sustitución diodos y varistores	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	68,40 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	76,70 €	145,10 €
45	Sustituir calentador anticorrosión	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	68,40 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	76,70 €	145,10 €
	COSTE TOTAL MANO DE OBRA		7.027,75 €	7.768,77 €	7.405,14 €	8.965,97 €	8.529,40 €	8.388,05 €	9.035,33 €	9.163,90 €	8.696,04 €	10.419,81 €	85.400,16 €

Tabla 27 Costes de mano de obra para los 2 GEL de emergencia en escenario subcontratado. Fuente: Elaboración propia [72]

La siguiente tabla refleja el coste total del mantenimiento subcontratado para los 4 GEL de uso continuo y surge como resultado de sumar los cálculos de la Tabla 18 y la Tabla 26.

	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE DURANTE 10 AÑOS
COSTE TOTAL REPUESTOS	25.002,94 €	31.030,27 €	32.162,82 €	39.730,11 €	32.279,71 €	34.513,70 €	31.238,30 €	44.228,97 €	36.517,83 €	36.074,97 €	342.779,62 €
COSTE TOTAL MANO DE OBRA	33.345,15 €	36.143,35 €	37.856,13 €	39.122,79 €	38.985,51 €	39.909,29 €	41.155,60 €	43.061,25 €	43.592,92 €	42.791,36 €	395.963,34 €
COSTE FINAL SERVICIO SUBCONTRATADO	58.348,09 €	67.173,62 €	70.018,95 €	78.852,90 €	71.265,22 €	74.422,99 €	72.393,90 €	87.290,21 €	80.110,75 €	78.866,33 €	738.742,96 €

Tabla 28 Coste total del mantenimiento subcontratado para los 4 GEL de uso continuo. Fuente: Elaboración propia [72]

La siguiente tabla muestra el coste total del mantenimiento subcontratado para los 2 GEL de emergencia y surge como resultado de sumar los cálculos de la Tabla 18 y la Tabla 27.

	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE DURANTE 10 AÑOS
COSTE TOTAL REPUESTOS	1.088,41 €	1.852,61 €	1.146,86 €	3.908,70 €	4.979,43 €	1.895,14 €	2.051,65 €	3.649,49 €	1.854,79 €	5.894,52 €	28.321,59 €
COSTE TOTAL MANO DE OBRA	7.027,75 €	7.768,77 €	7.405,14 €	8.965,97 €	8.529,40 €	8.388,05 €	9.035,33 €	9.163,90 €	8.696,04 €	10.419,81 €	85.400,16 €
COSTE FINAL SERVICIO SUBCONTRATADO	8.116,16 €	9.621,38 €	8.552,00 €	12.874,68 €	13.508,83 €	10.283,18 €	11.086,98 €	12.813,38 €	10.550,83 €	16.314,33 €	113.721,75 €

Tabla 29 Coste total del mantenimiento subcontratado para los 2 GEL de emergencia. Fuente: Elaboración propia [72]

El coste final del mantenimiento preventivo de la instalación de los 6 GEL en el escenario subcontratado se muestra en la siguiente tabla y se obtiene como resultado de sumar el coste final de las Tablas 28 y 29.

	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE DURANTE 10 AÑOS
COSTE TOTAL 4 GEL USO CONTINUO ESCENARIO SUBCONTRATADO	58.348,09 €	67.173,62 €	70.018,95 €	78.852,90 €	71.265,22 €	74.422,99 €	72.393,90 €	87.290,21 €	80.110,75 €	78.866,33 €	738.742,96 €
COSTE TOTAL 2 GEL EMERGENCIA ESCENARIO SUBCONTRATADO	8.116,16 €	9.621,38 €	8.552,00 €	12.874,68 €	13.508,83 €	10.283,18 €	11.086,98 €	12.813,38 €	10.550,83 €	16.314,33 €	113.721,75 €
COSTE TOTAL MANTENIMIENTO DE LA INSTALACION DE LOS 6 GEL ESCENARIO SUBCONTRATADO	66.464,24 €	76.795,00 €	78.570,94 €	91.727,57 €	84.774,05 €	84.706,17 €	83.480,89 €	100.103,60 €	90.661,58 €	95.180,66 €	852.464,72 €

Tabla 30 Coste total del mantenimiento subcontratado de la instalación de los 6 GEL. Fuente: Elaboración propia [72]

11.3 Personal propio del Cuerpo Militar:

Partiendo de la información anteriormente detallada, se ha elaborado la siguiente tabla que detalla los costes de mano de obra anuales y totales según la operación de mantenimiento realizada para cada GEL de uso continuo con mano de obra propia del Cuerpo Militar:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	COSTE HORA MANO DE OBRA	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE DURANTE 10 AÑOS
	Grupo Eléctrico												
1	Inspección visual general	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
2	Verificar estado del panel de control	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anómalos	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	38,13 €/h	232,42 €	238,66 €	244,90 €	251,14 €	257,38 €	263,62 €	269,86 €	276,11 €	282,35 €	288,59 €	2.605,04 €
5	Verificar ausencia de fugas	38,13 €/h	174,06 €	181,99 €	186,75 €	191,50 €	196,26 €	201,02 €	205,78 €	210,54 €	215,30 €	220,06 €	1.983,25 €
6	Comprobar funcionamiento general	38,13 €/h	339,74 €	361,78 €	371,24 €	380,70 €	390,16 €	399,62 €	409,08 €	418,54 €	428,00 €	437,46 €	3.936,32 €
7	Verificar el estado de las baterías	38,13 €/h	85,45 €	90,99 €	93,37 €	95,75 €	98,13 €	100,51 €	102,89 €	105,27 €	107,65 €	110,03 €	990,04 €
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	38,13 €/h	171,93 €	183,08 €	187,87 €	192,66 €	197,44 €	202,23 €	207,02 €	211,81 €	216,59 €	221,38 €	1.992,02 €
9	Limpieza general	38,13 €/h	305,04 €	332,81 €	341,51 €	350,21 €	337,80 €	367,62 €	376,32 €	385,02 €	393,72 €	378,75 €	3.568,80 €
10	Verificar los pares de apriete	38,13 €/h	206,21 €	228,03 €	233,99 €	239,96 €	245,92 €	251,88 €	257,84 €	263,81 €	269,77 €	275,73 €	2.473,14 €
11	Sustitución de baterías	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	13,60 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	14,95 €	0,00 €	0,00 €	28,54 €
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	113,30 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	124,57 €	0,00 €	0,00 €	237,87 €
	Motor												
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	38,13 €/h	350,22 €	366,17 €	375,74 €	385,32 €	394,89 €	404,46 €	414,04 €	423,61 €	433,19 €	442,76 €	3.990,40 €
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	38,13 €/h	69,21 €	72,36 €	74,25 €	76,14 €	78,03 €	79,92 €	81,82 €	83,71 €	85,60 €	87,49 €	788,52 €
18	Drenado de agua del depósito combustible	38,13 €/h	69,21 €	72,36 €	74,25 €	76,14 €	78,03 €	79,92 €	81,82 €	83,71 €	85,60 €	87,49 €	788,52 €
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	38,13 €/h	171,93 €	183,08 €	187,87 €	192,66 €	197,44 €	202,23 €	207,02 €	211,81 €	216,59 €	221,38 €	1.992,02 €
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	38,13 €/h	33,97 €	36,18 €	37,12 €	38,07 €	39,02 €	39,96 €	40,91 €	41,85 €	42,80 €	43,75 €	393,63 €
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	38,13 €/h	85,45 €	90,99 €	93,37 €	95,75 €	98,13 €	100,51 €	102,89 €	105,27 €	107,65 €	110,03 €	990,04 €
22	Revisar el estado del sistema de escape	38,13 €/h	17,50 €	18,64 €	19,12 €	19,61 €	20,10 €	20,59 €	21,07 €	21,56 €	22,05 €	22,54 €	202,78 €
23	Inspección visual del turbocompresor	38,13 €/h	17,50 €	18,64 €	19,12 €	19,61 €	20,10 €	20,59 €	21,07 €	21,56 €	22,05 €	22,54 €	202,78 €
24	Limpieza del radiador de refrigeración	38,13 €/h	85,45 €	90,99 €	93,37 €	95,75 €	98,13 €	100,51 €	102,89 €	105,27 €	107,65 €	110,03 €	990,04 €
25	Sustitución del aceite	38,13 €/h	305,04 €	332,81 €	341,51 €	350,21 €	337,80 €	367,62 €	376,32 €	385,02 €	393,72 €	378,75 €	3.568,80 €
26	Sustitución del filtro de aceite	38,13 €/h	50,64 €	55,25 €	56,69 €	58,14 €	56,08 €	61,02 €	62,47 €	63,91 €	65,36 €	62,87 €	592,42 €
27	Sustitución del prefiltro de combustible	38,13 €/h	50,64 €	55,25 €	56,69 €	58,14 €	56,08 €	61,02 €	62,47 €	63,91 €	65,36 €	62,87 €	592,42 €
28	Sustitución filtro de combustible	38,13 €/h	50,64 €	55,25 €	56,69 €	58,14 €	56,08 €	61,02 €	62,47 €	63,91 €	65,36 €	62,87 €	592,42 €
29	Sustitución correa del ventilador	38,13 €/h	123,92 €	137,04 €	140,62 €	144,20 €	147,79 €	151,37 €	154,95 €	158,54 €	162,12 €	165,70 €	1.486,26 €
30	Sustitución filtro de aire	38,13 €/h	51,86 €	53,25 €	61,47 €	56,03 €	57,43 €	66,17 €	60,21 €	69,30 €	63,00 €	64,39 €	603,11 €
31	Sustitución correa de accesorios	38,13 €/h	95,17 €	114,02 €	117,00 €	119,98 €	122,96 €	125,94 €	128,92 €	131,90 €	134,88 €	137,87 €	1.228,64 €
32	Comprobación alternador	38,13 €/h	12,66 €	16,25 €	13,34 €	17,10 €	17,52 €	14,36 €	18,37 €	18,80 €	15,38 €	19,65 €	163,43 €
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	38,13 €/h	25,93 €	33,28 €	27,32 €	35,02 €	35,89 €	29,41 €	37,63 €	38,50 €	31,50 €	40,24 €	334,73 €
34	Ajuste de válvulas	38,13 €/h	343,17 €	352,38 €	482,13 €	370,81 €	506,70 €	389,24 €	531,27 €	407,67 €	555,84 €	426,10 €	4.365,32 €
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	38,13 €/h	95,33 €	146,83 €	150,67 €	154,51 €	105,56 €	162,18 €	166,02 €	169,86 €	173,70 €	118,36 €	1.443,02 €
36	Sustitución del refrigerante	38,13 €/h	50,87 €	78,35 €	80,40 €	82,44 €	56,33 €	86,54 €	88,59 €	90,64 €	92,69 €	63,16 €	769,99 €
	Alternador												
37	Revisar temperaturas de funcionamiento	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
38	Verificar parámetros de funcionamiento	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
39	Verificar ventilación	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
40	Limpieza ventilación	38,13 €/h	257,38 €	274,08 €	281,24 €	288,41 €	295,58 €	302,74 €	309,91 €	317,08 €	324,24 €	331,41 €	2.982,06 €
41	Revisar devanados	38,13 €/h	44,46 €	45,65 €	46,85 €	48,04 €	49,23 €	50,43 €	51,62 €	52,82 €	54,01 €	55,20 €	498,31 €
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	38,13 €/h	50,87 €	52,23 €	53,60 €	54,96 €	56,33 €	57,69 €	59,06 €	60,43 €	61,79 €	63,16 €	570,11 €
43	Sustituir cojinetes y rodamientos	38,13 €/h	0,00 €	78,31 €	80,36 €	82,40 €	84,45 €	86,50 €	0,00 €	90,59 €	92,64 €	94,69 €	689,94 €
44	Sustitución diodos y varistores	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	20,60 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	22,65 €	0,00 €	0,00 €	43,25 €
45	Sustituir calentador anticondensación	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	20,60 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	22,65 €	0,00 €	0,00 €	43,25 €
	COSTE TOTAL MANO DE OBRA		6.821,25 €	7.319,47 €	7.628,06 €	7.870,35 €	7.886,63 €	8.081,43 €	8.320,69 €	8.660,31 €	8.786,43 €	8.700,69 €	80.075,30 €

Tabla 31 Costes de mano de obra para cada GEL de uso continuo con mano de obra propia del Cuerpo Militar.
Fuente: Elaboración propia [72]

Por otro lado, la siguiente tabla muestra los costes de mano de obra anuales y totales según la operación de mantenimiento realizada para cada GEL de emergencia con mano de obra propia del Cuerpo Militar:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	COSTE HORA MANO DE OBRA	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE DURANTE 10 AÑOS
	Grupo Eléctrico												
1	Inspección visual general	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
2	Verificar estado del panel de control	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	38,13 €/h	232,42 €	238,66 €	244,90 €	251,14 €	257,38 €	263,62 €	269,86 €	276,11 €	282,35 €	288,59 €	2.605,04 €
5	Verificar ausencia de fugas	38,13 €/h	15,82 €	16,25 €	16,67 €	20,52 €	17,52 €	17,95 €	18,37 €	22,56 €	19,22 €	19,65 €	184,54 €
6	Comprobar funcionamiento general	38,13 €/h	25,17 €	38,76 €	26,52 €	40,79 €	41,80 €	28,54 €	43,83 €	44,84 €	30,57 €	46,87 €	367,70 €
7	Verificar el estado de las baterías	38,13 €/h	6,33 €	9,75 €	6,67 €	10,26 €	10,51 €	7,18 €	11,02 €	11,28 €	7,69 €	11,79 €	92,48 €
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	38,13 €/h	12,74 €	19,62 €	13,42 €	20,64 €	21,15 €	14,45 €	22,18 €	22,69 €	15,47 €	23,72 €	186,08 €
9	Limpieza general	38,13 €/h	19,07 €	39,15 €	20,09 €	41,20 €	21,11 €	43,25 €	44,27 €	22,65 €	46,32 €	23,67 €	320,78 €
10	Verificar los pares de apriete	38,13 €/h	15,86 €	16,29 €	16,71 €	34,28 €	17,57 €	17,99 €	36,83 €	18,84 €	19,27 €	39,39 €	233,04 €
11	Sustitución de baterías	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	13,93 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	15,62 €	29,56 €
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	116,12 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	130,20 €	246,32 €
	Motor												
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	38,13 €/h	31,84 €	32,69 €	33,55 €	41,28 €	35,26 €	36,11 €	36,97 €	45,39 €	38,68 €	39,53 €	371,30 €
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	38,13 €/h	6,29 €	6,46 €	6,63 €	8,16 €	6,97 €	7,14 €	7,31 €	8,97 €	7,64 €	7,81 €	73,37 €
18	Drenado de agua del depósito combustible	38,13 €/h	6,29 €	6,46 €	6,63 €	8,16 €	6,97 €	7,14 €	7,31 €	8,97 €	7,64 €	7,81 €	73,37 €
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	38,13 €/h	12,74 €	19,62 €	13,42 €	20,64 €	21,15 €	14,45 €	22,18 €	22,69 €	15,47 €	23,72 €	186,08 €
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	38,13 €/h	2,52 €	3,88 €	2,65 €	4,08 €	4,18 €	2,85 €	4,38 €	4,48 €	3,06 €	4,69 €	36,77 €
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	38,13 €/h	6,33 €	9,75 €	6,67 €	10,26 €	10,51 €	7,18 €	11,02 €	11,28 €	7,69 €	11,79 €	92,48 €
22	Revisar el estado del sistema de escape	38,13 €/h	1,30 €	2,00 €	1,37 €	2,10 €	2,15 €	1,47 €	2,26 €	2,31 €	1,57 €	2,41 €	18,94 €
23	Inspección visual del turbocompresor	38,13 €/h	1,30 €	2,00 €	1,37 €	2,10 €	2,15 €	1,47 €	2,26 €	2,31 €	1,57 €	2,41 €	18,94 €
24	Limpieza del radiador de refrigeración	38,13 €/h	6,33 €	9,75 €	6,67 €	10,26 €	10,51 €	7,18 €	11,02 €	11,28 €	7,69 €	11,79 €	92,48 €
25	Sustitución del aceite	38,13 €/h	19,07 €	39,15 €	20,09 €	41,20 €	21,11 €	43,25 €	44,27 €	22,65 €	46,32 €	23,67 €	320,78 €
26	Sustitución del filtro de aceite	38,13 €/h	3,16 €	6,50 €	3,33 €	6,84 €	3,50 €	7,18 €	7,35 €	3,76 €	7,69 €	3,93 €	53,25 €
27	Sustitución del prefiltro de combustible	38,13 €/h	3,16 €	6,50 €	3,33 €	6,84 €	3,50 €	7,18 €	7,35 €	3,76 €	7,69 €	3,93 €	53,25 €
28	Sustitución filtro de combustible	38,13 €/h	3,16 €	6,50 €	3,33 €	6,84 €	3,50 €	7,18 €	7,35 €	3,76 €	7,69 €	3,93 €	53,25 €
29	Sustitución correa del ventilador	38,13 €/h	9,53 €	9,79 €	10,04 €	20,60 €	10,56 €	10,81 €	22,14 €	11,32 €	11,58 €	23,67 €	140,05 €
30	Sustitución filtro de aire	38,13 €/h	6,48 €	6,66 €	6,83 €	7,00 €	7,18 €	7,35 €	7,53 €	7,70 €	7,87 €	8,05 €	72,65 €
31	Sustitución correa de accesorios	38,13 €/h	0,00 €	16,29 €	0,00 €	17,14 €	17,57 €	0,00 €	18,42 €	18,84 €	0,00 €	19,70 €	107,95 €
32	Comprobación alternador	38,13 €/h	3,16 €	3,25 €	3,33 €	3,42 €	3,50 €	3,59 €	3,67 €	3,76 €	3,84 €	3,93 €	35,47 €
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	38,13 €/h	6,48 €	6,66 €	6,83 €	7,00 €	7,18 €	7,35 €	7,53 €	7,70 €	7,87 €	8,05 €	72,65 €
34	Ajuste de válvulas	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	123,60 €	0,00 €	0,00 €	132,82 €	0,00 €	0,00 €	142,03 €	398,45 €
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	38,13 €/h	0,00 €	48,94 €	0,00 €	51,50 €	0,00 €	54,06 €	0,00 €	56,62 €	0,00 €	59,18 €	270,31 €
36	Sustitución del refrigerante	38,13 €/h	0,00 €	26,12 €	0,00 €	27,48 €	0,00 €	28,85 €	0,00 €	30,21 €	0,00 €	31,58 €	144,24 €
	Alternador												
37	Revisar temperaturas de funcionamiento	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
38	Verificar parámetros de funcionamiento	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
39	Verificar ventilación	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
40	Limpieza ventilación	38,13 €/h	19,07 €	29,37 €	20,09 €	30,90 €	31,67 €	21,62 €	33,20 €	33,97 €	23,16 €	35,51 €	278,56 €
41	Revisar devanados	38,13 €/h	44,46 €	45,65 €	46,85 €	48,04 €	49,23 €	50,43 €	51,62 €	52,82 €	54,01 €	55,20 €	498,31 €
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	38,13 €/h	50,87 €	52,23 €	53,60 €	54,96 €	56,33 €	57,69 €	59,06 €	60,43 €	61,79 €	63,16 €	570,11 €
43	Sustituir cojinetes y rodamientos	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	82,40 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	90,59 €	0,00 €	0,00 €	173,00 €
44	Sustitución diodos y varistores	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	21,11 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	23,67 €	44,78 €
45	Sustituir calentador anticondensación	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	21,11 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	23,67 €	44,78 €
	COSTE TOTAL MANO DE OBRA		3.368,35 €	3.647,20 €	3.549,23 €	4.084,39 €	3.971,89 €	3.957,47 €	4.201,46 €	4.267,73 €	4.149,72 €	4.717,72 €	39.915,16 €

Tabla 32 Costes de mano de obra para cada GEL de emergencia con mano de obra propia del Cuerpo Militar.
Fuente: Elaboración propia [72]

Como tenemos 4 GEL de uso continuo y 2 de emergencia, se debe multiplicar por 4 la Tabla 22 y por 2 la Tabla 23 para obtener el coste total que supone el mantenimiento de los GEL instalados en el escenario con mano de obra propia del Cuerpo Militar.

La siguiente tabla muestra los costes de mano de obra anuales y totales según la operación de mantenimiento realizada para los 4 GEL de uso continuo instalados en el escenario con mano de obra propia del Cuerpo Militar:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	COSTE HORA MANO DE OBRA	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE DURANTE 10 AÑOS
	Grupo Eléctrico												
1	Inspección visual general	38,13 €/h	1837,10 €	1886,43 €	1935,76 €	1985,08 €	2034,41 €	2083,73 €	2133,06 €	2182,39 €	2231,71 €	2281,04 €	20590,71 €
2	Verificar estado del panel de control	38,13 €/h	946,39 €	971,80 €	997,21 €	1022,62 €	1048,03 €	1073,44 €	1098,85 €	1124,26 €	1149,67 €	1175,08 €	10607,34 €
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	38,13 €/h	946,39 €	971,80 €	997,21 €	1022,62 €	1048,03 €	1073,44 €	1098,85 €	1124,26 €	1149,67 €	1175,08 €	10607,34 €
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	38,13 €/h	929,69 €	954,65 €	979,61 €	1004,57 €	1029,53 €	1054,50 €	1079,46 €	1104,42 €	1129,38 €	1154,34 €	10420,15 €
5	Verificar ausencia de fugas	38,13 €/h	696,25 €	727,95 €	746,98 €	766,02 €	785,05 €	804,08 €	823,12 €	842,15 €	861,19 €	880,22 €	7933,01 €
6	Comprobar funcionamiento general	38,13 €/h	1358,95 €	1447,12 €	1484,96 €	1522,80 €	1560,64 €	1598,48 €	1636,32 €	1674,16 €	1712,00 €	1749,84 €	15745,28 €
7	Verificar el estado de las baterías	38,13 €/h	341,80 €	363,97 €	373,49 €	383,01 €	392,53 €	402,04 €	411,56 €	421,08 €	430,59 €	440,11 €	3960,18 €
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	38,13 €/h	687,71 €	732,33 €	751,48 €	770,63 €	789,78 €	808,93 €	828,08 €	847,23 €	866,38 €	885,52 €	7968,07 €
9	Limpieza general	38,13 €/h	1220,16 €	1331,23 €	1366,04 €	1400,85 €	1470,46 €	1505,27 €	1540,08 €	1574,89 €	1609,70 €	1644,51 €	14275,20 €
10	Verificar los pares de apriete	38,13 €/h	824,83 €	912,13 €	935,98 €	959,83 €	983,68 €	1007,53 €	1031,38 €	1055,23 €	1079,08 €	1102,93 €	9892,58 €
11	Sustitución de baterías	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	54,39 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	59,79 €	0,00 €	0,00 €	114,18 €
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	453,22 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	498,26 €	0,00 €	0,00 €	951,48 €
	Motor												
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	38,13 €/h	946,39 €	971,80 €	997,21 €	1.022,62 €	1.048,03 €	1.073,44 €	1.098,85 €	1.124,26 €	1.149,67 €	1.175,08 €	10.607,34 €
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	38,13 €/h	946,39 €	971,80 €	997,21 €	1.022,62 €	1.048,03 €	1.073,44 €	1.098,85 €	1.124,26 €	1.149,67 €	1.175,08 €	10.607,34 €
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	38,13 €/h	1.837,10 €	1.886,43 €	1.935,76 €	1.985,08 €	2.034,41 €	2.083,73 €	2.133,06 €	2.182,39 €	2.231,71 €	2.281,04 €	20.590,71 €
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	38,13 €/h	1.400,90 €	1.464,66 €	1.502,96 €	1.541,26 €	1.579,56 €	1.617,86 €	1.656,15 €	1.694,45 €	1.732,75 €	1.771,05 €	15.961,61 €
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	38,13 €/h	276,82 €	289,42 €	296,99 €	304,56 €	312,13 €	319,70 €	327,26 €	334,83 €	342,40 €	349,97 €	3.154,09 €
18	Drenado de agua del depósito combustible	38,13 €/h	276,82 €	289,42 €	296,99 €	304,56 €	312,13 €	319,70 €	327,26 €	334,83 €	342,40 €	349,97 €	3.154,09 €
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	38,13 €/h	687,71 €	732,33 €	751,48 €	770,63 €	789,78 €	808,93 €	828,08 €	847,23 €	866,38 €	885,52 €	7.968,07 €
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	38,13 €/h	135,90 €	144,71 €	148,50 €	152,28 €	156,06 €	159,85 €	163,63 €	167,42 €	171,20 €	174,98 €	1.574,53 €
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	38,13 €/h	341,80 €	363,97 €	373,49 €	383,01 €	392,53 €	402,04 €	411,56 €	421,08 €	430,59 €	440,11 €	3.960,18 €
22	Revisar el estado del sistema de escape	38,13 €/h	70,01 €	74,55 €	76,50 €	78,45 €	80,40 €	82,35 €	84,30 €	86,24 €	88,19 €	90,14 €	811,12 €
23	Inspección visual del turbocompresor	38,13 €/h	70,01 €	74,55 €	76,50 €	78,45 €	80,40 €	82,35 €	84,30 €	86,24 €	88,19 €	90,14 €	811,12 €
24	Limpieza del radiador de refrigeración	38,13 €/h	341,80 €	363,97 €	373,49 €	383,01 €	392,53 €	402,04 €	411,56 €	421,08 €	430,59 €	440,11 €	3.960,18 €
25	Sustitución del aceite	38,13 €/h	1.220,16 €	1.331,23 €	1.366,04 €	1.400,85 €	1.470,46 €	1.505,27 €	1.540,08 €	1.574,89 €	1.609,70 €	1.644,51 €	14.275,20 €
26	Sustitución del filtro de aceite	38,13 €/h	202,55 €	220,98 €	226,76 €	232,54 €	244,10 €	249,88 €	255,65 €	261,43 €	267,20 €	272,98 €	2.369,68 €
27	Sustitución del prefiltro de combustible	38,13 €/h	202,55 €	220,98 €	226,76 €	232,54 €	244,10 €	249,88 €	255,65 €	261,43 €	267,20 €	272,98 €	2.369,68 €
28	Sustitución filtro de combustible	38,13 €/h	202,55 €	220,98 €	226,76 €	232,54 €	244,10 €	249,88 €	255,65 €	261,43 €	267,20 €	272,98 €	2.369,68 €
29	Sustitución correa del ventilador	38,13 €/h	495,69 €	548,15 €	562,49 €	576,82 €	591,15 €	605,49 €	619,82 €	634,15 €	648,48 €	662,82 €	5.945,06 €
30	Sustitución filtro de aire	38,13 €/h	207,43 €	213,00 €	245,89 €	224,14 €	229,70 €	264,68 €	240,84 €	277,21 €	251,98 €	257,55 €	2.412,43 €
31	Sustitución correa de accesorios	38,13 €/h	380,69 €	456,06 €	467,99 €	479,91 €	491,84 €	503,76 €	515,69 €	527,61 €	539,54 €	551,46 €	4.914,56 €
32	Comprobación alternador	38,13 €/h	50,64 €	65,00 €	53,36 €	68,39 €	70,09 €	57,43 €	73,49 €	75,19 €	61,51 €	78,59 €	653,70 €
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	38,13 €/h	103,71 €	133,12 €	109,28 €	140,08 €	143,57 €	117,64 €	150,53 €	154,01 €	125,99 €	160,97 €	1.338,90 €
34	Ajuste de válvulas	38,13 €/h	1.372,68 €	1.409,54 €	1.928,52 €	1.483,25 €	2.026,81 €	1.556,96 €	2.125,09 €	1.630,68 €	2.223,38 €	1.704,39 €	17.461,29 €
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	38,13 €/h	381,30 €	587,31 €	602,66 €	618,02 €	422,25 €	648,73 €	664,09 €	679,45 €	694,80 €	473,44 €	5.772,06 €
36	Sustitución del refrigerante	38,13 €/h	203,46 €	313,39 €	321,58 €	329,78 €	225,31 €	346,16 €	354,36 €	362,55 €	370,75 €	252,63 €	3.079,97 €
	Alternador												
37	Revisar temperaturas de funcionamiento	38,13 €/h	1.837,10 €	1.886,43 €	1.935,76 €	1.985,08 €	2.034,41 €	2.083,73 €	2.133,06 €	2.182,39 €	2.231,71 €	2.281,04 €	20.590,71 €
38	Verificar parámetros de funcionamiento	38,13 €/h	946,39 €	971,80 €	997,21 €	1.022,62 €	1.048,03 €	1.073,44 €	1.098,85 €	1.124,26 €	1.149,67 €	1.175,08 €	10.607,34 €
39	Verificar ventilación	38,13 €/h	946,39 €	971,80 €	997,21 €	1.022,62 €	1.048,03 €	1.073,44 €	1.098,85 €	1.124,26 €	1.149,67 €	1.175,08 €	10.607,34 €
40	Limpieza ventilación	38,13 €/h	1.029,51 €	1.096,31 €	1.124,97 €	1.153,64 €	1.182,30 €	1.210,97 €	1.239,64 €	1.268,30 €	1.296,97 €	1.325,64 €	11.928,25 €
41	Revisar devanados	38,13 €/h	177,84 €	182,61 €	187,39 €	192,16 €	196,94 €	201,71 €	206,49 €	211,26 €	216,04 €	220,81 €	1.993,26 €
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	38,13 €/h	203,46 €	208,92 €	214,39 €	219,85 €	225,31 €	230,78 €	236,24 €	241,70 €	247,17 €	252,63 €	2.280,45 €
43	Sustituir cojinetes y rodamientos	38,13 €/h	0,00 €	313,23 €	321,42 €	329,61 €	337,80 €	345,99 €	0,00 €	362,37 €	370,56 €	378,75 €	2.759,74 €
44	Sustitución diodos y varistores	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	82,40 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	90,59 €	0,00 €	0,00 €	173,00 €
45	Sustituir calentador anticondensación	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	82,40 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	90,59 €	0,00 €	0,00 €	173,00 €
	COSTE TOTAL MANO DE OBRA		27.284,99 €	29.277,87 €	30.512,22 €	31.481,39 €	31.546,50 €	32.325,74 €	33.282,74 €	34.641,25 €	35.145,73 €	34.802,75 €	320.301,19 €

Tabla 33 Costes de mano de obra para los 4 GEL de uso continuo con mano de obra propia del Cuerpo Militar.
Fuente: Elaboración propia [72]

En siguiente tabla se muestran los costes de mano de obra anuales y totales según la operación de mantenimiento realizada para los 2 GEL de emergencia con mano de obra propia del Cuerpo Militar:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	COSTE HORA MANO DE OBRA	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE DURANTE 10 AÑOS
	Grupo Electrógeno												
1	Inspección visual general	38,13 €/h	918,55 €	943,21 €	967,88 €	992,54 €	1.017,20 €	1.041,87 €	1.066,53 €	1.091,19 €	1.115,86 €	1.140,52 €	10.295,36 €
2	Verificar estado del panel de control	38,13 €/h	473,19 €	485,90 €	498,60 €	511,31 €	524,01 €	536,72 €	549,42 €	562,13 €	574,84 €	587,54 €	5.303,67 €
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	38,13 €/h	473,19 €	485,90 €	498,60 €	511,31 €	524,01 €	536,72 €	549,42 €	562,13 €	574,84 €	587,54 €	5.303,67 €
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	38,13 €/h	464,84 €	477,32 €	489,80 €	502,29 €	514,77 €	527,25 €	539,73 €	552,21 €	564,69 €	577,17 €	5.210,07 €
5	Verificar ausencia de fugas	38,13 €/h	31,65 €	32,50 €	33,35 €	41,04 €	35,05 €	35,90 €	36,75 €	45,12 €	38,45 €	39,30 €	369,08 €
6	Comprobar funcionamiento general	38,13 €/h	50,33 €	77,52 €	53,03 €	81,58 €	83,61 €	57,09 €	87,66 €	89,69 €	61,14 €	93,74 €	735,40 €
7	Verificar el estado de las baterías	38,13 €/h	12,66 €	19,50 €	13,34 €	20,52 €	21,03 €	14,36 €	22,05 €	22,56 €	15,38 €	23,58 €	184,96 €
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	38,13 €/h	25,47 €	39,23 €	26,84 €	41,28 €	42,31 €	28,89 €	44,36 €	45,39 €	30,94 €	47,44 €	372,15 €
9	Limpieza general	38,13 €/h	38,13 €	78,31 €	40,18 €	82,40 €	42,23 €	86,50 €	88,55 €	45,30 €	92,64 €	47,34 €	641,57 €
10	Verificar los pares de apriete	38,13 €/h	31,72 €	32,58 €	33,43 €	68,56 €	35,13 €	35,98 €	73,67 €	37,69 €	38,54 €	78,78 €	466,08 €
11	Sustitución de baterías	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	27,87 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	31,25 €	59,12 €
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	232,24 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	260,39 €	492,63 €
	Motor												
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	38,13 €/h	473,19 €	485,90 €	498,60 €	511,31 €	524,01 €	536,72 €	549,42 €	562,13 €	574,84 €	587,54 €	5.303,67 €
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	38,13 €/h	473,19 €	485,90 €	498,60 €	511,31 €	524,01 €	536,72 €	549,42 €	562,13 €	574,84 €	587,54 €	5.303,67 €
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	38,13 €/h	918,55 €	943,21 €	967,88 €	992,54 €	1.017,20 €	1.041,87 €	1.066,53 €	1.091,19 €	1.115,86 €	1.140,52 €	10.295,36 €
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	38,13 €/h	63,68 €	65,39 €	67,10 €	82,57 €	70,52 €	72,23 €	73,94 €	90,77 €	77,35 €	79,06 €	742,60 €
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	38,13 €/h	12,58 €	12,92 €	13,26 €	16,32 €	13,93 €	14,27 €	14,61 €	17,94 €	15,29 €	15,62 €	146,74 €
18	Drenado de agua del depósito combustible	38,13 €/h	12,58 €	12,92 €	13,26 €	16,32 €	13,93 €	14,27 €	14,61 €	17,94 €	15,29 €	15,62 €	146,74 €
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	38,13 €/h	25,47 €	39,23 €	26,84 €	41,28 €	42,31 €	28,89 €	44,36 €	45,39 €	30,94 €	47,44 €	372,15 €
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	38,13 €/h	5,03 €	7,75 €	5,30 €	8,16 €	8,36 €	5,71 €	8,77 €	8,97 €	6,11 €	9,37 €	73,54 €
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	38,13 €/h	12,66 €	19,50 €	13,34 €	20,52 €	21,03 €	14,36 €	22,05 €	22,56 €	15,38 €	23,58 €	184,96 €
22	Revisar el estado del sistema de escape	38,13 €/h	2,59 €	3,99 €	2,73 €	4,20 €	4,31 €	2,94 €	4,52 €	4,62 €	3,15 €	4,83 €	37,88 €
23	Inspección visual del turbocompresor	38,13 €/h	2,59 €	3,99 €	2,73 €	4,20 €	4,31 €	2,94 €	4,52 €	4,62 €	3,15 €	4,83 €	37,88 €
24	Limpieza del radiador de refrigeración	38,13 €/h	12,66 €	19,50 €	13,34 €	20,52 €	21,03 €	14,36 €	22,05 €	22,56 €	15,38 €	23,58 €	184,96 €
25	Sustitución del aceite	38,13 €/h	38,13 €	78,31 €	40,18 €	82,40 €	42,23 €	86,50 €	88,55 €	45,30 €	92,64 €	47,34 €	641,57 €
26	Sustitución del filtro de aceite	38,13 €/h	6,33 €	13,00 €	6,67 €	13,68 €	7,01 €	14,36 €	14,70 €	7,52 €	15,38 €	7,86 €	106,50 €
27	Sustitución del prefiltro de combustible	38,13 €/h	6,33 €	13,00 €	6,67 €	13,68 €	7,01 €	14,36 €	14,70 €	7,52 €	15,38 €	7,86 €	106,50 €
28	Sustitución filtro de combustible	38,13 €/h	6,33 €	13,00 €	6,67 €	13,68 €	7,01 €	14,36 €	14,70 €	7,52 €	15,38 €	7,86 €	106,50 €
29	Sustitución correa del ventilador	38,13 €/h	19,07 €	19,58 €	20,09 €	41,20 €	21,11 €	21,62 €	44,27 €	22,65 €	23,16 €	47,34 €	280,09 €
30	Sustitución filtro de aire	38,13 €/h	12,96 €	13,31 €	13,66 €	14,01 €	14,36 €	14,70 €	15,05 €	15,40 €	15,75 €	16,10 €	145,31 €
31	Sustitución correa de accesorios	38,13 €/h	0,00 €	32,58 €	0,00 €	34,28 €	35,13 €	0,00 €	36,83 €	37,69 €	0,00 €	39,39 €	215,90 €
32	Comprobación alternador	38,13 €/h	6,33 €	6,50 €	6,67 €	6,84 €	7,01 €	7,18 €	7,35 €	7,52 €	7,69 €	7,86 €	70,94 €
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	38,13 €/h	12,96 €	13,31 €	13,66 €	14,01 €	14,36 €	14,70 €	15,05 €	15,40 €	15,75 €	16,10 €	145,31 €
34	Ajuste de válvulas	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	247,21 €	0,00 €	0,00 €	265,64 €	0,00 €	0,00 €	284,06 €	796,91 €
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	38,13 €/h	0,00 €	97,88 €	0,00 €	103,00 €	0,00 €	108,12 €	0,00 €	113,24 €	0,00 €	118,36 €	540,61 €
36	Sustitución del refrigerante	38,13 €/h	0,00 €	52,23 €	0,00 €	54,96 €	0,00 €	57,69 €	0,00 €	60,43 €	0,00 €	63,16 €	288,47 €
	Alternador												
37	Revisar temperaturas de funcionamiento	38,13 €/h	918,55 €	943,21 €	967,88 €	992,54 €	1.017,20 €	1.041,87 €	1.066,53 €	1.091,19 €	1.115,86 €	1.140,52 €	10.295,36 €
38	Verificar parámetros de funcionamiento	38,13 €/h	473,19 €	485,90 €	498,60 €	511,31 €	524,01 €	536,72 €	549,42 €	562,13 €	574,84 €	587,54 €	5.303,67 €
39	Verificar ventilación	38,13 €/h	473,19 €	485,90 €	498,60 €	511,31 €	524,01 €	536,72 €	549,42 €	562,13 €	574,84 €	587,54 €	5.303,67 €
40	Limpieza ventilación	38,13 €/h	38,13 €	58,73 €	40,18 €	61,80 €	63,34 €	43,25 €	66,41 €	67,94 €	46,32 €	71,02 €	557,12 €
41	Revisar devanados	38,13 €/h	88,92 €	91,31 €	93,69 €	96,08 €	98,47 €	100,86 €	103,24 €	105,63 €	108,02 €	110,41 €	996,63 €
42	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	38,13 €/h	101,73 €	104,46 €	107,19 €	109,93 €	112,66 €	115,39 €	118,12 €	120,85 €	123,58 €	126,31 €	1.140,22 €
43	Sustituir cojinetes y rodamientos	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	164,81 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	181,19 €	0,00 €	0,00 €	345,99 €
44	Sustitución diodos y varistores	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	42,23 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	47,34 €	89,57 €
45	Sustituir calentador anticondensación	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	42,23 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	47,34 €	89,57 €
	COSTE TOTAL MANO DE OBRA		6.736,69 €	7.294,39 €	7.098,45 €	8.168,79 €	7.943,78 €	7.914,95 €	8.402,92 €	8.535,45 €	8.299,44 €	9.435,45 €	79.830,32 €

Tabla 34 Costes de mano de obra para los 2 GEL de emergencia con mano de obra propia del Cuerpo Militar.
Fuente: Elaboración propia [72]

La siguiente tabla refleja el coste total del mantenimiento con mano de obra propia del Cuerpo Militar para los 4 GEL de uso continuo y surge como resultado de sumar los cálculos de la Tabla 18 y la Tabla 30.

	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE DURANTE 10 AÑOS
COSTE TOTAL REPUESTOS	25.002,94 €	31.030,27 €	32.162,82 €	39.730,11 €	32.279,71 €	34.513,70 €	31.238,30 €	44.228,97 €	36.517,83 €	36.074,97 €	342.779,62 €
COSTE TOTAL MANO DE OBRA	27.284,99 €	29.277,87 €	30.512,22 €	31.481,39 €	31.546,50 €	32.325,74 €	33.282,74 €	34.641,25 €	35.145,73 €	34.802,75 €	320.301,19 €
COSTE FINAL PERSONAL PROPIO	52.287,93 €	60.308,15 €	62.675,04 €	71.211,50 €	63.826,21 €	66.839,44 €	64.521,04 €	78.870,21 €	71.663,56 €	70.877,72 €	663.080,81 €

Tabla 35 Coste total del mantenimiento con mano de obra propia del Cuerpo Militar para los 4 GEL de uso continuo. Fuente: Elaboración propia [72]

La siguiente tabla muestra el coste total del mantenimiento con mano de obra propia del Cuerpo Militar para los 2 GEL de emergencia y surge como resultado de sumar los cálculos de la Tabla 19 y la Tabla 31.

	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE DURANTE 10 AÑOS
COSTE TOTAL REPUESTOS	1.088,41 €	1.852,61 €	1.146,86 €	3.908,70 €	4.979,43 €	1.895,14 €	2.051,65 €	3.649,49 €	1.854,79 €	5.894,52 €	28.321,59 €
COSTE TOTAL MANO DE OBRA	6.736,69 €	7.294,39 €	7.098,45 €	8.168,79 €	7.943,78 €	7.914,95 €	8.402,92 €	8.535,45 €	8.299,44 €	9.435,45 €	79.830,32 €
COSTE FINAL PERSONAL PROPIO	7.825,10 €	9.147,00 €	8.245,31 €	12.077,49 €	12.923,21 €	9.810,08 €	10.454,57 €	12.184,94 €	10.154,23 €	15.329,97 €	108.151,91 €

Tabla 36 Coste total del mantenimiento con mano de obra propia del Cuerpo Militar para los 2 GEL de emergencia.

Fuente: Elaboración propia [72]

El coste final del mantenimiento preventivo de la instalación de los 6 GEL en el escenario con mano de obra propia del Cuerpo Militar se muestra en la siguiente tabla y se obtiene como resultado de sumar el coste final de las Tablas 34 y 35.

	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE DURANTE 10 AÑOS
COSTE TOTAL 4 GEL USO CONTINUO PERSONAL PROPIO	52.287,93 €	60.308,15 €	62.675,04 €	71.211,50 €	63.826,21 €	66.839,44 €	64.521,04 €	78.870,21 €	71.663,56 €	70.877,72 €	663.080,81 €
COSTE TOTAL 2 GEL EMERGENCIA PERSONAL PROPIO	7.825,10 €	9.147,00 €	8.245,31 €	12.077,49 €	12.923,21 €	9.810,08 €	10.454,57 €	12.184,94 €	10.154,23 €	15.329,97 €	108.151,91 €
COSTE TOTAL MANTENIMIENTO DE LA INSTALACION DE LOS 6 GEL CON PERSONAL PROPIO	60.113,03 €	69.455,15 €	70.920,35 €	83.289,00 €	76.749,42 €	76.649,52 €	74.975,61 €	91.055,15 €	81.817,80 €	86.207,69 €	771.232,72 €

Tabla 37 Coste total del mantenimiento de la instalación de los 6 GEL con mano de obra propia del Cuerpo Militar.

Fuente: Elaboración propia [72]

12 PROPUESTAS DE MEJORA

En este capítulo se abordan algunas propuestas de mejora susceptibles a aplicar en los grupos electrógenos para reducir sus costes de mantenimiento, ya sea disminuyendo el número de intervenciones (frecuencia de la tarea) o disminuyendo el tiempo de las intervenciones a realizar (duración de la tarea).

1. Ampliar tamaño de los filtros empleados.

Para disminuir el número de intervenciones a realizar en el GEL una de las soluciones que se pueden implementar es la de utilizar filtros de mayor tamaño.

Cuando utilizamos filtros de mayor tamaño se amplía la superficie a través de la cual pasará el fluido a filtrar.

Esta superficie tardará más tiempo en ensuciarse o degradarse debido a que la cantidad de fluido que pasa a través de ella no aumenta. Las partículas sucias o impurezas tardarán más tiempo en rellenar la superficie de la malla del filtro al ser más grande, por ello la duración del filtro será mayor y podemos aumentar el tiempo entre mantenimientos.



Ilustración 83 Diferencias entre filtros de diferente tamaño. Fuente: Elaboración propia [72]

En la Ilustración 83 se puede apreciar la diferencia de concentración de suciedad o partículas contaminantes entre el filtro estándar y el filtro de mayor tamaño. La vida útil de un filtro de aire termina cuando se rompe la malla (caso muy extremo ya que siempre se cambia mucho antes de que esto pueda suceder), desgaste o degradación de la malla que permita el paso de partículas contaminantes hacia el motor o el motivo de cambio habitual, que es la acumulación excesiva de suciedad o partículas contaminantes en la superficie del filtro porque comprometen el caudal y la calidad de aire apropiados para un buen funcionamiento del motor. Un filtro más grande nos permite más horas de funcionamiento hasta llegar a ese punto.

2. Ampliar capacidad del depósito de aceite y refrigerante.

Otra de las soluciones que se pueden aplicar para aumentar el tiempo entre mantenimientos es la de utilizar depósitos de mayor capacidad para el aceite y refrigerante.

Las impurezas (aceites, agua, partículas metálicas, partículas plásticas, óxido, etc) que provienen del desgaste y corrosión de piezas internas del motor se van disolviendo en el aceite y refrigerante empeorando su calidad y propiedades. Una mayor cantidad de fluido circulante en el circuito de refrigeración o lubricación para un mismo motor contendrá una proporción menor de todas estas partículas por unidad de volumen y repercute directamente en la calidad de estos fluidos, manteniendo sus propiedades óptimas de funcionamiento durante mayor tiempo.

Pongamos un ejemplo con el aceite lubricante:

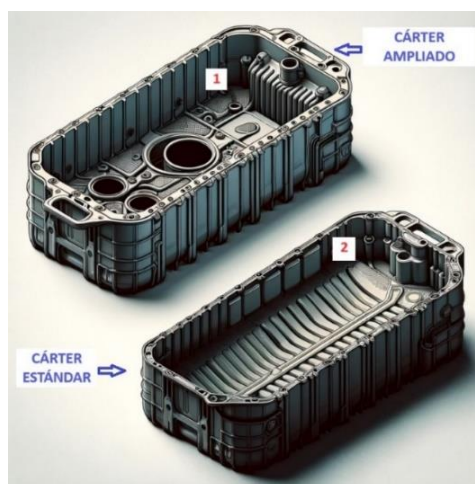


Ilustración 84 Cárter ampliado vs cárter estándar. Fuente: Elaboración propia [72]

En la Ilustración 84 se puede observar un cárter de aceite ampliado (1) y uno de tamaño estándar (2). El cárter ampliado tiene una mayor altura y puede contener más cantidad de aceite lubricante, por tanto, será el que permita un mayor tiempo entre mantenimientos debido a que mantiene las propiedades óptimas del aceite lubricante durante más tiempo.



Ilustración 85 Representación cantidad de aceite y partículas contaminantes. Fuente: Elaboración propia [72]

La Ilustración 85 es una representación del aceite contenido en los circuitos de lubricación de los grupos electrógenos con cárter estándar y ampliado después de haber sido usados durante un mismo número de horas y bajo la misma carga. El vaso medidor 1 representa el aceite extraído del GEL con cárter estándar y el vaso medidor 2 representa el aceite extraído del GEL con cárter ampliado.

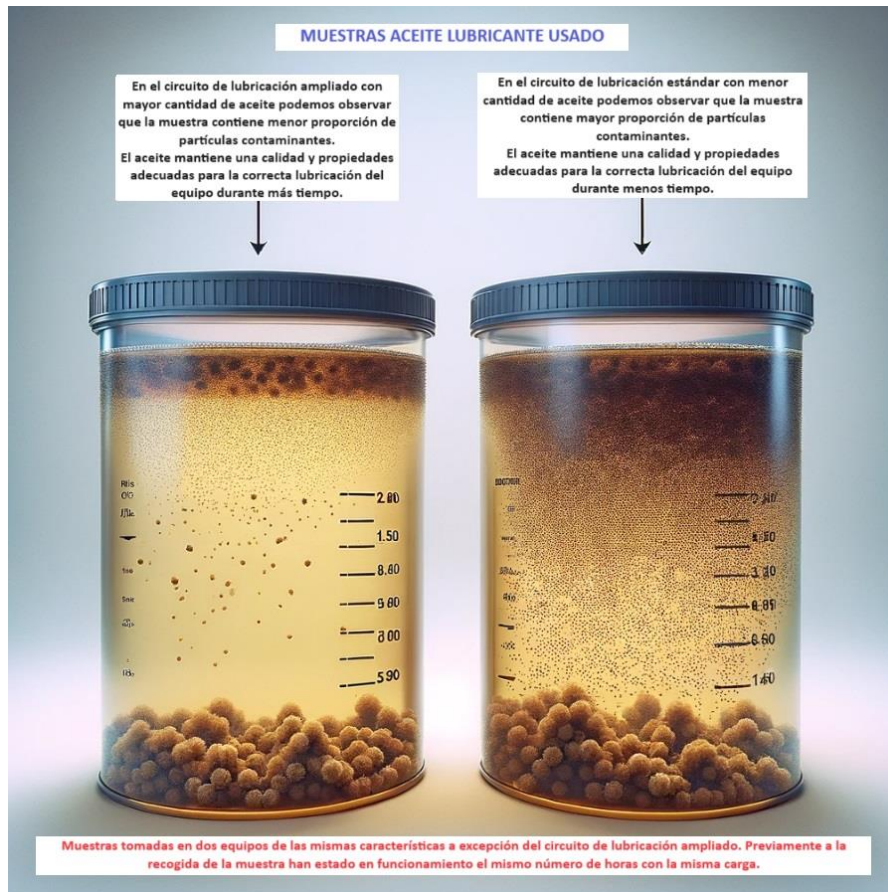


Ilustración 86 Diferencia en la concentración de contaminantes en aceite lubricante usado (calidad). Fuente: Elaboración propia [72]

La Ilustración 86 representa 2 muestras que contienen la misma cantidad de aceite, el aceite de ambas muestras ha estado trabajando el mismo número de horas bajo la misma carga. La muestra de la izquierda se ha tomado del circuito de lubricación con cárter ampliado y la muestra de la derecha se ha tomado del circuito de lubricación con cárter estándar. Como se puede observar la cantidad de aceite es la misma pero no de contaminantes, el aceite del circuito de lubricación con cárter estándar está más contaminado, tiene mayor número de partículas contaminantes disueltas en él (mayor concentración) y por tanto sus propiedades y calidad se encuentran más degradadas que en el caso del aceite de la muestra de la izquierda del circuito ampliado.

Ampliar los circuitos de aceite o refrigerante solo tiene sentido para grupos electrógenos que se utilicen de forma intensiva o alta frecuencia debido a que su principal función es aumentar el tiempo entre mantenimientos. El aceite o el refrigerante se cambia según las horas de uso o el tiempo transcurrido desde el último cambio. Si las revisiones en un equipo se hacen generalmente por tiempo transcurrido y no por horas de uso no conviene ampliar los circuitos de refrigerante y lubricación

porque solo conllevarán un mayor gasto de aceite y refrigerante. En cambio, si los mantenimientos se hacen por horas de uso frecuentemente conviene instalarlos ya que disminuirá el número de intervenciones y el gasto de mantenimiento.

Además, este cambio también puede mejorar otros aspectos como la temperatura de funcionamiento del equipo. La temperatura degrada los fluidos, a mayor temperatura de funcionamiento más rápida es la degradación de fluidos como el aceite y el refrigerante, afectando directamente a sus capacidades de lubricación y refrigeración.

Una mayor capacidad en los depósitos de estos fluidos permite que el sistema de refrigeración tenga que trabajar menos debido a que la temperatura producida en la combustión se reparte en una mayor cantidad de fluido, tardando más en calentarse y por tanto ocasionando un menor desgaste de algunos elementos como termostato, electroválvulas, ventilador, etc.

A su vez será más complicado que el equipo en determinadas ocasiones de mucha carga o temperaturas ambientales elevadas supere las temperaturas óptimas de funcionamiento, siendo unos 90-110°C para el aceite y unos 80-90°C para el refrigerante.

3. Filtros de aire reutilizables de alto rendimiento.

Este cambio se aplicaría únicamente a los filtros de aire, no es recomendable reutilizar filtros de aceite o combustible por la naturaleza de sus partículas y por la dificultad de eliminarlas de la malla del filtro. Al ser fluidos más densos que el aire también degradan la malla del filtro a mayor velocidad.

Los filtros de aire tradicionales generalmente están compuestos de un papel filtrante y una malla metálica o de plástico que mantiene la estructura del filtro.

Los filtros reutilizables de alto rendimiento están compuestos de un papel o tela de mayor calidad, cuentan con una mayor resistencia. Esta construcción permite que los filtros se laven y se impregnen de aceite para usarlos de nuevo. Se retira la suciedad con aire a presión de dentro a fuera del filtro, posteriormente se lava con agua y jabón específico para eliminar los restos de partículas que han quedado, una vez seco se impregna con aceite específico para filtros. El aceite ayuda a que la suciedad quede adherida al mismo.

Estos filtros son algo más caros que los tradicionales pero su vida útil es mucho más prolongada y a la larga supone un ahorro en costes.



Ilustración 87 Filtro de aire estándar [76]



Ilustración 88 Filtro de aire de alto rendimiento reutilizable [77]

4. Facilitar tiempos en la extracción de aceite.

Implementar un grifo bomba extractora en el cárter para la extracción del aceite, evitando de esta forma tener que quitar y poner el tornillo y arandela del cárter cada vez que realizamos un cambio de aceite. Además de disminuir el tiempo de la operación de mantenimiento, repercutiendo directamente en el coste de mano de obra, se disminuyen los costes de repuestos ya que el tornillo y arandela han de ser nuevos en cada cambio, si bien el grifo es más caro, pero durará la vida útil del GEL.

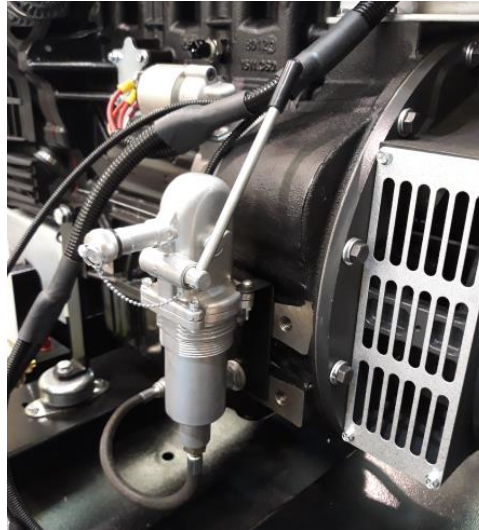


Ilustración 89 Grifo bomba extractora aceite [74]

5. Incorporar filtro de aire en la ventilación del alternador.

Incorporando un filtro de aire a la ventilación del alternador se incrementa la limpieza de los elementos internos y se consigue una vida útil más prolongada.

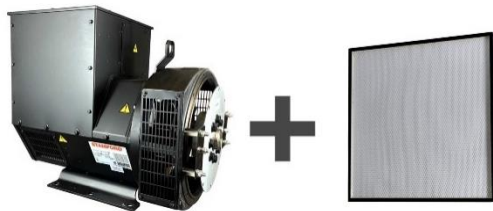


Tabla 38 Alternador Stamford con filtro incorporado en la compuerta de succión. Fuente: Elaboración propia [72]

13 ESTUDIO DE COSTES DE MANTENIMIENTO CON APLICACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORA

Para realizar los cálculos se tienen en cuenta las siguientes hipótesis:

- 1) Se instalan los siguientes filtros con el doble de capacidad:

- Filtro de aire
- Filtro de aceite
- Prefiltro de combustible
- Filtro de combustible
- Filtro de ventilación del cárter

Al ser el doble de grandes se estima que la vida útil es de un 90% superior, no un 100%, se pierde un 10% debido a la exposición de los filtros al ambiente, componentes químicos, temperatura, etc.

El coste de cada filtro se ve incrementado en un 50%.

- 2) Se amplía la capacidad del circuito de aceite y refrigerante

- Circuito de aceite con el doble de capacidad (modificación del cárter de aceite).
- Circuito de refrigerante con el doble de capacidad (se modifica el depósito de expansión).

Al ser el doble de grandes se estima que la vida útil es de un 90% superior, no un 100%, se pierde un 10% debido a la exposición a componentes químicos, temperatura, oxidación, etc.

- 3) Se utilizan filtros de aire reutilizables de alto rendimiento en el motor

Se incrementa el coste de los filtros en un 300%. Son reutilizables, pero también van perdiendo propiedades con el paso del tiempo, exposición a agentes químicos, ambiente, lavados, etc. Por ello se realizará un reemplazo a las 30.000 horas o 5 años de uso.

- 4) Se incorpora un grifo en el cárter para la extracción de aceite

Supone una reducción del tiempo empleado en cada cambio de aceite y un ahorro en costes al eliminar el tornillo con la arandela. Se estima reducir 5 minutos el tiempo total.

- 5) Se incorpora un filtro de aire en el sistema de ventilación del alternador

Aumenta la vida útil del alternador e incrementa el tiempo entre mantenimientos del sistema de ventilación.

Una vez establecidos los cambios que se van a incorporar sobre los grupos electrógenos se procede a analizar cómo afectan en repuestos, tiempo dedicado y frecuencia de las operaciones de mantenimiento.

En la siguiente tabla se muestra el plan de mantenimiento actualizado según los cambios incorporados en los grupos electrógenos:

		FRECUENCIA															
OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO		DIARIA	150h o 6 meses	300h o 6 meses	500h o 1 año	600h o 1 año	950h o 1 año	1200h o 3 años	1800h o 1 año	1900h o 2 años	2400h	3000h o 2 años	3420h o 1 año	4000h o 6 meses	5700h o 2 años	10000h o 4 años	30000h o 5 años
Grupo Electrógeno																	
1	Inspección visual general	✓															
2	Verificar estado del panel de control	✓															
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	✓															
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	✓															
5	Verificar ausencia de fugas		✓ *														
6	Verificar el estado de las baterías			✓													
7	Comprobar funcionamiento general			✓													
8	Verificar el estado del cableado y conexiones			✓ *													
9	Limpieza general				✓												
10	Verificar los pares de apriete					✓ **											
11	Sustitución de baterías																✓
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración																✓
Motor																	
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	✓															
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	✓															
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	✓															
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa			✓													
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible		✓														
18	Drenado de agua del depósito combustible		✓														
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles			✓ **													
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter					✓											
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario			✓ *													
22	Revisar el estado del sistema de escape			✓													
23	Inspección visual del turbocompresor			✓ *													
24	Limpieza del radiador de refrigeración			✓													
25	Sustitución del aceite						✓ **										
26	Sustitución del filtro de aceite						✓ **										
27	Sustitución del prefiltro de combustible						✓										
28	Sustitución filtro de combustible						✓										
29	Sustitución correa del ventilador					✓											
30	Lavar y encetar filtro de aire									✓							
31	Sustitución correa de accesorios							✓									
32	Comprobación alternador								✓								
33	Sustitución filtro ventilación del cárter												✓				
34	Ajuste de válvulas										✓ ***						
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección											✓					
36	Sustitución del refrigerante														✓		
37	Sustitución filtro de aire																✓
Alternador																	
38	Revisar temperaturas de funcionamiento	✓															
39	Verificar parámetros de funcionamiento	✓															
40	Verificar ventilación	✓															
41	Limpieza ventilación					✓											
42	Sustitución filtro de aire									✓							
43	Revisar devanados														✓ **		
44	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos														✓ **		
45	Sustituir cojinetes y rodamientos															✓	
46	Sustitución diodos y varistores																✓
47	Sustituir calentador anticondensación																✓
*Si el grupo electrógeno es nuevo verificar tras las primeras 50h																	
** Si el grupo electrógeno es nuevo realizar tras las primeras 150h																	
***Si el grupo electrógeno es nuevo realizar el primer ajuste a las 600h																	

Tabla 39 Plan de mantenimiento Himoinsa HFW600-T5 con mejoras incorporadas. Fuente: Elaboración propia [72]

La siguiente tabla muestra la cantidad de repuestos necesarios en cada operación de mantenimiento según los cambios incorporados a los GEL de la instalación:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	REPUESTO	CANTIDAD
	Grupo Electrónico		
1	Inspección visual general	-	-
2	Verificar estado del panel de control	-	-
3	Verificar ausencia de vibraciones anormales	-	-
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	-	-
5	Verificar ausencia de fugas	-	-
6	Verificar el estado de las baterías	-	-
7	Comprobar funcionamiento general	-	-
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	-	-
9	Limpieza general	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	4 L
10	Verificar los pares de apriete	-	-
11	Sustitución de baterías	BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	2 uds
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	1 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	2 mL
	Motor		
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	0,016 L
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	0,0016 L
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	-	-
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	0,4 L
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,5 mL
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	-	-
18	Drenado de agua del depósito combustible	-	-
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	GRASA DE COBRE LIQUI MOLY	20 g
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,3 mL
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,3 mL
22	Revisar el estado del sistema de escape	-	-
23	Inspección visual del turbocompresor	-	-
24	Limpieza del radiador de refrigeración	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	0,4 L
25	Sustitución del aceite	ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	76 L
		IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	76 L
26	Sustitución del filtro de aceite	FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	1 uds
27	Sustitución del prefiltro de combustible	PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	1 uds
28	Sustitución filtro de combustible	FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFW	1 uds
29	Sustitución correa del ventilador	CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFW	1 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,3 mL
30	Lavar y encajar filtro de aire	JABÓN LIMPIA FILTROS K&N	50 mL
		ACEITE FILTROS K&N	200 mL
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,5 mL
31	Sustitución correa de accesorios	CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	1 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,3 mL
32	Comprobación alternador	-	-
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	FILTRO VENTILACIÓN DEL CÁRTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	1 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,3 mL
34	Ajuste de válvulas	JUNTA TAPA DE BALANCINES IVECO FPT CR16TE1W	1 uds
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	1,5 L
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	4 mL
36	Sustitución del refrigerante	REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	133 L
37	Sustitución filtro de aire	FILTRO DE AIRE REUTILIZABLE IVECO FPT CR16TE1W	1 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,5 mL
	Alternador		
38	Revisar temperaturas de funcionamiento	-	-
39	Verificar parámetros de funcionamiento	-	-
40	Verificar ventilación	-	-
41	Limpieza ventilación	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	0,2 L
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,5 mL
42	Sustitución filtro de aire	FITRO DE AIRE STAMFORD HC	1 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,5 mL
43	Revisar devanados	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	1,5 mL
44	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	GRASA KLUBER ASONIC GHY72	30 g
		KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	1 uds
45	Sustituir cojinetes y rodamientos	GRASA KLUBER ASONIC GHY72	50 g
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	4 mL
46	Sustitución diodos y varistores	KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	1 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	1,5 mL
47	Sustituir calentador anticondensación	CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	1 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	1,5 mL

Tabla 40 Cantidad de repuestos necesarios en cada operación de mantenimiento para los GEL con mejoras. Fuente: Elaboración propia [72]

En la siguiente tabla se recogen los precios de los repuestos requeridos por los grupos electrógenos instalados con las mejoras incorporadas:

REPUESTO	PRECIO UNITARIO
FILTRO DE AIRE REUTILIZABLE IVECO FPT CR16TE1W	692,58 €
FILTRO DE AIRE STAMFORD HC	79,56 €
FILTRO VENTILACIÓN DEL CÁRTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	94,49 €
FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	100,11 €
PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	35,94 €
FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFW	60,20 €
ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	4,59 €/L
IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	0,54 €/L
JUNTA TAPA DE BALANCINES IVECO FPT CR16TE1W	23,76 €
REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	1,4 €/L
CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	44,67 €
CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFW	29,35 €
KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	346,78 €
CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	352,33 €
KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	798,47 €
KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	473,29 €
BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	228,99 €
GRASA KLUBER ASONIC GHY72	0,81 €/g
GRASA DE COBRE LIQUI MOLY 4081	0,094 €/g
FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,79 €/mL
DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	2,47 €/L
JABÓN LIMPIA FILTROS K&N	0,01 €/mL
ACEITE FILTROS K&N	0,05 €/mL

Tabla 41 Precio de los repuestos para los grupos electrógenos con mejoras incorporadas. Fuente: Elaboración propia [72]

La tabla a continuación recoge el tiempo necesario para realizar cada operación de mantenimiento en los grupos electrógenos instalados con mejoras:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	TIEMPO REQUERIDO	TIEMPO REQUERIDO EN HORAS
	Grupo Eléctrico		
1	Inspección visual general	0:02	0,033 h
2	Verificar estado del panel de control	0:01	0,017 h
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	0:01	0,017 h
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	0:01	0,017 h
5	Verificar ausencia de fugas	0:05	0,083 h
6	Comprobar funcionamiento general	0:20	0,330 h
7	Verificar el estado de las baterías	0:05	0,083 h
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	0:10	0,167 h
9	Limpieza general	0:30	0,500 h
10	Verificar los pares de apriete	0:25	0,416 h
11	Sustitución de baterías	0:20	0,330 h
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	2:45	2,750 h
	Motor		
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	0:01	0,017 h
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	0:01	0,017 h
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	0:02	0,033 h
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	0:10	0,167 h
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	0:02	0,033 h
18	Drenado de agua del depósito combustible	0:02	0,033 h
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	0:10	0,167 h
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	0:02	0,033 h
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	0:05	0,083 h
22	Revisar el estado del sistema de escape	0:01	0,017 h
23	Inspección visual del turbocompresor	0:01	0,017 h
24	Limpieza del radiador de refrigeración	0:05	0,083 h
25	Sustitución del aceite	0:25	0,417 h
26	Sustitución del filtro de aceite	0:05	0,083 h
27	Sustitución del prefiltro de combustible	0:05	0,083 h
28	Sustitución filtro de combustible	0:05	0,083 h
29	Sustitución correa del ventilador	0:15	0,250 h
30	Lavado y encetado filtro de aire	0:15	0,250 h
31	Sustitución correa de accesorios	0:25	0,416 h
32	Comprobación alternador	0:05	0,083 h
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	0:10	0,170 h
34	Ajuste de válvulas	3:00	3,000 h
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	1:15	1,250 h
36	Sustitución del refrigerante	0:40	0,667 h
37	Sustitución filtro de aire	0:10	0,170 h
	Alternador		
38	Revisar temperaturas de funcionamiento	0:02	0,033 h
39	Verificar parámetros de funcionamiento	0:01	0,017 h
40	Verificar ventilación	0:01	0,017 h
41	Limpieza ventilación	0:15	0,250 h
42	Sustitución filtro de aire	0:10	0,170 h
43	Revisar devanados	0:35	0,583 h
44	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	0:40	0,667 h
45	Sustituir cojinetes y rodamientos	2:00	2,000 h
46	Sustitución diodos y varistores	0:30	0,500 h
47	Sustituir calentador anticondensación	0:30	0,500 h

Tabla 42 Tiempo requerido por cada operación de mantenimiento realizada sobre los grupos electrógenos con mejoras incorporadas. Fuente: Elaboración propia [72]

En la tabla siguiente se define el responsable de cada operación de mantenimiento realizada sobre los grupos electrógenos instalados con mejoras según el escenario de mano de obra:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	TIPO DE MANTENIMIENTO	RESPONSABLE ESCENARIO PERSONAL MILITAR	RESPONSABLE ESCENARIO SERVICIO SUBCONTRATADO
	Grupo Eléctrico			
1	Inspección visual general	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
2	Verificar estado del panel de control	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
5	Verificar ausencia de fugas	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
6	Comprobar funcionamiento general	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
7	Verificar el estado de las baterías	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
9	Limpieza general	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
10	Verificar los pares de apriete	Tercer escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
11	Sustitución de baterías	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	Tercer escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
	Motor			
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
18	Drenado de agua del depósito combustible	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
22	Revisar el estado del sistema de escape	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
23	Inspección visual del turbocompresor	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
24	Limpieza del radiador de refrigeración	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
25	Sustitución del aceite	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
26	Sustitución del filtro de aceite	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
27	Sustitución del prefiltro de combustible	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
28	Sustitución filtro de combustible	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
29	Sustitución correa del ventilador	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
30	Lavar y encetar filtro de aire	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
31	Sustitución correa de accesorios	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
32	Comprobación alternador	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
34	Ajuste de válvulas	Tercer escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	Tercer escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
36	Sustitución del refrigerante	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
37	Sustitución filtro de aire	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
	Alternador			
38	Revisar temperaturas de funcionamiento	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
39	Verificar parámetros de funcionamiento	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
40	Verificar ventilación	Primer escalón	EJÉRCITO	EJÉRCITO
41	Limpieza ventilación	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
42	Sustitución filtro de aire	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
43	Revisar devanados	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
44	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	Segundo escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
45	Sustituir cojinetes y rodamientos	Tercer escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
46	Sustitución diodos y varistores	Tercer escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA
47	Sustituir calentador anticondensación	Tercer escalón	EJÉRCITO	EMPRESA MANTENEDORA

Tabla 43 Responsable de cada operación de mantenimiento según escenario para los GEL con mejoras incorporadas. Fuente: Elaboración propia [72]

A partir de la frecuencia indicada en el nuevo plan de mantenimiento para GEL modificados se analiza el número de veces que se realiza cada operación de mantenimiento anualmente y a lo largo de 10 años en los grupos electrógenos de uso continuo y se recoge en la siguiente tabla:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA OPERATIVA	Nº DE OP AÑO 1	Nº DE OP AÑO 2	Nº DE OP AÑO 3	Nº DE OP AÑO 4	Nº DE OP AÑO 5	Nº DE OP AÑO 6	Nº DE OP AÑO 7	Nº DE OP AÑO 8	Nº DE OP AÑO 9	Nº DE OP AÑO 10	Nº DE OP TOTAL 10 AÑOS
	Grupo Electrónico												
1	Inspección visual general	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
2	Verificar estado del panel de control	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
5	Verificar ausencia de fugas	150h o 6 meses	55	56	56	56	56	56	56	56	56	56	559
6	Verificar el estado de las baterías	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
7	Comprobar funcionamiento general	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
9	Limpieza general	500h o 1 año	16	17	17	17	16	17	17	17	17	16	167
10	Verificar los pares de apriete	600h o 1 año	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	139
11	Sustitución de baterías	30.000h o 5 años	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	30.000h o 5 años	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
	Motor												
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
18	Drenado de agua del depósito combustible	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	600h o 1 año	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	139
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
22	Revisar el estado del sistema de escape	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
23	Inspección visual del turbocompresor	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
24	Limpieza del radiador de refrigeración	300h o 6 meses	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	279
25	Sustitución del aceite	950h o 1 año	8	9	9	9	9	9	8	9	9	9	88
26	Sustitución del filtro de aceite	950h o 1 año	8	9	9	9	9	9	8	9	9	9	88
27	Sustitución del prefiltro de combustible	950h o 1 año	8	9	9	9	9	9	8	9	9	9	88
28	Sustitución filtro de combustible	950h o 1 año	8	9	9	9	9	9	8	9	9	9	88
29	Sustitución correa del ventilador	600h o 1 año	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	139
30	Lavar y encetar filtro de aire	1.900h o 2 años	4	4	5	4	5	4	4	5	4	5	44
31	Sustitución correa de accesorios	1.200h o 3 años	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	69
32	Comprobación alternador	1.800h o 1 año	4	5	4	5	5	4	5	5	4	5	46
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	3.420h o 1 año	2	2	3	2	3	2	3	2	3	2	24
34	Ajuste de válvulas	2400h	3	3	4	3	4	3	4	3	4	3	34
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	3.000h o 2 años	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2	27
36	Sustitución del refrigerante	5.700h o 2 años	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	14
37	Sustitución filtro de aire	30.000h o 5 años	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
	Alternador												
38	Revisar temperaturas de funcionamiento	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
39	Verificar parámetros de funcionamiento	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
40	Verificar ventilación	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
41	Limpieza ventilación	600h o 1 año	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	139
42	Sustitución filtro de aire	1900h o 2 años	4	4	5	4	5	4	4	5	4	5	44
43	Revisar devanados	4.000h o 6 meses	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
44	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	4.000h o 6 meses	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
45	Sustituir cojinetes y rodamientos	10.000h o 4 años	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
46	Sustitución diodos y varistores	30.000h o 5 años	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
47	Sustituir calentador anticondensación	30.000h o 5 años	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2

Tabla 44 Nº de veces que se realiza cada operación de mantenimiento anualmente y en 10 años para los GEL de uso continuo con mejoras. Fuente: Elaboración propia [72]

Por consiguiente, se realiza el mismo análisis para los GEL de emergencia instalados con mejoras y se muestra en la tabla a continuación:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA OPERATIVA	Nº DE OP AÑO 1	Nº DE OP AÑO 2	Nº DE OP AÑO 3	Nº DE OP AÑO 4	Nº DE OP AÑO 5	Nº DE OP AÑO 6	Nº DE OP AÑO 7	Nº DE OP AÑO 8	Nº DE OP AÑO 9	Nº DE OP AÑO 10	Nº DE OP TOTAL 10 AÑOS
	Grupo Electrónico												
1	Inspección visual general	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
2	Verificar estado del panel de control	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
5	Verificar ausencia de fugas	150h o 6 meses	5	5	5	6	5	5	5	6	5	5	52
6	Verificar el estado de las baterías	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
7	Comprobar funcionamiento general	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
9	Limpieza general	500h o 1 año	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	15
10	Verificar los pares de apriete	600h o 1 año	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	13
11	Sustitución de baterías	30.000h o 5 años	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	30.000h o 5 años	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
	Motor												
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
18	Drenado de agua del depósito combustible	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	600h o 1 año	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	13
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
22	Revisar el estado del sistema de escape	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
23	Inspección visual del turbocompresor	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
24	Limpieza del radiador de refrigeración	300h o 6 meses	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	26
25	Sustitución del aceite	950h o 1 año	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
26	Sustitución del filtro de aceite	950h o 1 año	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
27	Sustitución del prefiltro de combustible	950h o 1 año	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
28	Sustitución filtro de combustible	950h o 1 año	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
29	Sustitución correa del ventilador	600h o 1 año	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	13
30	Lavar y encetar filtro de aire	1.900h o 2 años	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	5
31	Sustitución correa de accesorios	1.200h o 3 años	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	6
32	Comprobación alternador	1.800h o 1 año	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	3.420h o 1 año	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
34	Ajuste de válvulas	2400h	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	3.000h o 2 años	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	5
36	Sustitución del refrigerante	5.700h o 2 años	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	5
37	Sustitución filtro de aire	30.000h o 5 años	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
	Alternador												
38	Revisar temperaturas de funcionamiento	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
39	Verificar parámetros de funcionamiento	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
40	Verificar ventilación	Diaria	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	3650
41	Limpieza ventilación	600h o 1 año	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	13
42	Sustitución filtro de aire	1900h o 2 años	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	5
43	Revisar devanados	4.000h o 6 meses	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
44	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	4.000h o 6 meses	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
45	Sustituir cojinetes y rodamientos	10.000h o 4 años	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
46	Sustitución diodos y varistores	30.000h o 5 años	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
47	Sustituir calentador anticorrosión	30.000h o 5 años	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2

Tabla 45 Nº de veces que se realiza cada operación de mantenimiento anualmente y en 10 años para los GEL de emergencia con mejoras. Fuente: Elaboración propia [72]

Con los datos de las tablas anteriores se procede a realizar el estudio de mantenimiento para los GEL con mejoras incorporadas y de esta manera conocer la cantidad de repuestos necesarios y su coste asociado junto con la cantidad de horas de mano de obra necesaria y su coste asociado.

La siguiente tabla muestra la cantidad de repuestos necesarios anualmente y cada 10 años en función de la operación de mantenimiento realizada en cada GEL de uso continuo con mejoras:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	REPUESTO	CANTIDAD AÑO 1	CANTIDAD AÑO 2	CANTIDAD AÑO 3	CANTIDAD AÑO 4	CANTIDAD AÑO 5	CANTIDAD AÑO 6	CANTIDAD AÑO 7	CANTIDAD AÑO 8	CANTIDAD AÑO 9	CANTIDAD AÑO 10	CANTIDAD TOTAL 10 AÑOS
	Grupo Electrógeno												
9	Limpieza general	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	64 L	68 L	68 L	68 L	64 L	68 L	68 L	68 L	68 L	64 L	668 L
11	Sustitución de baterías	BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	4 uds
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	2 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0 mL	0 mL	0 mL	2 mL	0 mL	0 mL	0 mL	2 mL	0 mL	0 mL	4 mL
	Motor												
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	58,40 L
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	5,840 L
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	10,8 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	111,6 L
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	13,5 mL	14,0 mL	14,0 mL	14,0 mL	14,0 mL	14,0 mL	14,0 mL	14,0 mL	14,0 mL	14,0 mL	139,5 mL
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	GRASA DE COBRE LIQUI MOLY	540 g	560 g	560 g	560 g	560 g	560 g	560 g	560 g	560 g	560 g	5.580 g
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	3,9 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	41,7 mL
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	8,1 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	8,4 mL	83,7 mL
24	Limpieza del radiador de refrigeración	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	10,8 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	11,2 L	111,6 L
25	Sustitución del aceite	ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	608 L	684 L	684 L	684 L	684 L	684 L	684 L	684 L	684 L	684 L	6.688 L
		IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	608 L	684 L	684 L	684 L	684 L	684 L	684 L	684 L	684 L	684 L	6.688 L
26	Sustitución del filtro de aceite	FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	8 uds	9 uds	9 uds	9 uds	9 uds	9 uds	8 uds	9 uds	9 uds	9 uds	88 uds
27	Sustitución del prefiltro de combustible	PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	8 uds	9 uds	9 uds	9 uds	9 uds	9 uds	8 uds	9 uds	9 uds	9 uds	88 uds
28	Sustitución filtro de combustible	FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFW	8 uds	9 uds	9 uds	9 uds	9 uds	9 uds	8 uds	9 uds	9 uds	9 uds	88 uds
29	Sustitución correa del ventilador	CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFW	13 uds	14 uds	14 uds	14 uds	14 uds	14 uds	14 uds	14 uds	14 uds	14 uds	139 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	3,9 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	41,7 mL
30	Lavar y encetar filtro de aire	JABÓN LIMPIA FILTROS K&N	200 mL	200 mL	250 mL	200 mL	250 mL	200 mL	200 mL	250 mL	200 mL	250 mL	2.200 mL
		ACEITE FILTROS K&N	800 mL	800 mL	1.000 mL	800 mL	1.000 mL	800 mL	800 mL	1.000 mL	800 mL	1.000 mL	8.800 mL
31	Sustitución correa de accesorios	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	2,0 mL	2,0 mL	2,5 mL	2,0 mL	2,5 mL	2,0 mL	2,0 mL	2,5 mL	2,0 mL	2,5 mL	22,0 mL
		CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	6 uds	7 uds	7 uds	7 uds	7 uds	7 uds	7 uds	7 uds	7 uds	7 uds	69 uds
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	1,8 mL	2,1 mL	2,1 mL	2,1 mL	2,1 mL	2,1 mL	2,1 mL	2,1 mL	2,1 mL	2,1 mL	20,7 mL
		FILTRO VENTILACIÓN DEL CÁRTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	2 uds	2 uds	3 uds	2 uds	3 uds	2 uds	3 uds	2 uds	3 uds	2 uds	24 uds
34	Ajuste de válvulas	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,6 mL	0,6 mL	0,9 mL	0,6 mL	0,9 mL	0,6 mL	0,9 mL	0,6 mL	0,9 mL	0,6 mL	7,2 mL
		JUNTA TAPA DE BALANINES IVECO FPT CR16TE1W	3 uds	3 uds	4 uds	3 uds	4 uds	3 uds	4 uds	3 uds	4 uds	3 uds	34 uds
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	3,0 L	4,5 L	4,5 L	4,5 L	3,0 L	4,5 L	4,5 L	4,5 L	4,5 L	3,0 L	40,5 L
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	8 mL	12 mL	12 mL	12 mL	8 mL	12 mL	12 mL	12 mL	12 mL	8 mL	108 mL
36	Sustitución del refrigerante	REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	133,0 L	133,0 L	266,0 L	133,0 L	266,0 L	133,0 L	266,0 L	133,0 L	266,0 L	133,0 L	1862,0 L
37	Sustitución filtro de aire	FILTRO DE AIRE REUTILIZABLE IVECO FPT CR16TE1W	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	2 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,5 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,5 mL	0,0 mL	0,0 mL	1,0 mL
	Alternador												
41	Limpieza ventilación	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	2,6 L	2,8 L	2,8 L	2,8 L	2,8 L	2,8 L	2,8 L	2,8 L	2,8 L	2,8 L	27,8 L
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	6,5 mL	7,0 mL	7,0 mL	7,0 mL	7,0 mL	7,0 mL	7,0 mL	7,0 mL	7,0 mL	7,0 mL	69,5 mL
42	Sustitución filtro de aire	FILTRO DE AIRE STAMFORD HC	4 uds	4 uds	5 uds	4 uds	5 uds	4 uds	4 uds	5 uds	4 uds	5 uds	44 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	2,0 mL	2,0 mL	2,5 mL	2,0 mL	2,5 mL	2,0 mL	2,0 mL	2,5 mL	2,0 mL	2,5 mL	22,0 mL
43	Revisar devanados	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL	30 mL
44	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	GRASA KLUBER ASONIC GHY72	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	600 g
45	Sustituir cojinetes y rodamientos	KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	0 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	0 uds	1 uds	1 uds	1 uds	8 uds
		GRASA KLUBER ASONIC GHY72	0 g	50 g	50 g	50 g	50 g	50 g	0 g	50 g	50 g	50 g	400 g
46	Sustitución diodos y varistores	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0 mL	4 mL	4 mL	4 mL	4 mL	4 mL	0 mL	4 mL	4 mL	4 mL	32 mL
		KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	2 uds
47	Sustituir calentador anticondensación	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	1,5 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	1,5 mL	0,0 mL	0,0 mL	3,0 mL
		CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	2 uds
47		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	1,5 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	1,5 mL	0,0 mL	0,0 mL	3,0 mL

Tabla 46 Cantidad de repuestos necesarios anualmente y durante 10 años para cada operación de mantenimiento realizada en cada GEL de uso continuo con mejoras. Fuente: Elaboración propia [72]

De la misma manera se obtiene la cantidad de repuestos necesarios anualmente y durante 10 años para cada operación de mantenimiento realizada en cada GEL de emergencia con mejoras:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	REPUESTO	CANTIDAD AÑO 1	CANTIDAD AÑO 2	CANTIDAD AÑO 3	CANTIDAD AÑO 4	CANTIDAD AÑO 5	CANTIDAD AÑO 6	CANTIDAD AÑO 7	CANTIDAD AÑO 8	CANTIDAD AÑO 9	CANTIDAD AÑO 10	CANTIDAD TOTAL 10 AÑOS
	Grupo Electrógeno												
9	Limpieza general	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	4 L	8 L	4 L	8 L	4 L	8 L	8 L	4 L	8 L	4 L	60 L
11	Sustitución de baterías	BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	4 uds
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	2 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0 mL	0 mL	0 mL	0 mL	2 mL	0 mL	0 mL	0 mL	0 mL	2 mL	4 mL
	Motor												
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	5,84 L	58,40 L
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	0,584 L	5,840 L
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	0,8 L	1,2 L	0,8 L	1,2 L	1,2 L	0,8 L	1,2 L	1,2 L	0,8 L	1,2 L	10,4 L
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	1,0 mL	1,5 mL	1,0 mL	1,5 mL	1,5 mL	1,0 mL	1,5 mL	1,5 mL	1,0 mL	1,5 mL	13,0 mL
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	GRASA DE COBRE LIQUI MOLY	40 g	60 g	40 g	60 g	60 g	40 g	60 g	60 g	40 g	60 g	520 g
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,6 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,6 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,6 mL	3,9 mL
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,6 mL	0,9 mL	0,6 mL	0,9 mL	0,9 mL	0,6 mL	0,9 mL	0,9 mL	0,6 mL	0,9 mL	7,8 mL
24	Limpieza del radiador de refrigeración	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	0,8 L	1,2 L	0,8 L	1,2 L	1,2 L	0,8 L	1,2 L	1,2 L	0,8 L	1,2 L	10,4 L
25	Sustitución del aceite	ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	76 L	76 L	76 L	76 L	76 L	76 L	76 L	76 L	76 L	76 L	760 L
		IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	76 L	76 L	76 L	76 L	76 L	76 L	76 L	76 L	76 L	76 L	760 L
26	Sustitución del filtro de aceite	FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	10 uds
27	Sustitución del prefiltro de combustible	PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	10 uds
28	Sustitución filtro de combustible	FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFV	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	10 uds
29	Sustitución correa del ventilador	CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFV	1 uds	1 uds	1 uds	2 uds	1 uds	1 uds	2 uds	1 uds	1 uds	2 uds	13 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,6 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,6 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,6 mL	3,9 mL
30	Lavar y encetar filtro de aire	JABÓN LIMPIA FILTROS K&N	0 mL	50 mL	0 mL	50 mL	0 mL	50 mL	0 mL	50 mL	0 mL	50 mL	250 mL
		ACEITE FILTROS K&N	0 mL	200 mL	0 mL	200 mL	0 mL	200 mL	0 mL	200 mL	0 mL	200 mL	1.000 mL
31	Sustitución correa de accesorios	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,0 mL	0,5 mL	0,0 mL	0,5 mL	0,0 mL	0,5 mL	0,0 mL	0,5 mL	0,0 mL	0,5 mL	2,5 mL
		CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	0 uds	1 uds	0 uds	1 uds	1 uds	0 uds	1 uds	1 uds	0 uds	1 uds	6 uds
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,0 mL	0,3 mL	0,0 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,0 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,0 mL	0,3 mL	1,8 mL
		FILTRO VENTILACIÓN DEL CÁRTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	1 uds	10 uds
34	Ajuste de válvulas	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	0,3 mL	3,0 mL
		JUNTA TAPA DE BALANCIENES IVECO FPT CR16TE1W	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	1 uds	3 uds
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	0,0 L	1,5 L	0,0 L	1,5 L	0,0 L	1,5 L	0,0 L	1,5 L	0,0 L	1,5 L	7,5 L
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0 mL	4 mL	0 mL	4 mL	0 mL	4 mL	0 mL	4 mL	0 mL	4 mL	20 mL
36	Sustitución del refrigerante	REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	0,0 L	133,0 L	0,0 L	133,0 L	0,0 L	133,0 L	0,0 L	133,0 L	0,0 L	133,0 L	665,0 L
37	Sustitución filtro de aire	FILTRO DE AIRE REUTILIZABLE IVECO FPT CR16TE1W	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	2 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,5 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,5 mL	1,0 mL
	Alternador												
41	Limpieza ventilación	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	0,2 L	0,2 L	0,2 L	0,4 L	0,2 L	0,2 L	0,4 L	0,2 L	0,2 L	0,4 L	2,6 L
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,5 mL	0,5 mL	0,5 mL	1,0 mL	0,5 mL	0,5 mL	1,0 mL	0,5 mL	0,5 mL	1,0 mL	6,5 mL
42	Sustitución filtro de aire	FITRO DE AIRE STAMFORD HC	0 uds	1 uds	0 uds	1 uds	0 uds	1 uds	0 uds	1 uds	0 uds	1 uds	5 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,0 mL	0,5 mL	0,0 mL	0,5 mL	0,0 mL	0,5 mL	0,0 mL	0,5 mL	0,0 mL	0,5 mL	2,5 mL
43	Revisar devanados	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL	30 mL
44	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	GRASA KLUBER ASONIC GHY72	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	60 g	600 g
45	Sustituir cojinetes y rodamientos	KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	2 uds
		GRASA KLUBER ASONIC GHY72	0 g	0 g	0 g	50 g	0 g	0 g	0 g	50 g	0 g	0 g	100 g
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0 mL	0 mL	0 mL	4 mL	0 mL	0 mL	0 mL	4 mL	0 mL	0 mL	8 mL
46	Sustitución diodos y varistores	KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	2 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	1,5 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	1,5 mL	3,0 mL
47	Sustituir calentador anticondensación	CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	1 uds	2 uds
		FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	1,5 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	0,0 mL	1,5 mL	3,0 mL

Tabla 47 Cantidad de repuestos necesarios anualmente y durante 10 años para cada operación de mantenimiento realizada en cada GEL de emergencia con mejoras. Fuente: Elaboración propia [72]

Si se reorganiza la tabla 46 en función de cada repuesto y se multiplican las cantidades por 4, tenemos la cantidad de cada repuesto necesaria anualmente y durante 10 años para los 4 GEL de uso continuo con mejoras que se encuentran instalados en la base militar.

REPUESTO	CANTIDAD AÑO 1	CANTIDAD AÑO 2	CANTIDAD AÑO 3	CANTIDAD AÑO 4	CANTIDAD AÑO 5	CANTIDAD AÑO 6	CANTIDAD AÑO 7	CANTIDAD AÑO 8	CANTIDAD AÑO 9	CANTIDAD AÑO 10	CANTIDAD TOTAL 10 AÑOS
FILTRO DE AIRE REUTILIZABLE IVECO FPT CR16TE1W	0 uds	0 uds	0 uds	4 uds	0 uds	0 uds	0 uds	4 uds	0 uds	0 uds	8 uds
FILTRO DE AIRE STAMFORD HC	16 uds	16 uds	20 uds	16 uds	20 uds	16 uds	16 uds	20 uds	16 uds	20 uds	176 uds
FILTRO VENTILACIÓN DEL CARTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	8 uds	8 uds	12 uds	8 uds	12 uds	8 uds	12 uds	8 uds	12 uds	8 uds	96 uds
FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	32 uds	36 uds	36 uds	36 uds	36 uds	36 uds	32 uds	36 uds	36 uds	36 uds	352 uds
PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	32 uds	36 uds	36 uds	36 uds	36 uds	36 uds	32 uds	36 uds	36 uds	36 uds	352 uds
FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFV	32 uds	36 uds	36 uds	36 uds	36 uds	36 uds	32 uds	36 uds	36 uds	36 uds	352 uds
ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	2.455,36 L	2.759,36 L	2.759,36 L	2.759,36 L	2.759,36 L	2.759,36 L	2.455,36 L	2.759,36 L	2.759,36 L	2.759,36 L	26.985,60 L
IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	1.216 L	1.368 L	1.368 L	1.368 L	1.368 L	1.368 L	1.216 L	1.368 L	1.368 L	1.368 L	13.376 L
JUNTA TAPA DE BALANCINES IVECO FPT CR16TE1W	12 uds	12 uds	16 uds	12 uds	16 uds	12 uds	16 uds	12 uds	16 uds	12 uds	136 uds
REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	534,34 L	534,34 L	1.066,34 L	534,34 L	1.066,34 L	534,34 L	1.066,34 L	534,34 L	1.066,34 L	534,34 L	7.471,36 L
CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	24 uds	28 uds	28 uds	28 uds	28 uds	28 uds	28 uds	28 uds	28 uds	28 uds	276 uds
CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFV	52 uds	56 uds	56 uds	56 uds	56 uds	56 uds	56 uds	56 uds	56 uds	56 uds	556 uds
KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	4 uds	0 uds	0 uds	0 uds	4 uds	0 uds	0 uds	8 uds
CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	4 uds	0 uds	0 uds	0 uds	4 uds	0 uds	0 uds	8 uds
KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	0 uds	4 uds	4 uds	4 uds	4 uds	0 uds	0 uds	4 uds	4 uds	4 uds	32 uds
KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	0 uds	0 uds	0 uds	4 uds	0 uds	0 uds	0 uds	4 uds	0 uds	0 uds	8 uds
BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	0 uds	0 uds	0 uds	8 uds	0 uds	0 uds	0 uds	8 uds	0 uds	0 uds	16 uds
GRASA KLUBER ASONIC GHY72	240 g	440 g	440 g	440 g	440 g	440 g	240 g	440 g	440 g	440 g	4.000 g
GRASA DE COBRE LIQUI MOLY 4081	2.160 g	2.240 g	2.240 g	2.240 g	2.240 g	2.240 g	2.240 g	2.240 g	2.240 g	2.240 g	22.320 g
FIJA TORNILLOS LOCITITE 242	213,2 mL	254,0 mL	259,2 mL	276,0 mL	243,2 mL	254,0 mL	239,2 mL	280,0 mL	255,2 mL	242,0 mL	2.516,0 mL
DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	364,8 L	390,8 L	390,8 L	390,8 L	368,8 L	390,8 L	390,8 L	390,8 L	390,8 L	368,8 L	3.838,0 L
JABÓN LIMPIA FILTROS K&N	800 mL	800 mL	1.000 mL	800 mL	1.000 mL	800 mL	800 mL	1.000 mL	800 mL	1.000 mL	8.800 mL
ACEITE FILTROS K&N	3.200 mL	3.200 mL	4.000 mL	3.200 mL	4.000 mL	3.200 mL	3.200 mL	4.000 mL	3.200 mL	4.000 mL	35.200 mL

Tabla 48 Cantidad necesaria de cada repuesto para realizar el mantenimiento de los 4 GEL de uso continuo con mejoras. Fuente: Elaboración propia [72]

Por consiguiente, si se reorganiza la tabla 47 en función de cada repuesto y se multiplican las cantidades por 2, tenemos la cantidad de cada repuesto necesaria anualmente y durante 10 años para los 2 GEL de emergencia con mejoras que se encuentran instalados en la base militar.

REPUESTO	CANTIDAD AÑO 1	CANTIDAD AÑO 2	CANTIDAD AÑO 3	CANTIDAD AÑO 4	CANTIDAD AÑO 5	CANTIDAD AÑO 6	CANTIDAD AÑO 7	CANTIDAD AÑO 8	CANTIDAD AÑO 9	CANTIDAD AÑO 10	CANTIDAD TOTAL 10 AÑOS
FILTRO DE AIRE REUTILIZABLE IVECO FPT CR16TE1W	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	4 uds	4 uds
FILTRO DE AIRE STAMFORD HC	0 uds	2 uds	0 uds	2 uds	0 uds	2 uds	0 uds	2 uds	0 uds	2 uds	10 uds
FILTRO VENTILACIÓN DEL CARTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	20 uds
FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	20 uds
PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	20 uds
FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFV	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	2 uds	20 uds
ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	163,68 L	163,68 L	163,68 L	163,68 L	163,68 L	163,68 L	163,68 L	163,68 L	163,68 L	163,68 L	1.636,80 L
IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	152 L	152 L	152 L	152 L	152 L	152 L	152 L	152 L	152 L	152 L	1.520 L
JUNTA TAPA DE BALANCINES IVECO FPT CR16TE1W	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	6 uds
REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	1,2 L	267,2 L	1,2 L	267,2 L	1,2 L	267,2 L	1,2 L	267,2 L	1,2 L	267,2 L	1.341,7 L
CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	0 uds	2 uds	0 uds	2 uds	0 uds	2 uds	0 uds	2 uds	0 uds	2 uds	12 uds
CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFV	2 uds	2 uds	2 uds	4 uds	2 uds	2 uds	4 uds	2 uds	2 uds	4 uds	26 uds
KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	4 uds
CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	4 uds
KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	4 uds
KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	2 uds	4 uds
BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	4 uds	0 uds	0 uds	0 uds	0 uds	4 uds	8 uds
GRASA KLUBER ASONIC GHY72	120 g	120 g	120 g	220 g	120 g	120 g	120 g	220 g	120 g	120 g	1.400 g
GRASA DE COBRE LIQUI MOLY 4081	80 g	120 g	80 g	120 g	120 g	80 g	120 g	120 g	80 g	120 g	1.040 g
FIJA TORNILLOS LOCITITE 242	12,0 mL	24,2 mL	12,0 mL	34,4 mL	25,2 mL	22,0 mL	16,4 mL	32,2 mL	12,0 mL	37,4 mL	227,8 mL
DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	11,6 L	24,2 L	11,6 L	24,6 L	13,2 L	22,6 L	21,6 L	16,2 L	19,6 L	16,6 L	181,8 L
JABÓN LIMPIA FILTROS K&N	0 mL	100 mL	0 mL	100 mL	0 mL	100 mL	0 mL	100 mL	0 mL	100 mL	500 mL
ACEITE FILTROS K&N	0 mL	400 mL	0 mL	400 mL	0 mL	400 mL	0 mL	400 mL	0 mL	400 mL	2.000 mL

Tabla 49 Cantidad necesaria de cada repuesto para realizar el mantenimiento de los 2 GEL de emergencia con mejoras. Fuente: Elaboración propia [72]

La siguiente tabla muestra el coste total de los repuestos anualmente y para la duración total del emplazamiento en los 4 GEL de uso continuo con mejoras:

REPUESTO	PRECIO UNITARIO	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE TOTAL 10 AÑOS
FILTRO DE AIRE REUTILIZABLE IVECO FPT CR16TE1W	692,58 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	2.993,47 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	3.291,00 €	0,00 €	0,00 €	6.284,47 €
FITRO DE AIRE STAMFORD HC	79,56 €	1.272,96 €	1.307,14 €	1.676,65 €	1.375,50 €	1.762,09 €	1.443,85 €	1.478,03 €	1.890,27 €	1.546,39 €	1.975,71 €	15.728,60 €
FILTRO VENTILACIÓN DEL CARTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	94,49 €	755,92 €	776,22 €	1.194,77 €	816,81 €	1.255,66 €	857,40 €	1.316,55 €	898,00 €	1.377,44 €	939,59 €	10.187,34 €
FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	100,11 €	3.203,52 €	3.700,73 €	3.797,49 €	3.894,26 €	3.991,03 €	4.087,79 €	3.719,61 €	4.281,32 €	4.378,09 €	4.474,86 €	39.528,69 €
PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	35,94 €	1.150,08 €	1.328,58 €	1.363,32 €	1.398,06 €	1.432,80 €	1.467,54 €	1.335,36 €	1.537,02 €	1.571,76 €	1.606,50 €	14.191,00 €
FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFV	60,20 €	1.926,40 €	2.225,39 €	2.283,58 €	2.341,77 €	2.399,96 €	2.458,15 €	2.236,74 €	2.574,53 €	2.632,71 €	2.690,90 €	23.770,13 €
ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	4,59 €/L	2.455,36 €	2.833,45 €	2.907,54 €	2.981,63 €	3.055,72 €	3.129,80 €	2.850,92 €	3.277,98 €	3.352,07 €	3.426,16 €	30.270,62 €
IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	0,54 €/L	1.216,00 €	1.404,73 €	1.441,46 €	1.478,19 €	1.514,92 €	1.551,65 €	1.411,90 €	1.625,12 €	1.661,85 €	1.698,58 €	15.004,40 €
JUNTA TAPA DE BALANCINES IVECO FPT CR16TE1W	23,76 €	285,12 €	292,78 €	400,57 €	308,09 €	420,99 €	323,40 €	441,40 €	338,71 €	461,82 €	354,02 €	3.626,89 €
REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	1,4 €/L	534,34 €	548,68 €	1.123,60 €	577,38 €	1.180,86 €	606,07 €	1.238,12 €	634,76 €	1.285,38 €	663,46 €	8.402,66 €
CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	44,67 €	1.072,08 €	1.284,34 €	1.317,93 €	1.351,51 €	1.385,09 €	1.418,67 €	1.452,26 €	1.485,84 €	1.519,42 €	1.553,01 €	13.840,15 €
CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFV	29,35 €	1.526,20 €	1.687,73 €	1.731,86 €	1.775,99 €	1.820,12 €	1.864,25 €	1.908,38 €	1.952,51 €	1.996,65 €	2.040,78 €	18.304,48 €
KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	346,78 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.498,85 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.647,83 €	0,00 €	0,00 €	3.146,68 €
CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	352,33 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.522,84 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.674,20 €	0,00 €	0,00 €	3.197,04 €
KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	798,47 €	0,00 €	3.279,64 €	3.365,39 €	3.451,15 €	3.536,90 €	3.622,66 €	0,00 €	3.794,17 €	3.879,93 €	3.965,68 €	28.895,51 €
KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	473,29 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	2.045,65 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	2.248,98 €	0,00 €	0,00 €	4.294,63 €
BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	228,99 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.979,48 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	2.176,23 €	0,00 €	0,00 €	4.155,71 €
GRASA KLUBER ASONIC GHY72	0,81 €/g	240,00 €	451,81 €	463,63 €	475,44 €	487,26 €	499,07 €	278,66 €	522,70 €	534,51 €	546,33 €	4.499,41 €
GRASA DE COBRE LIQUI MOLY 4081	0,094 €/g	2.160,00 €	2.300,14 €	2.360,29 €	2.420,43 €	2.480,58 €	2.540,72 €	2.600,86 €	2.661,01 €	2.721,15 €	2.781,30 €	25.026,48 €
FIJA TORNILLOS LOCITTE 242	0,79 €/mL	213,20 €	260,82 €	273,12 €	298,23 €	269,32 €	288,10 €	277,74 €	332,63 €	310,02 €	300,48 €	2.823,65 €
DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	2,47 €/L	364,80 €	401,29 €	411,79 €	422,28 €	408,41 €	443,26 €	453,76 €	464,25 €	474,74 €	457,92 €	4.302,51 €
JABÓN LIMPIA FILTROS K&N	0,01 €/mL	800,00 €	821,48 €	1.053,70 €	864,44 €	1.107,40 €	907,40 €	928,88 €	1.187,95 €	971,84 €	1.241,65 €	9.884,74 €
ACEITE FILTROS K&N	0,05 €/mL	3.200,00 €	3.285,92 €	4.214,80 €	3.457,76 €	4.429,60 €	3.629,60 €	3.715,52 €	4.751,80 €	3.887,36 €	4.966,60 €	39.538,96 €
COSTE TOTAL REPUESTOS		22.375,98 €	28.190,87 €	31.381,48 €	39.729,20 €	32.938,70 €	31.139,40 €	27.644,69 €	45.248,80 €	34.573,13 €	35.682,51 €	328.904,76 €

Tabla 50 Coste total de los repuestos para realizar el mantenimiento preventivo de los 4 GEL de uso continuo con mejoras. Fuente: Elaboración propia [72]

A continuación, se muestra el coste total de los repuestos anualmente y para la duración total del emplazamiento en los 2 GEL de emergencia con mejoras:

REPUESTO	PRECIO UNITARIO	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE TOTAL 10 AÑOS
FILTRO DE AIRE REUTILIZABLE IVECO FPT CR16TE1W	692,58 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.533,93 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.719,88 €	3.253,81 €
FITRO DE AIRE STAMFORD HC	79,56 €	0,00 €	163,39 €	0,00 €	171,94 €	0,00 €	180,48 €	0,00 €	189,03 €	0,00 €	197,57 €	902,41 €
FILTRO VENTILACIÓN DEL CARTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	94,49 €	188,98 €	194,05 €	199,13 €	204,20 €	209,28 €	214,35 €	219,42 €	224,50 €	229,57 €	234,65 €	2.118,14 €
FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	100,11 €	200,22 €	205,60 €	210,97 €	216,35 €	221,72 €	227,10 €	232,48 €	237,85 €	243,23 €	248,60 €	2.244,12 €
PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	35,94 €	71,88 €	73,81 €	75,74 €	77,67 €	79,60 €	81,53 €	83,46 €	85,39 €	87,32 €	89,25 €	805,65 €
FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFV	60,20 €	120,40 €	123,63 €	126,87 €	130,10 €	133,33 €	136,56 €	139,80 €	143,03 €	146,26 €	149,49 €	1.348,47 €
ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	4,59 €/L	163,88 €	168,07 €	172,47 €	176,86 €	181,26 €	185,65 €	190,05 €	194,44 €	198,84 €	203,23 €	1.834,57 €
IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	0,54 €/L	152,00 €	156,08 €	160,16 €	164,24 €	168,32 €	172,41 €	176,49 €	180,57 €	184,65 €	188,73 €	1.703,05 €
JUNTA TAPA DE BALANCINES IVECO FPT CR16TE1W	23,76 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	51,35 €	0,00 €	0,00 €	55,18 €	0,00 €	0,00 €	59,00 €	165,53 €
REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	1,4 €/L	1,17 €	274,34 €	1,23 €	288,69 €	1,29 €	303,04 €	1,36 €	317,38 €	1,42 €	331,73 €	1.521,64 €
CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	44,67 €	0,00 €	91,74 €	0,00 €	96,54 €	98,94 €	0,00 €	103,73 €	106,13 €	0,00 €	110,93 €	608,00 €
CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFV	29,35 €	58,70 €	60,28 €	61,85 €	126,86 €	65,00 €	66,58 €	136,31 €	69,73 €	71,31 €	145,77 €	862,39 €
KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	346,78 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	768,05 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	861,16 €	1.629,21 €
CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	352,33 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	780,34 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	874,94 €	1.655,28 €
KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	798,47 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.725,57 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.897,08 €	0,00 €	0,00 €	3.622,66 €
KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	473,29 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.948,24 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.175,32 €	2.223,56 €
BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	228,99 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.014,33 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.137,30 €	2.151,64 €
GRASA KLUBER ASONIC GHY72	0,81 €/g	120,00 €	123,22 €	126,44 €	237,72 €	132,89 €	136,11 €	139,33 €	261,35 €	145,78 €	149,00 €	1.571,84 €
GRASA DE COBRE LIQUI MOLY 4081	0,094 €/g	80,00 €	123,22 €	84,30 €	129,67 €	132,89 €	90,74 €	139,33 €	142,55 €	97,18 €	149,00 €	1.168,88 €
FIJA TORNILLOS LOCITTE 242	0,79 €/mL	12,00 €	24,85 €	12,64 €	37,17 €	27,91 €	24,95 €	19,04 €	38,25 €	14,58 €	46,44 €	257,83 €
DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	2,47 €/L	11,60 €	24,85 €	12,22 €	26,58 €	14,62 €	25,63 €	25,08 €	19,24 €	23,81 €	20,61 €	204,25 €
JABÓN LIMPIA FILTROS K&N	0,01 €/mL	0,00 €	102,69 €	0,00 €	108,06 €	0,00 €	113,43 €	0,00 €	118,80 €	0,00 €	124,17 €	567,13 €
ACEITE FILTROS K&N	0,05 €/mL	0,00 €	410,74 €	0,00 €	432,22 €	0,00 €	453,70 €	0,00 €	475,18 €	0,00 €	496,66 €	2.268,50 €
COSTE TOTAL REPUESTOS		1.180,63 €	2.320,57 €	1.244,03 €	4.401,78 €	6.611,94 €	2.412,26 €	1.661,06 €	4.700,51 €	1.443,95 €	8.713,44 €	34.690,16 €

Tabla 51 Coste total de los repuestos para realizar el mantenimiento preventivo de los 2 GEL de emergencia con mejoras. Fuente: Elaboración propia [72]

Una vez se tienen los costes de los repuestos solo falta obtener el coste de mano de obra.

En la siguiente tabla se muestra el coste de mano de obra para cada uno de los GEL de uso continuo en el escenario subcontratado y el total para las 4 unidades instaladas.

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	COSTE MANO DE OBRA	Nº DE OPERACIONES AÑO 1	Nº DE OPERACIONES AÑO 2	Nº DE OPERACIONES AÑO 3	Nº DE OPERACIONES AÑO 4	Nº DE OPERACIONES AÑO 5	Nº DE OPERACIONES AÑO 6	Nº DE OPERACIONES AÑO 7	Nº DE OPERACIONES AÑO 8	Nº DE OPERACIONES AÑO 9	Nº DE OPERACIONES AÑO 10	Nº DE OP TOTAL 10 AÑOS
	Grupo Eléctrico												
1	Inspección visual general	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
2	Verificar estado del panel de control	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	38,13 €/h	232,42 €	238,66 €	244,90 €	251,14 €	257,38 €	263,62 €	269,86 €	276,11 €	282,35 €	288,59 €	2.605,04 €
5	Verificar ausencia de fugas	38,13 €/h	174,06 €	181,99 €	186,75 €	191,50 €	196,26 €	201,02 €	205,78 €	210,54 €	215,30 €	220,06 €	1.983,25 €
6	Comprobar funcionamiento general	38,13 €/h	339,74 €	361,78 €	371,24 €	380,70 €	390,16 €	399,62 €	409,08 €	418,54 €	428,00 €	437,46 €	3.936,32 €
7	Verificar el estado de las baterías	38,13 €/h	85,45 €	90,99 €	93,37 €	95,75 €	98,13 €	100,51 €	102,89 €	105,27 €	107,65 €	110,03 €	990,04 €
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	61,77 €/h	278,52 €	296,59 €	304,35 €	312,10 €	319,86 €	327,61 €	335,37 €	343,12 €	350,88 €	358,63 €	3.227,04 €
9	Limpeza general	38,13 €/h	305,04 €	332,81 €	341,51 €	350,21 €	357,80 €	367,62 €	376,32 €	385,02 €	393,72 €	402,42 €	3.568,80 €
10	Verificar los pares de apriete	61,77 €/h	334,05 €	369,41 €	379,07 €	388,73 €	398,39 €	408,04 €	417,70 €	427,36 €	437,02 €	446,68 €	4.006,45 €
11	Sustitución de baterías	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	22,03 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	24,22 €	0,00 €	0,00 €	46,24 €
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	183,55 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	201,79 €	0,00 €	0,00 €	385,34 €
	Motor												
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	61,77 €/h	278,52 €	296,59 €	304,35 €	312,10 €	319,86 €	327,61 €	335,37 €	343,12 €	350,88 €	358,63 €	3.227,04 €
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	38,13 €/h	33,97 €	36,18 €	37,12 €	38,07 €	39,02 €	39,96 €	40,91 €	41,85 €	42,80 €	43,75 €	393,63 €
18	Drenado de agua del depósito combustible	38,13 €/h	33,97 €	36,18 €	37,12 €	38,07 €	39,02 €	39,96 €	40,91 €	41,85 €	42,80 €	43,75 €	393,63 €
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	38,13 €/h	171,93 €	183,08 €	187,87 €	192,66 €	197,44 €	202,23 €	207,02 €	211,81 €	216,59 €	221,38 €	1.992,02 €
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	61,77 €/h	26,50 €	29,30 €	30,07 €	30,84 €	31,60 €	32,37 €	33,14 €	33,90 €	34,67 €	35,43 €	317,82 €
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensor si es necesario	61,77 €/h	138,43 €	147,41 €	151,26 €	155,12 €	158,97 €	162,83 €	166,68 €	170,53 €	174,39 €	178,24 €	1.603,86 €
22	Revisar el estado del sistema de escape	38,13 €/h	17,50 €	18,64 €	19,12 €	19,61 €	20,10 €	20,59 €	21,07 €	21,56 €	22,05 €	22,54 €	202,78 €
23	Inspección visual del turbocompresor	38,13 €/h	17,50 €	18,64 €	19,12 €	19,61 €	20,10 €	20,59 €	21,07 €	21,56 €	22,05 €	22,54 €	202,78 €
24	Limpeza del radiador de refrigeración	38,13 €/h	85,45 €	90,99 €	93,37 €	95,75 €	98,13 €	100,51 €	102,89 €	105,27 €	107,65 €	110,03 €	990,04 €
25	Sustitución del aceite	61,77 €/h	205,87 €	237,82 €	244,04 €	250,26 €	256,47 €	262,69 €	268,90 €	275,13 €	281,35 €	287,57 €	2.540,22 €
26	Sustitución del filtro de aceite	61,77 €/h	41,02 €	47,38 €	48,62 €	49,86 €	51,10 €	52,34 €	53,58 €	54,81 €	56,05 €	57,29 €	506,09 €
27	Sustitución del prefiltro de combustible	61,77 €/h	41,02 €	47,38 €	48,62 €	49,86 €	51,10 €	52,34 €	53,58 €	54,81 €	56,05 €	57,29 €	506,09 €
28	Sustitución filtro de combustible	61,77 €/h	41,02 €	47,38 €	48,62 €	49,86 €	51,10 €	52,34 €	53,58 €	54,81 €	56,05 €	57,29 €	506,09 €
29	Sustitución correa del ventilador	61,77 €/h	200,75 €	222,00 €	227,80 €	233,61 €	239,41 €	245,22 €	251,02 €	256,83 €	262,63 €	268,44 €	2.407,73 €
30	Lavado y encendido filtro de aire	61,77 €/h	61,77 €	63,43 €	65,09 €	66,75 €	68,41 €	70,06 €	71,72 €	73,38 €	75,04 €	76,69 €	763,23 €
31	Sustitución correa de accesorios	61,77 €/h	154,18 €	184,70 €	189,53 €	194,36 €	199,19 €	204,02 €	208,85 €	213,68 €	218,51 €	223,34 €	1.990,38 €
32	Comprobación alternador	38,13 €/h	12,66 €	16,25 €	13,34 €	17,10 €	17,52 €	14,36 €	18,37 €	18,80 €	15,38 €	19,65 €	163,43 €
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	61,77 €/h	21,00 €	21,57 €	33,19 €	22,69 €	34,89 €	23,82 €	36,58 €	24,95 €	38,27 €	26,08 €	283,04 €
34	Ajuste de válvulas	61,77 €/h	555,93 €	570,86 €	781,04 €	600,71 €	820,85 €	630,56 €	860,65 €	660,42 €	900,46 €	690,27 €	7.071,75 €
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	61,77 €/h	154,43 €	237,86 €	244,08 €	250,30 €	256,52 €	262,73 €	268,95 €	275,17 €	281,39 €	287,61 €	2.337,66 €
36	Sustitución del refrigerante	61,77 €/h	41,20 €	42,31 €	86,83 €	44,52 €	91,25 €	46,73 €	95,68 €	48,94 €	100,10 €	51,16 €	648,71 €
37	Sustitución filtro de aire	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	66,75 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	73,38 €	0,00 €	0,00 €	140,13 €
	Alternador												
38	Revisar temperaturas de funcionamiento	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
39	Verificar parámetros de funcionamiento	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
40	Verificar ventilación	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
41	Limpeza ventilación	61,77 €/h	200,75 €	222,00 €	227,80 €	233,61 €	239,41 €	245,22 €	251,02 €	256,83 €	262,63 €	268,44 €	2.407,73 €
42	Sustitución filtro de aire	61,77 €/h	247,08 €	253,71 €	325,44 €	266,98 €	342,02 €	280,25 €	286,88 €	366,90 €	300,15 €	383,48 €	3.052,90 €
43	Revisar devanados	61,77 €/h	72,02 €	73,96 €	75,89 €	77,83 €	79,76 €	81,69 €	83,63 €	85,56 €	87,49 €	89,43 €	807,26 €
44	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	61,77 €/h	82,40 €	84,61 €	86,83 €	89,04 €	91,25 €	93,46 €	95,68 €	97,89 €	100,10 €	102,31 €	923,57 €
45	Sustituir cojinetes y rodamientos	61,77 €/h	0,00 €	126,86 €	130,17 €	133,49 €	136,81 €	140,13 €	0,00 €	146,76 €	150,08 €	153,39 €	1.117,68 €
46	Sustitución diodos y varistores	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	33,37 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	36,69 €	0,00 €	0,00 €	70,06 €
47	Sustituir calentador anticondensación	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	33,37 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	36,69 €	0,00 €	0,00 €	70,06 €
	COSTE TOTAL PARA CADA GEL DE USO CONTINUO		7.483,56 €	8.101,83 €	8.641,44 €	8.864,59 €	8.978,72 €	8.945,62 €	9.245,07 €	9.837,40 €	9.868,83 €	9.772,93 €	89.739,99 €
	COSTE TOTAL PARA LOS 4 GEL DE USO CONTINUO		29.934,22 €	32.407,32 €	34.565,76 €	35.458,36 €	35.914,89 €	35.782,50 €	36.980,30 €	39.349,60 €	39.475,32 €	39.091,71 €	358.959,98 €

Tabla 52 Coste de mano de obra para los GEL de uso continuo en el escenario subcontratado. Fuente: Elaboración propia [72]

En la siguiente tabla se muestra el coste de mano de obra para cada uno de los GEL de emergencia en el escenario subcontratado y el total para las 2 unidades instaladas.

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	COSTE MANO DE OBRA	Nº DE OPERACIONES AÑO 1	Nº DE OPERACIONES AÑO 2	Nº DE OPERACIONES AÑO 3	Nº DE OPERACIONES AÑO 4	Nº DE OPERACIONES AÑO 5	Nº DE OPERACIONES AÑO 6	Nº DE OPERACIONES AÑO 7	Nº DE OPERACIONES AÑO 8	Nº DE OPERACIONES AÑO 9	Nº DE OPERACIONES AÑO 10	Nº DE OP TOTAL 10 AÑOS
	Grupo Eléctrico												
1	Inspección visual general	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
2	Verificar estado del panel de control	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	38,13 €/h	232,42 €	238,66 €	244,90 €	251,14 €	257,38 €	263,62 €	269,86 €	276,11 €	282,35 €	288,59 €	2.605,04 €
5	Verificar ausencia de fugas	38,13 €/h	15,82 €	16,25 €	16,67 €	20,52 €	17,52 €	17,95 €	18,37 €	22,56 €	19,22 €	19,65 €	184,54 €
6	Comprobar funcionamiento general	38,13 €/h	25,17 €	38,76 €	26,52 €	40,79 €	41,80 €	28,54 €	43,83 €	44,84 €	30,57 €	46,87 €	367,70 €
7	Verificar el estado de las baterías	38,13 €/h	6,33 €	9,75 €	6,67 €	10,26 €	10,51 €	7,18 €	11,02 €	11,28 €	7,69 €	11,79 €	92,48 €
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	61,77 €/h	20,63 €	31,78 €	21,74 €	33,44 €	34,27 €	23,40 €	35,93 €	36,76 €	25,06 €	38,43 €	301,44 €
9	Limpieza general	38,13 €/h	19,07 €	39,15 €	20,09 €	41,20 €	21,11 €	43,25 €	44,27 €	22,65 €	46,32 €	23,67 €	320,78 €
10	Verificar los pares de apriete	61,77 €/h	25,70 €	26,39 €	27,08 €	55,53 €	28,46 €	29,15 €	59,67 €	30,53 €	31,22 €	63,81 €	377,52 €
11	Sustitución de baterías	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	22,57 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	25,31 €	47,88 €
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	188,11 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	210,92 €	399,03 €
	Motor												
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	61,77 €/h	20,63 €	31,78 €	21,74 €	33,44 €	34,27 €	23,40 €	35,93 €	36,76 €	25,06 €	38,43 €	301,44 €
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	38,13 €/h	2,52 €	3,88 €	2,65 €	4,08 €	4,18 €	2,85 €	4,38 €	4,48 €	3,06 €	4,69 €	36,77 €
18	Drenado de agua del depósito combustible	38,13 €/h	2,52 €	3,88 €	2,65 €	4,08 €	4,18 €	2,85 €	4,38 €	4,48 €	3,06 €	4,69 €	36,77 €
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	38,13 €/h	12,74 €	19,62 €	13,42 €	20,64 €	21,15 €	14,45 €	22,18 €	22,69 €	15,47 €	23,72 €	186,08 €
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	61,77 €/h	2,04 €	2,09 €	2,15 €	4,41 €	2,26 €	2,31 €	4,73 €	2,42 €	2,48 €	5,06 €	29,95 €
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensar si es necesario	61,77 €/h	10,25 €	15,79 €	10,80 €	16,62 €	17,03 €	11,63 €	17,86 €	18,27 €	12,46 €	19,10 €	149,82 €
22	Revisar el estado del sistema de escape	38,13 €/h	1,30 €	2,00 €	1,37 €	2,10 €	2,15 €	1,47 €	2,26 €	2,31 €	1,57 €	2,41 €	18,94 €
23	Inspección visual del turbocompresor	38,13 €/h	1,30 €	2,00 €	1,37 €	2,10 €	2,15 €	1,47 €	2,26 €	2,31 €	1,57 €	2,41 €	18,94 €
24	Limpieza del radiador de refrigeración	38,13 €/h	6,33 €	9,75 €	6,67 €	10,26 €	10,51 €	7,18 €	11,02 €	11,28 €	7,69 €	11,79 €	92,48 €
25	Sustitución del aceite	61,77 €/h	25,73 €	26,42 €	27,12 €	27,81 €	28,50 €	29,19 €	29,88 €	30,57 €	31,26 €	31,95 €	288,43 €
26	Sustitución del filtro de aceite	61,77 €/h	5,13 €	5,26 €	5,40 €	5,54 €	5,68 €	5,82 €	5,95 €	6,09 €	6,23 €	6,37 €	57,46 €
27	Sustitución del prefiltro de combustible	61,77 €/h	5,13 €	5,26 €	5,40 €	5,54 €	5,68 €	5,82 €	5,95 €	6,09 €	6,23 €	6,37 €	57,46 €
28	Sustitución filtro de combustible	61,77 €/h	5,13 €	5,26 €	5,40 €	5,54 €	5,68 €	5,82 €	5,95 €	6,09 €	6,23 €	6,37 €	57,46 €
29	Sustitución correa del ventilador	61,77 €/h	15,44 €	15,86 €	16,27 €	33,37 €	17,10 €	17,52 €	35,86 €	18,34 €	18,76 €	38,35 €	226,87 €
30	Lavado y encañado filtro de aire	61,77 €/h	0,00 €	15,86 €	0,00 €	16,69 €	0,00 €	17,52 €	0,00 €	18,34 €	0,00 €	19,17 €	87,58 €
31	Sustitución correa de accesorios	61,77 €/h	0,00 €	26,39 €	0,00 €	27,77 €	28,46 €	0,00 €	29,84 €	30,53 €	0,00 €	31,91 €	174,88 €
32	Comprobación alternador	38,13 €/h	3,16 €	3,25 €	3,33 €	3,42 €	3,50 €	3,59 €	3,67 €	3,76 €	3,84 €	3,93 €	35,47 €
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	61,77 €/h	10,50 €	10,78 €	11,06 €	11,35 €	11,63 €	11,91 €	12,19 €	12,47 €	12,76 €	13,04 €	117,70 €
34	Ajuste de válvulas	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	200,24 €	0,00 €	0,00 €	215,16 €	0,00 €	0,00 €	230,09 €	645,49 €
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	61,77 €/h	0,00 €	79,29 €	0,00 €	83,43 €	0,00 €	87,58 €	0,00 €	91,72 €	0,00 €	95,87 €	437,89 €
36	Sustitución del refrigerante	61,77 €/h	0,00 €	42,31 €	0,00 €	44,52 €	0,00 €	46,73 €	0,00 €	48,94 €	0,00 €	51,16 €	233,66 €
37	Sustitución filtro de aire	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	68,40 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	76,70 €	145,10 €
	Alternador												
38	Revisar temperaturas de funcionamiento	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
39	Verificar parámetros de funcionamiento	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
40	Verificar ventilación	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
41	Limpieza ventilación	61,77 €/h	15,44 €	15,86 €	16,27 €	33,37 €	17,10 €	17,52 €	35,86 €	18,34 €	18,76 €	38,35 €	226,87 €
42	Sustitución filtro de aire	61,77 €/h	0,00 €	63,43 €	0,00 €	66,75 €	0,00 €	70,06 €	0,00 €	73,38 €	0,00 €	76,70 €	350,31 €
43	Revisar devanados	61,77 €/h	72,02 €	73,96 €	75,89 €	77,83 €	79,76 €	81,69 €	83,63 €	85,56 €	87,49 €	89,43 €	807,26 €
44	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	61,77 €/h	82,40 €	84,61 €	86,83 €	89,04 €	91,25 €	93,46 €	95,68 €	97,89 €	100,10 €	102,31 €	923,57 €
45	Sustituir cojinetes y rodamientos	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	133,49 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	146,76 €	0,00 €	0,00 €	280,25 €
46	Sustitución diodos y varistores	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	34,20 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	38,35 €	72,55 €
47	Sustituir calentador anticondensación	61,77 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	34,20 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	38,35 €	72,55 €
COSTE TOTAL PARA CADA GEL DE EMERGENCIA			3.442,24 €	3.837,83 €	3.627,09 €	4.439,03 €	4.248,63 €	4.147,88 €	4.395,68 €	4.567,81 €	4.204,80 €	5.309,47 €	42.220,47 €
COSTE TOTAL PARA LOS 2 GEL DE EMERGENCIA			6.884,49 €	7.675,67 €	7.254,19 €	8.878,05 €	8.497,27 €	8.295,76 €	8.791,36 €	9.135,63 €	8.409,60 €	10.618,94 €	84.440,94 €

Tabla 53 Coste de mano de obra para los GEL de emergencia en el escenario subcontratado. Fuente: Elaboración propia [72]

En la siguiente tabla se muestra el coste de mano de obra para cada uno de los GEL de uso continuo en el escenario con personal propio del Cuerpo Militar y el total para las 4 unidades instaladas:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	COSTE MANO DE OBRA	Nº DE OPERACIONES AÑO 1	Nº DE OPERACIONES AÑO 2	Nº DE OPERACIONES AÑO 3	Nº DE OPERACIONES AÑO 4	Nº DE OPERACIONES AÑO 5	Nº DE OPERACIONES AÑO 6	Nº DE OPERACIONES AÑO 7	Nº DE OPERACIONES AÑO 8	Nº DE OPERACIONES AÑO 9	Nº DE OPERACIONES AÑO 10	Nº DE OP TOTAL 10 AÑOS
	Grupo Eléctrico												
1	Inspección visual general	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
2	Verificar estado del panel de control	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	38,13 €/h	232,42 €	238,66 €	244,90 €	251,14 €	257,38 €	263,62 €	269,86 €	276,11 €	282,35 €	288,59 €	2.605,04 €
5	Verificar ausencia de fugas	38,13 €/h	174,06 €	181,99 €	186,75 €	191,50 €	196,26 €	201,02 €	205,78 €	210,54 €	215,30 €	220,06 €	1.983,25 €
6	Comprobar funcionamiento general	38,13 €/h	339,74 €	361,78 €	371,24 €	380,70 €	390,16 €	399,62 €	409,08 €	418,54 €	428,00 €	437,46 €	3.936,32 €
7	Verificar el estado de las baterías	38,13 €/h	85,45 €	90,99 €	93,37 €	95,75 €	98,13 €	100,51 €	102,89 €	105,27 €	107,65 €	110,03 €	990,04 €
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	38,13 €/h	171,93 €	183,08 €	187,87 €	192,66 €	197,44 €	202,23 €	207,02 €	211,81 €	216,59 €	221,38 €	1.992,02 €
9	Limpeza general	38,13 €/h	305,04 €	332,81 €	341,51 €	350,21 €	337,80 €	367,62 €	376,32 €	385,02 €	393,72 €	378,75 €	3.568,80 €
10	Verificar los pares de apriete	38,13 €/h	206,21 €	228,03 €	233,99 €	239,96 €	245,92 €	251,88 €	257,84 €	263,81 €	269,77 €	275,73 €	2.473,14 €
11	Sustitución de baterías	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	13,60 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	14,95 €	0,00 €	0,00 €	28,54 €
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	113,30 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	124,57 €	0,00 €	0,00 €	237,87 €
	Motor												
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	38,13 €/h	171,93 €	183,08 €	187,87 €	192,66 €	197,44 €	202,23 €	207,02 €	211,81 €	216,59 €	221,38 €	1.992,02 €
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	38,13 €/h	33,97 €	36,18 €	37,12 €	38,07 €	39,02 €	39,96 €	40,91 €	41,85 €	42,80 €	43,75 €	393,63 €
18	Drenado de agua del depósito combustible	38,13 €/h	33,97 €	36,18 €	37,12 €	38,07 €	39,02 €	39,96 €	40,91 €	41,85 €	42,80 €	43,75 €	393,63 €
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	38,13 €/h	171,93 €	183,08 €	187,87 €	192,66 €	197,44 €	202,23 €	207,02 €	211,81 €	216,59 €	221,38 €	1.992,02 €
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	38,13 €/h	16,36 €	18,09 €	18,56 €	19,04 €	19,51 €	19,98 €	20,45 €	20,93 €	21,40 €	21,87 €	196,19 €
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensor si es necesario	38,13 €/h	85,45 €	90,99 €	93,37 €	95,75 €	98,13 €	100,51 €	102,89 €	105,27 €	107,65 €	110,03 €	990,04 €
22	Revisar el estado del sistema de escape	38,13 €/h	17,50 €	18,64 €	19,12 €	19,61 €	20,10 €	20,59 €	21,07 €	21,56 €	22,05 €	22,54 €	202,78 €
23	Inspección visual del turbocompresor	38,13 €/h	17,50 €	18,64 €	19,12 €	19,61 €	20,10 €	20,59 €	21,07 €	21,56 €	22,05 €	22,54 €	202,78 €
24	Limpeza del radiador de refrigeración	38,13 €/h	85,45 €	90,99 €	93,37 €	95,75 €	98,13 €	100,51 €	102,89 €	105,27 €	107,65 €	110,03 €	990,04 €
25	Sustitución del aceite	38,13 €/h	127,08 €	146,80 €	150,64 €	154,48 €	158,32 €	162,16 €	147,55 €	169,83 €	173,67 €	177,51 €	1.568,05 €
26	Sustitución del filtro de aceite	38,13 €/h	25,32 €	29,25 €	30,01 €	30,78 €	31,54 €	32,31 €	29,40 €	33,84 €	34,60 €	35,37 €	312,41 €
27	Sustitución del prefiltro de combustible	38,13 €/h	25,32 €	29,25 €	30,01 €	30,78 €	31,54 €	32,31 €	29,40 €	33,84 €	34,60 €	35,37 €	312,41 €
28	Sustitución filtro de combustible	38,13 €/h	25,32 €	29,25 €	30,01 €	30,78 €	31,54 €	32,31 €	29,40 €	33,84 €	34,60 €	35,37 €	312,41 €
29	Sustitución correa del ventilador	38,13 €/h	123,92 €	137,04 €	140,62 €	144,20 €	147,79 €	151,37 €	154,95 €	158,54 €	162,12 €	165,70 €	1.486,26 €
30	Lavado y encendido filtro de aire	38,13 €/h	38,13 €	39,15 €	50,22 €	41,20 €	52,78 €	43,25 €	44,27 €	56,62 €	46,32 €	59,18 €	471,13 €
31	Sustitución correa de accesorios	38,13 €/h	95,17 €	114,02 €	117,00 €	119,98 €	122,96 €	125,94 €	128,92 €	131,90 €	134,88 €	137,87 €	1.228,64 €
32	Comprobación alternador	38,13 €/h	12,66 €	16,25 €	13,34 €	17,10 €	17,52 €	14,36 €	18,37 €	18,80 €	15,38 €	19,65 €	163,43 €
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	38,13 €/h	12,96 €	13,31 €	20,49 €	14,01 €	21,53 €	14,70 €	22,58 €	15,40 €	23,62 €	16,10 €	174,72 €
34	Ajuste de válvulas	38,13 €/h	343,17 €	352,38 €	482,13 €	370,81 €	506,70 €	389,24 €	531,27 €	407,67 €	555,84 €	426,10 €	4.365,32 €
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	38,13 €/h	95,33 €	146,83 €	150,67 €	154,51 €	105,56 €	162,18 €	166,02 €	169,86 €	173,70 €	118,36 €	1.443,02 €
36	Sustitución del refrigerante	38,13 €/h	25,43 €	26,12 €	53,60 €	27,48 €	56,33 €	28,85 €	59,06 €	30,21 €	61,79 €	31,58 €	400,44 €
37	Sustitución filtro de aire	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	41,20 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	45,30 €	0,00 €	0,00 €	86,50 €
	Alternador												
38	Revisar temperaturas de funcionamiento	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
39	Verificar parámetros de funcionamiento	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
40	Verificar ventilación	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
41	Limpeza ventilación	38,13 €/h	123,92 €	137,04 €	140,62 €	144,20 €	147,79 €	151,37 €	154,95 €	158,54 €	162,12 €	165,70 €	1.486,26 €
42	Sustitución filtro de aire	38,13 €/h	152,52 €	156,62 €	200,89 €	164,81 €	211,13 €	173,00 €	177,09 €	226,48 €	185,28 €	236,72 €	1.884,53 €
43	Revisar devanados	38,13 €/h	44,46 €	45,65 €	46,85 €	48,04 €	49,23 €	50,43 €	51,62 €	52,82 €	54,01 €	55,20 €	498,31 €
44	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	38,13 €/h	50,87 €	52,23 €	53,60 €	54,96 €	56,33 €	57,69 €	59,06 €	60,43 €	61,79 €	63,16 €	570,11 €
45	Sustituir cojinetes y rodamientos	38,13 €/h	0,00 €	78,31 €	80,36 €	82,40 €	84,45 €	86,50 €	0,00 €	90,59 €	92,64 €	94,69 €	689,94 €
46	Sustitución diodos y varistores	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	20,60 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	22,65 €	0,00 €	0,00 €	43,25 €
47	Sustituir calentador anticondensación	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	20,60 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	22,65 €	0,00 €	0,00 €	43,25 €
	COSTE TOTAL PARA CADA GEL DE USO CONTINUO		6.267,90 €	6.715,22 €	7.091,86 €	7.275,70 €	7.382,90 €	7.413,99 €	7.645,03 €	8.055,49 €	8.118,23 €	8.096,26 €	74.062,59 €
	COSTE TOTAL PARA LOS 4 GEL DE USO CONTINUO		25.071,59 €	26.860,89 €	28.367,45 €	29.102,82 €	29.531,59 €	29.655,96 €	30.580,12 €	32.221,94 €	32.472,94 €	32.385,06 €	296.250,36 €

Tabla 54 Coste de mano de obra para los GEL de uso continuo en el escenario con mano de obra propia del Cuerpo Militar. Fuente: Elaboración propia [72]

En la siguiente tabla se muestra el coste de mano de obra para cada uno de los GEL de emergencia en el escenario con personal propio del Cuerpo Militar y el total para las 2 unidades instaladas:

	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	COSTE MANO DE OBRA	Nº DE OPERACIONES AÑO 1	Nº DE OPERACIONES AÑO 2	Nº DE OPERACIONES AÑO 3	Nº DE OPERACIONES AÑO 4	Nº DE OPERACIONES AÑO 5	Nº DE OPERACIONES AÑO 6	Nº DE OPERACIONES AÑO 7	Nº DE OPERACIONES AÑO 8	Nº DE OPERACIONES AÑO 9	Nº DE OPERACIONES AÑO 10	Nº DE OP TOTAL 10 AÑOS
	Grupo Eléctrico												
1	Inspección visual general	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
2	Verificar estado del panel de control	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
3	Verificar ausencia de vibraciones y ruidos anormales	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
4	Comprobación elementos de seguridad, testigos y alarmas	38,13 €/h	232,42 €	238,66 €	244,90 €	251,14 €	257,38 €	263,62 €	269,86 €	276,11 €	282,35 €	288,59 €	2.605,04 €
5	Verificar ausencia de fugas	38,13 €/h	15,82 €	16,25 €	16,67 €	20,52 €	17,52 €	17,95 €	18,37 €	22,56 €	19,22 €	19,65 €	184,54 €
6	Comprobar funcionamiento general	38,13 €/h	25,17 €	38,76 €	26,52 €	40,79 €	41,80 €	28,54 €	43,83 €	44,84 €	30,57 €	46,87 €	367,70 €
7	Verificar el estado de las baterías	38,13 €/h	6,33 €	9,75 €	6,67 €	10,26 €	10,51 €	7,18 €	11,02 €	11,28 €	7,69 €	11,79 €	92,48 €
8	Verificar el estado del cableado y conexiones	38,13 €/h	12,74 €	19,62 €	13,42 €	20,64 €	21,15 €	14,45 €	22,18 €	22,69 €	15,47 €	23,72 €	186,08 €
9	Limpieza general	38,13 €/h	19,07 €	39,15 €	20,09 €	41,20 €	21,11 €	43,25 €	44,27 €	22,65 €	46,32 €	23,67 €	320,78 €
10	Verificar los pares de apriete	38,13 €/h	15,86 €	16,29 €	16,71 €	34,28 €	17,57 €	17,99 €	36,83 €	18,84 €	19,27 €	39,39 €	233,04 €
11	Sustitución de baterías	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	13,93 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	15,62 €	29,56 €
12	Sustitución silentblocks y tacos antivibración	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	116,12 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	130,20 €	246,32 €
	Motor												
13	Comprobar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
14	Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
15	Verificar funcionamiento de los sensores de temperatura y presión	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
16	Revisar y limpiar filtro de aire y carcasa	38,13 €/h	12,74 €	19,62 €	13,42 €	20,64 €	21,15 €	14,45 €	22,18 €	22,69 €	15,47 €	23,72 €	186,08 €
17	Drenado de agua del prefiltro de combustible	38,13 €/h	2,52 €	3,88 €	2,65 €	4,08 €	4,18 €	2,85 €	4,38 €	4,48 €	3,06 €	4,69 €	36,77 €
18	Drenado de agua del depósito combustible	38,13 €/h	2,52 €	3,88 €	2,65 €	4,08 €	4,18 €	2,85 €	4,38 €	4,48 €	3,06 €	4,69 €	36,77 €
19	Añadir grasa a las juntas de conexión y partes móviles	38,13 €/h	12,74 €	19,62 €	13,42 €	20,64 €	21,15 €	14,45 €	22,18 €	22,69 €	15,47 €	23,72 €	186,08 €
20	Revisar el estado del filtro de ventilación del cárter	38,13 €/h	1,26 €	1,29 €	1,33 €	2,72 €	1,39 €	1,43 €	2,92 €	1,49 €	1,53 €	3,12 €	18,49 €
21	Revisar el estado de la correa de accesorios y tensor si es necesario	38,13 €/h	6,33 €	9,75 €	6,67 €	10,26 €	10,51 €	7,18 €	11,02 €	11,28 €	7,69 €	11,79 €	92,48 €
22	Revisar el estado del sistema de escape	38,13 €/h	1,30 €	2,00 €	1,37 €	2,10 €	2,15 €	1,47 €	2,26 €	2,31 €	1,57 €	2,41 €	18,94 €
23	Inspección visual del turbocompresor	38,13 €/h	1,30 €	2,00 €	1,37 €	2,10 €	2,15 €	1,47 €	2,26 €	2,31 €	1,57 €	2,41 €	18,94 €
24	Limpieza del radiador de refrigeración	38,13 €/h	6,33 €	9,75 €	6,67 €	10,26 €	10,51 €	7,18 €	11,02 €	11,28 €	7,69 €	11,79 €	92,48 €
25	Sustitución del aceite	38,13 €/h	15,88 €	16,31 €	16,74 €	17,16 €	17,59 €	18,02 €	18,44 €	18,87 €	19,30 €	19,72 €	178,04 €
26	Sustitución del filtro de aceite	38,13 €/h	3,16 €	3,25 €	3,33 €	3,42 €	3,50 €	3,59 €	3,67 €	3,76 €	3,84 €	3,93 €	35,47 €
27	Sustitución del prefiltro de combustible	38,13 €/h	3,16 €	3,25 €	3,33 €	3,42 €	3,50 €	3,59 €	3,67 €	3,76 €	3,84 €	3,93 €	35,47 €
28	Sustitución filtro de combustible	38,13 €/h	3,16 €	3,25 €	3,33 €	3,42 €	3,50 €	3,59 €	3,67 €	3,76 €	3,84 €	3,93 €	35,47 €
29	Sustitución correa del ventilador	38,13 €/h	9,53 €	9,79 €	10,04 €	20,60 €	10,56 €	10,81 €	22,14 €	11,32 €	11,58 €	23,67 €	140,05 €
30	Lavado y encañado filtro de aire	38,13 €/h	0,00 €	9,79 €	0,00 €	10,30 €	0,00 €	10,81 €	0,00 €	11,32 €	0,00 €	11,84 €	54,06 €
31	Sustitución correa de accesorios	38,13 €/h	0,00 €	16,29 €	0,00 €	17,14 €	17,57 €	0,00 €	18,42 €	18,84 €	0,00 €	19,70 €	107,95 €
32	Comprobación alternador	38,13 €/h	3,16 €	3,25 €	3,33 €	3,42 €	3,50 €	3,59 €	3,67 €	3,76 €	3,84 €	3,93 €	35,47 €
33	Sustitución filtro ventilación del cárter	38,13 €/h	6,48 €	6,66 €	6,83 €	7,00 €	7,18 €	7,35 €	7,53 €	7,70 €	7,87 €	8,05 €	72,65 €
34	Ajuste de válvulas	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	123,60 €	0,00 €	0,00 €	132,82 €	0,00 €	0,00 €	142,03 €	398,45 €
35	Inspección y limpieza del sistema de inyección	38,13 €/h	0,00 €	48,94 €	0,00 €	51,50 €	0,00 €	54,06 €	0,00 €	56,62 €	0,00 €	59,18 €	270,31 €
36	Sustitución del refrigerante	38,13 €/h	0,00 €	26,12 €	0,00 €	27,48 €	0,00 €	28,85 €	0,00 €	30,21 €	0,00 €	31,58 €	144,24 €
37	Sustitución filtro de aire	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	42,23 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	47,34 €	89,57 €
	Alternador												
38	Revisar temperaturas de funcionamiento	38,13 €/h	459,28 €	471,61 €	483,94 €	496,27 €	508,60 €	520,93 €	533,27 €	545,60 €	557,93 €	570,26 €	5.147,68 €
39	Verificar parámetros de funcionamiento	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
40	Verificar ventilación	38,13 €/h	236,60 €	242,95 €	249,30 €	255,65 €	262,01 €	268,36 €	274,71 €	281,06 €	287,42 €	293,77 €	2.651,83 €
41	Limpieza ventilación	38,13 €/h	9,53 €	9,79 €	10,04 €	20,60 €	10,56 €	10,81 €	22,14 €	11,32 €	11,58 €	23,67 €	140,05 €
42	Sustitución filtro de aire	38,13 €/h	0,00 €	39,15 €	0,00 €	41,20 €	0,00 €	43,25 €	0,00 €	45,30 €	0,00 €	47,34 €	216,24 €
43	Revisar devanados	38,13 €/h	44,46 €	45,65 €	46,85 €	48,04 €	49,23 €	50,43 €	51,62 €	52,82 €	54,01 €	55,20 €	498,31 €
44	Revisar y engrasar cojinetes y rodamientos	38,13 €/h	50,87 €	52,23 €	53,60 €	54,96 €	56,33 €	57,69 €	59,06 €	60,43 €	61,79 €	63,16 €	570,11 €
45	Sustituir cojinetes y rodamientos	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	82,40 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	90,59 €	0,00 €	0,00 €	173,00 €
46	Sustitución diodos y varistores	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	21,11 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	23,67 €	44,78 €
47	Sustituir calentador anticondensación	38,13 €/h	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	21,11 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	23,67 €	44,78 €
	COSTE TOTAL PARA CADA GEL DE EMERGENCIA		3.321,24 €	3.616,48 €	3.499,59 €	4.054,14 €	3.959,84 €	3.925,71 €	4.123,92 €	4.255,57 €	4.057,80 €	4.776,79 €	39.591,09 €
	COSTE TOTAL PARA LOS 2 GEL DE EMERGENCIA		6.642,48 €	7.232,97 €	6.999,18 €	8.108,27 €	7.919,68 €	7.851,42 €	8.247,84 €	8.511,14 €	8.115,61 €	9.553,58 €	79.182,17 €

Tabla 55 Coste de mano de obra para los GEL de emergencia en el escenario con mano de obra propia del Cuerpo Militar. Fuente: Elaboración propia [72]

A continuación, se muestra el coste final que conlleva el mantenimiento preventivo de los 4 GEL de uso continuo en el escenario subcontratado:

	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE DURANTE 10 AÑOS
COSTE TOTAL REPUESTOS	22.375,98 €	28.190,87 €	31.381,48 €	39.729,20 €	32.938,70 €	31.139,40 €	27.644,69 €	45.248,80 €	34.573,13 €	35.682,51 €	328.904,76 €
COSTE TOTAL MANO DE OBRA	29.934,22 €	32.407,32 €	34.565,76 €	35.458,36 €	35.914,89 €	35.782,50 €	36.980,30 €	39.349,60 €	39.475,32 €	39.091,71 €	358.959,98 €
COSTE FINAL SERVICIO SUBCONTRATADO	52.310,20 €	60.598,19 €	65.947,24 €	75.187,56 €	68.853,59 €	66.921,90 €	64.624,99 €	84.598,40 €	74.048,45 €	74.774,22 €	687.864,74 €

Tabla 56 Coste final del mantenimiento preventivo para los 4 GEL de uso continuo en el escenario de servicio subcontratado. Fuente: Elaboración propia [72]

Por consiguiente, se muestra el coste final que conlleva el mantenimiento preventivo de los 2 GEL de emergencia en el escenario subcontratado:

	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE DURANTE 10 AÑOS
COSTE TOTAL REPUESTOS	1.180,63 €	2.320,57 €	1.244,03 €	4.401,78 €	6.611,94 €	2.412,26 €	1.661,06 €	4.700,51 €	1.443,95 €	8.713,44 €	34.690,16 €
COSTE TOTAL MANO DE OBRA	6.884,49 €	7.675,67 €	7.254,19 €	8.878,05 €	8.497,27 €	8.295,76 €	8.791,36 €	9.135,63 €	8.409,60 €	10.618,94 €	84.440,94 €
COSTE FINAL SERVICIO SUBCONTRATADO	8.065,12 €	9.996,24 €	8.498,21 €	13.279,83 €	15.109,21 €	10.708,02 €	10.452,41 €	13.836,14 €	9.853,54 €	19.332,37 €	119.131,10 €

Tabla 57 Coste final del mantenimiento preventivo para los 2 GEL de emergencia en el escenario de servicio subcontratado. Fuente: Elaboración propia [72]

En la tabla a continuación se muestra el coste final que conlleva el mantenimiento preventivo de los 4 GEL de uso continuo en el escenario con personal propio del Cuerpo Militar:

	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE DURANTE 10 AÑOS
COSTE TOTAL REPUESTOS	22.375,98 €	28.190,87 €	31.381,48 €	39.729,20 €	32.938,70 €	31.139,40 €	27.644,69 €	45.248,80 €	34.573,13 €	35.682,51 €	328.904,76 €
COSTE TOTAL MANO DE OBRA	25.071,59 €	26.860,89 €	28.367,45 €	29.102,82 €	29.531,59 €	29.655,96 €	30.580,12 €	32.221,94 €	32.472,94 €	32.385,06 €	296.250,36 €
COSTE FINAL PERSONAL PROPIO	47.447,56 €	55.051,76 €	59.748,92 €	68.832,02 €	62.470,29 €	60.795,36 €	58.224,82 €	77.470,74 €	67.046,07 €	68.067,57 €	625.155,12 €

Tabla 58 Coste final del mantenimiento preventivo para los 4 GEL de uso continuo en el escenario con personal propio del Cuerpo Militar. Fuente: Elaboración propia [72]

Por último, la siguiente tabla recoge el coste final que conlleva el mantenimiento preventivo de los 2 GEL de emergencia en el escenario con personal propio del Cuerpo Militar:

	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE DURANTE 10 AÑOS
COSTE TOTAL REPUESTOS	1.180,63 €	2.320,57 €	1.244,03 €	4.401,78 €	6.611,94 €	2.412,26 €	1.661,06 €	4.700,51 €	1.443,95 €	8.713,44 €	34.690,16 €
COSTE TOTAL MANO DE OBRA	6.642,48 €	7.232,97 €	6.999,18 €	8.108,27 €	7.919,68 €	7.851,42 €	8.247,84 €	8.511,14 €	8.115,61 €	9.553,58 €	79.182,17 €
COSTE FINAL PERSONAL PROPIO	7.823,11 €	9.553,53 €	8.243,21 €	12.510,05 €	14.531,62 €	10.263,69 €	9.908,90 €	13.211,65 €	9.559,55 €	18.267,02 €	113.872,33 €

Tabla 59 Coste final del mantenimiento preventivo para los 2 GEL de emergencia en el escenario con personal propio del Cuerpo Militar. Fuente: Elaboración propia [72]

14 LÍNEAS FUTURAS

Como continuación a este trabajo se han considerado de interés la investigación y el estudio de los siguientes campos:

- **Mantenimiento predictivo en GEL:**

Se considera interesante hacer un estudio y recopilación de las herramientas y técnicas de análisis de datos empleadas para analizar los grupos electrógenos en busca de futuros fallos con el fin de actuar sobre ellos antes de que ocurran y asegurar la disponibilidad del sistema.



Ilustración 90 Operario analizando datos que indiquen la posibilidad de futuros fallos [136]

- **Análisis de la vida útil de los componentes y piezas de un GEL:**

Es interesante porque permite conocer el momento a partir del cual se debe hacer hincapié en la revisión de ciertos elementos del grupo electrógeno o incluso sustituirlos para evitar problemas mayores que supongan un coste más elevado y además asegurar la disponibilidad y fiabilidad del sistema.

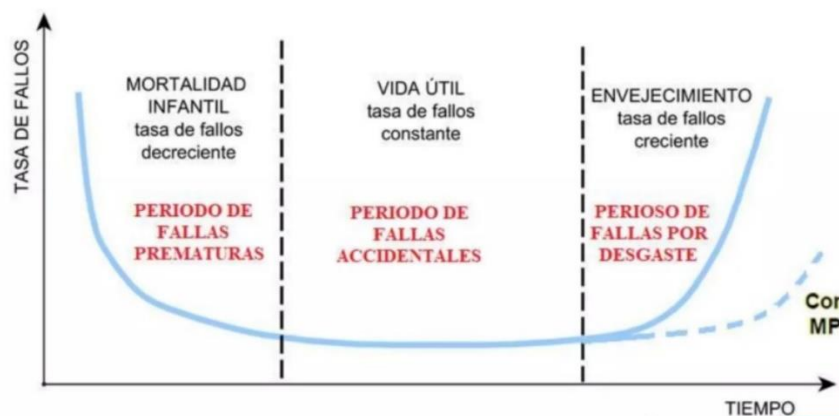


Ilustración 91 Gráfica de concentración de fallos durante la vida de un componente [138]

A su vez se puede realizar un estudio de costes asociados que nos permita conocer hasta donde es rentable tratar de alargar la vida de un componente.

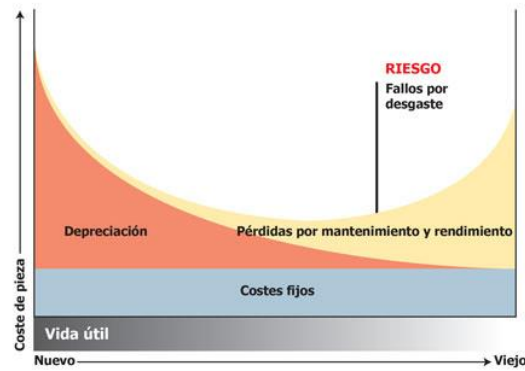


Ilustración 92 Gráfico de amortización y riesgo según la vida de los componentes [139]

- Mantenimiento correctivo en GEL:

Junto con el análisis de vida útil de los componentes y piezas de un grupo electrógeno se puede establecer un plan de mantenimiento correctivo para minimizar tiempos de espera en el suministro de repuestos, costes, tiempo empleado en reparación, etc. Todas estas variables influyen directamente en la amortización del equipo, el tiempo que pasa inoperativo es dinero que no se está rentabilizando y energía que no se está suministrando, limitando por tanto la actividad del negocio, sector o industria que alimenta.

La falta de mantenimiento preventivo está directamente relacionada con el incremento del número de intervenciones que habrá que realizar como mantenimiento correctivo para corregir los fallos ocasionados.



Ilustración 93 Operario realizando un mantenimiento correctivo debido a un fallo en el motor del GEL [140]

- Combinación de GEL con energía fotovoltaica:

La combinación de grupos electrógenos con paneles solares es muy atractiva ya que combina las ventajas de ambos sistemas.

Algunas de las ventajas más relevantes que aporta la energía fotovoltaica a un GEL es la reducción de consumo de carburante, aumento de la vida útil y apoyo energético en momentos de alta demanda.

Por otro lado, el GEL puede suministrar energía eléctrica cuando la demanda supere la capacidad de producción de los paneles o cuando no son capaces de producir por falta de luz como ocurre por la noche.

Si además se combina con un sistema de acumulación o baterías, se pueden solventar problemas como el retraso de suministro eléctrico en la puesta en marcha del GEL y cubrir el suministro eléctrico en momentos de emergencia (de noche sin producción fotovoltaica y GEL fallando).

Sería interesante realizar un estudio para conocer los costes asociados de combinar ambos sistemas y en qué medida ayuda a incrementar la seguridad de los equipos, su independencia y en cuanto tiempo se puede amortizar.

Aparte de cubrirse las desventajas de ambos equipos y combinar sus ventajas, claramente es más beneficioso para el medio ambiente al no utilizar únicamente grupos electrógenos como fuente de energía eléctrica. La energía fotovoltaica es renovable y ayuda a reducir la contaminación ambiental y la huella de carbono.



Ilustración 94 Panel solar y GEL alimentando una antena de telecomunicaciones [140]

- Grupos electrógenos a hidrógeno:

La aplicación de hidrógeno como combustible en grupos electrógenos resulta interesante, supone un gran beneficio para el medio ambiente y puede beneficiar a las empresas en su huella de carbono. Se considera interesante realizar un estudio sobre las ventajas e inconvenientes que pueden ofrecer (mantenimiento, coste de combustible, emisiones, obtención de combustible, etc.) y posteriormente realizar una comparativa con los grupos electrógenos diésel tradicionales.



Ilustración 95 Grupo electrógeno Hitachi de 600kVA funcionando a hidrógeno [137]

15 CONCLUSIONES

Gracias a este estudio, el Estado será capaz de coordinar el mantenimiento preventivo de los GEL instalados en la base militar. Con los datos aportados se puede calcular el stock necesario, calcular a raíz de ello el coste de almacenamiento y el espacio necesario, organizar los pedidos de repuestos al proveedor estableciendo los plazos necesarios, calcular el personal necesario y asegurar una disponibilidad de flujo de caja para afrontar los pagos que requiere el mantenimiento preventivo de los grupos electrógenos.

El plan de mantenimiento detallado en el estudio se diferencia de los que mayoritariamente se pueden encontrar en internet y que aplican muchas empresas mantenedoras en su servicio. Se encuentra totalmente adaptado a la situación y condiciones de uso, modelo de grupo electrógeno empleado y repuestos utilizados además de tener en cuenta la confiabilidad del alternador ya que muchos planes de mantenimiento no lo contemplan como es debido. La mayoría de los planes de mantenimiento que se pueden consultar en páginas web, y que aplican muchas empresas de mantenimiento en su servicio, no tienen en cuenta la situación y condiciones del grupo electrógeno y aplican frecuencias genéricas para las operaciones de mantenimiento sin importar las especificaciones de los componentes del grupo dando lugar a un mantenimiento poco optimizado.

A raíz del estudio se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Estimación del beneficio bruto que obtiene la empresa mantenedora por la prestación del servicio:

Como se ha mencionado anteriormente en el estudio, se ha establecido un margen de beneficio para la empresa mantenedora del 85% en la mano de obra prestada y un 22% en los repuestos proporcionados. Estos márgenes son una estimación y pueden variar según la empresa y situación de mercado, actualmente se encuentran en la media que las empresas manejan para ser competentes y rentables.

	COSTE DURANTE 10 AÑOS	% BENEFICIO	BENEFICIO BRUTO
COSTE TOTAL REPUESTOS GEL USO CONTINUO SUBCONTRATADO	342.779,62 €	22 %	75.411,52 €
COSTE TOTAL MANO DE OBRA GEL USO CONTINUO REALIZADO POR EMPRESA MANTENEDORA EN ESCENARIO SUBCONTRATADO	197.700,98 €	85 %	168.045,83 €
COSTE TOTAL REPUESTOS GEL EMERGENCIA SUBCONTRATADO	28.321,59 €	22 %	6.230,75 €
COSTE TOTAL MANO DE OBRA GEL EMERGENCIA REALIZADO POR EMPRESA MANTENEDORA EN ESCENARIO SUBCONTRATADO	14.553,69 €	85 %	12.370,64 €
BENEFICIO BRUTO PARA LA EMPRESA MANTENEDORA			262.058,74 €

Tabla 60 Beneficio bruto de la empresa mantenedora por contrato de 10 años. Fuente: Elaboración propia [72]

En la Tabla 60 se puede observar que la empresa mantenedora obtendría un beneficio bruto de 262.058,74€ por el contrato de mantenimiento preventivo de 10 años de duración sobre los grupos electrógenos instalados en la base militar de Herat.

- Ventajas y desventajas del mantenimiento subcontratado:

	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE TOTAL 10 AÑOS
COSTE TOTAL GEL USO CONTINUO CON PERSONAL PROPIO	52.287,93 €	60.308,15 €	62.675,04 €	71.211,50 €	63.826,21 €	66.839,44 €	64.521,04 €	78.870,21 €	71.663,56 €	70.877,72 €	663.080,81 €
COSTE TOTAL GEL EMERGENCIA CON PERSONAL PROPIO	7.825,10 €	9.147,00 €	8.245,31 €	12.077,49 €	12.923,21 €	9.810,08 €	10.454,57 €	12.184,94 €	10.154,23 €	15.329,97 €	108.151,91 €
COSTE TOTAL GEL USO CONTINUO SUBCONTRATADO	58.348,09 €	67.173,62 €	70.018,95 €	78.852,90 €	71.265,22 €	74.422,99 €	72.393,90 €	87.290,21 €	80.110,75 €	78.866,33 €	738.742,96 €
COSTE TOTAL GEL EMERGENCIA SUBCONTRATADO	8.116,16 €	9.621,38 €	8.552,00 €	12.874,68 €	13.508,83 €	10.283,18 €	11.086,98 €	12.813,38 €	10.550,83 €	16.314,33 €	113.721,75 €

Tabla 61 Comparación coste total del mantenimiento de los GEL instalados con personal propio vs subcontratado. Fuente: Elaboración propia [72]

En la Tabla 61 se puede apreciar que el mantenimiento subcontratado es notablemente más costoso que el mantenimiento con personal propio para la empresa que lo contrata y sería el contra más importante para tener en cuenta. Como principales ventajas permite la delegación de ciertas tareas con la consecuente descarga de carga de trabajo y la despreocupación al dejarlo en manos de profesionales del sector, además de liberar el tiempo de los trabajadores de la empresa para poder emplearlo en otro tipo de tareas, sobre todo si estas ofrecen un retorno económico mayor a la empresa que el gasto que origina subcontratar el mantenimiento. También es un servicio indicado para empresas que o bien no cuentan con los recursos necesarios para realizar un mantenimiento

adecuado (personal, herramientas, etc.) o bien no les interesa contratar un técnico de mantenimiento si no consiguen mantenerle ocupado con otros mantenimientos y revisiones durante la jornada laboral completa puesto que no sería rentable.

- Aprovechamiento o amortización del coste de mantenimiento:

La Tabla 62 se obtiene de dividir el coste de mantenimiento anual de cada GEL entre el número de horas que funciona anualmente y da como resultado el coste de mantenimiento por hora de uso y el total en 10 años.

	HORAS DE USO ANUALES	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE TOTAL 10 AÑOS
COSTE DEL MANTENIMIENTO POR HORA DE USO EN GEL DE USO CONTINUO PERSONAL PROPIO	8395,0 h	1,56 €/h	1,80 €/h	1,87 €/h	2,12 €/h	1,90 €/h	1,99 €/h	1,92 €/h	2,35 €/h	2,13 €/h	2,11 €/h	19,75 €/h
COSTE DEL MANTENIMIENTO POR HORA DE USO EN GEL DE EMERGENCIA PERSONAL PROPIO	790,83 h	4,95 €/h	5,78 €/h	5,21 €/h	7,64 €/h	8,17 €/h	6,20 €/h	6,61 €/h	7,70 €/h	6,42 €/h	9,69 €/h	68,38 €/h
COSTE DEL MANTENIMIENTO POR HORA DE USO EN GEL DE USO CONTINUO SUBCONTRATADO	8395,0 h	1,74 €/h	2,00 €/h	2,09 €/h	2,35 €/h	2,12 €/h	2,22 €/h	2,16 €/h	2,60 €/h	2,39 €/h	2,35 €/h	22,00 €/h
COSTE DEL MANTENIMIENTO POR HORA DE USO EN GEL DE EMERGENCIA SUBCONTRATADO	790,83 h	5,13 €/h	6,08 €/h	5,41 €/h	8,14 €/h	8,54 €/h	6,50 €/h	7,01 €/h	8,10 €/h	6,67 €/h	10,31 €/h	71,90 €/h

Tabla 62 Comparación coste del mantenimiento por hora de uso de cada GEL. Fuente: Elaboración propia [72]

El gasto en mantenimiento es superior en los GEL de uso continuo porque funcionan más horas anualmente. Si nos fijamos en la tabla no sucede lo mismo con la amortización del gasto que se invierte en el mantenimiento. La amortización o aprovechamiento del dinero invertido es muy superior en los GEL de uso continuo, es decir, se aprovechan mejor los repuestos y las horas de mano de obra dedicadas. Por tanto, es mucho más rentable en términos de mantenimiento el uso de un GEL como potencia principal continua que de emergencia.

- Variación de costes de mantenimiento aplicando mejoras en los GEL:

La Tabla 63 muestra los costes de mantenimiento anuales y en 10 años para cada GEL y escenario (mejorado o versión estándar, subcontratado, personal propio, etc.) y los compara para analizar el ahorro que suponen las mejoras:

	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE TOTAL 10 AÑOS	AHORRO
COSTE TOTAL GEL USO CONTINUO CON PERSONAL PROPIO	52.287,93 €	60.308,15 €	62.675,04 €	71.211,50 €	63.826,21 €	66.839,44 €	64.521,04 €	78.870,21 €	71.663,56 €	70.877,72 €	663.080,81 €	-
COSTE TOTAL GEL EMERGENCIA CON PERSONAL PROPIO	7.825,10 €	9.147,00 €	8.245,31 €	12.077,49 €	12.923,21 €	9.810,08 €	10.454,57 €	12.184,94 €	10.154,23 €	15.329,97 €	108.151,91 €	-
COSTE TOTAL GEL USO CONTINUO SUBCONTRATADO	58.348,09 €	67.173,62 €	70.018,95 €	78.852,90 €	71.265,22 €	74.422,99 €	72.393,90 €	87.290,21 €	80.110,75 €	78.866,33 €	738.742,96 €	-
COSTE TOTAL GEL EMERGENCIA SUBCONTRATADO	8.116,16 €	9.621,38 €	8.552,00 €	12.874,68 €	13.508,83 €	10.283,18 €	11.086,98 €	12.813,38 €	10.550,83 €	16.314,33 €	113.721,75 €	-
COSTE TOTAL MANTENIMIENTO GEL USO CONTINUO CON MEJORAS PERSONAL PROPIO	47.447,56 €	55.051,76 €	59.748,92 €	68.832,02 €	62.470,29 €	60.795,36 €	58.224,82 €	77.470,74 €	67.046,07 €	68.067,57 €	625.155,12 €	37.925,69 €
COSTE TOTAL MANTENIMIENTO GEL EMERGENCIA CON MEJORAS PERSONAL PROPIO	7.823,11 €	9.553,53 €	8.243,21 €	12.510,05 €	14.531,62 €	10.263,69 €	9.908,90 €	13.211,65 €	9.559,55 €	18.267,02 €	113.872,33 €	-5.720,42 €
COSTE TOTAL MANTENIMIENTO GEL USO CONTINUO CON MEJORAS SUBCONTRATADO	52.310,20 €	60.598,19 €	65.947,24 €	75.187,56 €	68.853,59 €	66.921,90 €	64.624,99 €	84.598,40 €	74.048,45 €	74.774,22 €	687.864,74 €	50.878,22 €
COSTE TOTAL MANTENIMIENTO GEL EMERGENCIA CON MEJORAS SUBCONTRATADO	8.065,12 €	9.996,24 €	8.498,21 €	13.279,83 €	15.109,21 €	10.708,02 €	10.452,41 €	13.836,14 €	9.853,54 €	19.332,37 €	119.131,10 €	-5.409,35 €

Tabla 63 Comparación coste total del mantenimiento preventivo de los GEL estándares vs mejorados. Fuente: Elaboración propia [72]

La Tabla 64 muestra los costes de mantenimiento por hora de uso anuales y en 10 años para cada GEL y escenario (mejoras, subcontratado, personal propio, etc.) (mejorado o versión estándar, subcontratado, personal propio, etc.) y los compara para analizar el ahorro que suponen las mejoras:

	HORAS DE USO ANUALES	COSTE AÑO 1	COSTE AÑO 2	COSTE AÑO 3	COSTE AÑO 4	COSTE AÑO 5	COSTE AÑO 6	COSTE AÑO 7	COSTE AÑO 8	COSTE AÑO 9	COSTE AÑO 10	COSTE TOTAL 10 AÑOS	AHORRO
COSTE DEL MANTENIMIENTO POR HORA DE USO EN GEL DE USO CONTINUO PERSONAL PROPIO	8395,0 h	1,56 €/h	1,80 €/h	1,87 €/h	2,12 €/h	1,90 €/h	1,99 €/h	1,92 €/h	2,35 €/h	2,13 €/h	2,11 €/h	19,75 €/h	-
COSTE DEL MANTENIMIENTO POR HORA DE USO EN GEL DE EMERGENCIA PERSONAL PROPIO	790,83 h	4,95 €/h	5,78 €/h	5,21 €/h	7,64 €/h	8,17 €/h	6,20 €/h	6,61 €/h	7,70 €/h	6,42 €/h	9,69 €/h	68,38 €/h	-
COSTE DEL MANTENIMIENTO POR HORA DE USO EN GEL DE USO CONTINUO SUBCONTRATADO	8395,0 h	1,74 €/h	2,00 €/h	2,09 €/h	2,35 €/h	2,12 €/h	2,22 €/h	2,16 €/h	2,60 €/h	2,39 €/h	2,35 €/h	22,00 €/h	-
COSTE DEL MANTENIMIENTO POR HORA DE USO EN GEL DE EMERGENCIA SUBCONTRATADO	790,83 h	5,13 €/h	6,08 €/h	5,41 €/h	8,14 €/h	8,54 €/h	6,50 €/h	7,01 €/h	8,10 €/h	6,67 €/h	10,31 €/h	71,90 €/h	-
COSTE DEL MANTENIMIENTO POR HORA DE USO EN GEL DE USO CONTINUO CON MEJORAS PERSONAL PROPIO	8.395,00 h	1,41 €/h	1,64 €/h	1,78 €/h	2,05 €/h	1,86 €/h	1,81 €/h	1,73 €/h	2,31 €/h	2,00 €/h	2,03 €/h	18,62 €/h	1,13 €
COSTE DEL MANTENIMIENTO POR HORA DE USO EN GEL DE EMERGENCIA CON MEJORAS PERSONAL PROPIO	790,83 h	4,95 €/h	6,04 €/h	5,21 €/h	7,91 €/h	9,19 €/h	6,49 €/h	6,26 €/h	8,35 €/h	6,04 €/h	11,55 €/h	72,00 €/h	-3,62 €
COSTE DEL MANTENIMIENTO POR HORA DE USO EN GEL DE USO CONTINUO CON MEJORAS SUBCONTRATADO	8.395,00 h	1,56 €/h	1,80 €/h	1,96 €/h	2,24 €/h	2,05 €/h	1,99 €/h	1,92 €/h	2,52 €/h	2,21 €/h	2,23 €/h	20,48 €/h	1,52 €
COSTE DEL MANTENIMIENTO POR HORA DE USO EN GEL DE EMERGENCIA CON MEJORAS SUBCONTRATADO	790,83 h	5,10 €/h	6,32 €/h	5,37 €/h	8,40 €/h	9,55 €/h	6,77 €/h	6,61 €/h	8,75 €/h	6,23 €/h	12,22 €/h	75,32 €/h	-3,42 €

Tabla 64 Comparación coste de mantenimiento preventivo por hora de uso en el GEL estándar vs mejorado. Fuente: Elaboración propia [72]

Observando las Tablas 63 y 64 se puede extraer la conclusión de que las mejoras han surgido efecto en los GEL de uso continuo, pero no en los GEL de emergencia.

En la columna de ahorro se pueden observar cómo quedan los balances, en positivo ahorrando costes para los GEL de uso continuo y en negativo incrementándolos para los GEL de emergencia.

El motivo principal del coste incrementado en los GEL de emergencia es que algunas de las mejoras provocan que el gasto se incremente sin mantener o mejorar la amortización o aprovechamiento de este, es decir, esas operaciones de mantenimiento se amortizan en menor medida que con las especificaciones estándar originando un mayor coste de mantenimiento.

No quiere decir que no se puedan optimizar los costes, se deberían aplicar sólo las mejoras que son capaces de verse amortizadas y disminuir los costes de mantenimiento.

Para identificar las mejoras que conviene aplicar a los GEL de emergencia para optimizar sus costes de mantenimiento se deben consultar las tablas con los costes desglosados por operación de mantenimiento y verificar cuáles han disminuido en coste. La cantidad de mano de obra requerida y los repuestos utilizados van de la mano, un mayor número de repuestos a utilizar implica un mayor número de horas para reemplazarlos, por ello con revisar las tablas de repuestos o mano de obra para un mismo escenario con mejoras y sin ellas debe ser suficiente para identificar las modificaciones que conviene aplicar a los GEL de emergencia.

REPUESTOS PARA 2 GEL DE EMERGENCIA MODELO MEJORADO	COSTE TOTAL 10 AÑOS	REPUESTOS PARA 2 GEL DE EMERGENCIA MODELO ESTÁNDAR	COSTE TOTAL 10 AÑOS	AHORRO
FILTRO DE AIRE REUTILIZABLE IVECO FPT CR16TE1W	3.253,81 €	FILTRO DE AIRE IVECO FPT CR16TE1W	2.587,54 €	-666,27 €
FILTRO DE AIRE STAMFORD HC	902,41 €	-	-	-902,41 €
FILTRO VENTILACIÓN DEL CÁRTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	2.118,14 €	FILTRO VENTILACIÓN DEL CÁRTER + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	1.412,02 €	-706,12 €
FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	2.244,12 €	FILTRO DE ACEITE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	2.245,91 €	1,79 €
PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	805,65 €	PREFILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA IVECO FPT CR16TE1W	1.008,20 €	202,55 €
FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFW	1.349,47 €	FILTRO DE COMBUSTIBLE + JUNTA HIMOINSA HFW	1.350,44 €	0,97 €
ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	1.834,57 €	ACEITE TOTAL OPTIMA 10W-40 API CJ-4/ACEA E9	1.409,67 €	-424,89 €
IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	1.703,65 €	IMPUESTO ACEITE DESECHO CONTAMINANTE (RD 679/2006)	1.278,76 €	-424,89 €
-	-	KIT TORNILLO + ARANDELA PARA CAMBIO ACEITE	80,09 €	80,09 €
JUNTA TAPA DE BALANCINES IVECO FPT CR16TE1W	165,53 €	JUNTA TAPA DE BALANCINES IVECO FPT CR16TE1W	165,53 €	0,00 €
REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	1.521,64 €	REFRIGERANTE ES COMPLEAT 50%	767,37 €	-754,28 €
CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	608,00 €	CORREA ACCESORIOS IVECO FPT CR16TE1W	608,00 €	0,00 €
CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFW	862,39 €	CORREA VENTILADOR HIMOINSA HFW	862,39 €	0,00 €
KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	1.629,21 €	KIT DIODOS Y VARISTORES STAMFORD HC	1.629,21 €	0,00 €
CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	1.655,28 €	CALENTADOR ANTICONDENSACIÓN STAMFORD HC	1.655,28 €	0,00 €
KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	3.622,66 €	KIT COJINETES Y RODAMIENTOS STAMFORD HC	3.622,66 €	0,00 €
KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	2.223,56 €	KIT SILENTBLOCKS HIMOINSA FTP HC	2.223,56 €	0,00 €
BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	2.151,64 €	BATERIA AGM EBF 12V 190Ah VARTA	2.151,64 €	0,00 €
GRASA KLUBER ASONIC GHY72	1.571,84 €	GRASA KLUBER ASONIC GHY72	1.571,84 €	0,00 €
GRASA DE COBRE LIQUI MOLY 4081	1.168,88 €	GRASA DE COBRE LIQUI MOLY 4081	1.168,88 €	0,00 €
FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	255,74 €	FIJA TORNILLOS LOCTITE 242	289,28 €	33,53 €
DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	204,25 €	DETERGENTE INDUSTRIAL ECOPOWER	233,33 €	29,08 €
JABÓN LIMPIA FILTROS K&N	567,13 €	-	-	-567,13 €
ACEITE FILTROS K&N	2.268,50 €	-	-	-2.268,50 €
COSTE TOTAL REPUESTOS	34.483,60 €	COSTE TOTAL REPUESTOS	28.321,59 €	-6.162,00 €

Tabla 65 Comparativa de costes de repuestos en los 2 GEL de emergencia instalados con mejoras vs estándar.
Fuente: Elaboración propia [72]

Según la Tabla 65 los cambios que resultarían interesantes para implementar en los GEL de emergencia en el caso de estudio son el grifo bomba extractora para los cambios de aceite (eliminando tornillo y arandela) e instalar el filtro y prefiltro de combustible de mayor tamaño. El filtro de aceite supone un ahorro, pero se descarta porque va vinculado al cambio de aceite y no es recomendable sustituirlos en temporalidades diferentes. El detergente industrial y fija tornillos también indican un ahorro, pero se debe al menor número de intervenciones que se realiza con las mejoras aplicadas, el incremento en coste

que las mejoras suponen es mayor al ahorro que aportan estos dos repuestos por lo que no es recomendable la instalación de otro tipo de mejoras que no sean las anteriormente mencionadas.

Por otro lado, se debe puntualizar que el filtro de aire Stamford HC se instala en los GEL con la finalidad de aumentar la vida útil y la confiabilidad del alternador disminuyendo la suciedad interior y no con la de disminuir los costes de mantenimiento preventivo, por tanto, supone un aumento de los costes de mantenimiento que también se podría evitar en los GEL de emergencia al no sufrir un uso intensivo. Esta mejora se vería amortizada en forma de disminución de averías (mantenimiento correctivo), desgaste, etc.

16 MARCO SOCIO – ECONÓMICO

El mantenimiento tiene un impacto significativo en el medio ambiente, ya que, al igual que el medio ambiente, no debe ser considerado un gasto sino una inversión para el futuro. Como ya se ha mencionado, el objetivo principal del mantenimiento es prolongar la vida útil de los equipos y maximizar su rendimiento para aumentar la productividad. Si realizamos un buen mantenimiento, podemos evitar el desperdicio de recursos naturales como la energía o las materias primas al reducir el número de paradas y alargar la vida útil de los componentes. En el caso del mantenimiento de instalaciones de baja y alta tensión, donde los accidentes como los incendios pueden ser catastróficos, si realizamos un mantenimiento periódico y correcto hay más posibilidades de evitar la emisión de dióxido de carbono al medio ambiente.

Enfocado al tema principal del presente trabajo, es preciso mencionar que los grupos electrógenos, en particular los que funcionan con combustibles fósiles, tienen un gran impacto en el medio ambiente, y un mantenimiento adecuado de estos equipos puede reducir las emisiones de gases contaminantes y garantizar una utilización más eficiente de la energía. Esto podría incluir la exploración de tecnologías más limpias, como grupos electrógenos que funcionan con energías renovables y combustibles alternativos, y la adopción de prácticas de mantenimiento más ecológicas.

La ética profesional de las empresas de mantenimiento se basa en exigir una cierta capacitación técnica de sus empleados, proporcionarles herramientas de calidad y equipos de medida y verificación confiables para llevar a cabo un mantenimiento impecable. También se debe de contar con un ingeniero técnico o superior, con el fin de supervisar y certificar todas las actividades realizadas, y para garantizar la seguridad de sus empleados y de todos los involucrados. A pesar de que estos principios reflejan un aumento en el coste de sus servicios, reflejando un impacto económico significativo, satisfacen completamente a sus clientes al disminuir las averías en sus instalaciones, garantizando un rendimiento óptimo de los equipos durante su vida útil, prolongarla hasta los estándares esperados por los fabricantes y obtener el certificado de inspección obligatorio favorable cada tres años.

16.1 Diagrama de Gantt.

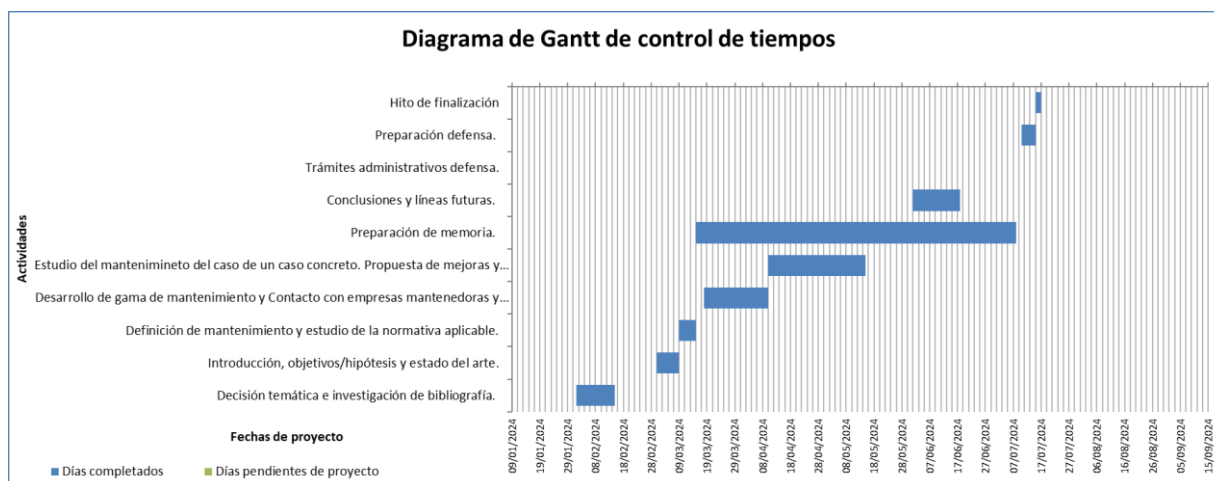


Ilustración 96 Diagrama de Gantt. Fuente: Elaboración propia [72]

En el diagrama de Gantt de la anterior figura, se describe temporalmente el desarrollo real de las tareas de las cuales ha constado el presente proyecto, se expone la dedicación llevada a cabo para cada bloque de este. Para la redacción de la memoria se ha intentado seguir una cantidad de trabajo lineal, sin embargo, el resto de las tareas están más esparcidas en el tiempo por cuestiones tanto académicas como profesionales.

16.2 Presupuesto

Para la elaboración del coste de la realización del presente documento, se ha tenido como base el Diagrama de Gantt de control de tiempos expuesto en el anterior capítulo, sumado a las siguientes estimaciones y cálculos:

- Una dedicación media de 1 hora al día hasta la fecha de entrega y de la preparación de la defensa.
- El salario para un graduado en ingeniería, publicado en el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid como las tablas salariales del Convenio colectivo de Industria, Servicios e Instalaciones del Metal, para el año 2024, asciende aproximadamente a 32.694,17 € brutos anuales.
- Según el mismo convenio, la jornada anual está comprendida aproximadamente por 1.778 horas anuales.
- Para obtener el coste de hora final, se ha incrementado en un 30% el salario según el convenio, como concepto de los impuestos que pagaría una empresa por su empleado.

Como conclusión de las anteriores premisas, se obtiene un coste de 23,90 €/hora.

A continuación, se adjunta una tabla desglosada del presupuesto total del proyecto:

ACTIVIDAD	DÍAS	COSTE [€]
Decisión temática e investigación de bibliografía.	14	335
Introducción, objetivos/hipótesis y estado del arte.	8	191
Definición de mantenimiento y estudio de la normativa aplicable.	8	191
Desarrollo de gama de mantenimiento y Contacto con empresas mantenedoras y fabricantes.	23	550
Estudio del mantenimiento del caso de un caso concreto.		
Propuesta de mejoras y análisis de los potenciales beneficios.	35	837
Preparación de memoria.	115	2.749
Conclusiones y líneas futuras.	17	406
Preparación defensa.	5	120
TOTAL	225	5.378
Coste Total [€]		5.378

Ilustración 97 Presupuesto desglosado. Fuente: Elaboración propia [72]

17 BIBLIOGRAFIA

- [1] *Mantenimiento, Terminología del Mantenimiento*, Norma UNE EN 13306 - 2018.
- [2] Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- [3] Real Decreto 298/2021, de 27 de abril, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial.
- [4] El Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC RAT 01 a 23.
- [5] Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- [6] Manual de uso y mantenimiento de los grupos electrógenos. http://www.sdmo-rentalpower.com/commonsDocuments/300/33516003501_2_1.ES.pdf
- [7] <https://isuigeneris.es/que-es-un-grupo-electrogeno/>
- [8] http://www.blogmecanicos.com/2017/04/historia-del-motor-de-combustion-interna_4.html
- [9] <https://www.autobild.es/reportajes/epica-historia-hidrogeno-como-solucion-coche-diesel-comenzo-1806-1157305>
- [10] <https://www.etsist.upm.es/estaticos/ingeniatic/index.php/tecnologias/item/549-pila-de-hidr%C3%B3geno%3Ftmpl=component&print=1.html>
- [11] https://twitter.com/GMexico_oficial/status/951093803892510721 (imagen)
- [12] <https://museovirtual.csic.es/salas/luz/luz19.htm> (imagen)
- [13] <https://curiosfera-historia.com/quien-invento-la-maquina-de-vapor-historia/> (imagen)
- [14] <https://economipedia.com/definiciones/maquina-de-vapor.html> (imagen)

- [15] https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Faraday (imagen)
- [16] https://revistamoto.com/wp_rm/el-motor-mas-potente-del-mundo-era-de-dos-tiempos/ (imagen)
- [17] http://www.blogmecanicos.com/2017/04/historia-del-motor-de-combustion-interna_4.html (imagen)
- [18] https://dieselnet.com/tech/diesel_history.php (imagen)
- [19] https://revistamoto.com/wp_rm/conoce-el-motor-rotativo-wankel-diferente-y-exotico/ (imagen)
- [20] <https://www.tecnicaindustrial.es/pilas-de-combustible-electricidad-para-el-fut/> (imagen)
- [21] <https://forum.whichmobilitycar.co.uk/forums/topic/mazda-mx-30-range-extender/> (imagen)
- [22] https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%89tienne_Lenoir (imagen)
- [23] <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/o/otto.htm> (imagen)
- [24] <https://www.revistaei.cl/2021/10/22/hidrogeno-verde-aparecen-los-grupos-electrogenos-que-operan-al-100-con-este-combustible/> (imagen)
- [25] <https://www.himoinsa.com.ar/esp/generadores-electricos/12930/grupo-electrogeno-8,30kva--movil.html> (imagen)
- [26] <https://www.rocket-tools.es/Maquinaria/Generador-electrico/EBERTH-Generador-electrico-gasolina-2200W-grupo-electrogeno-movil.html> (imagen)
- [27] <https://gorentalstore.com/alquiler/grupo-electrogeno-diesel-estatico-de-100-kva> (imagen)
- [28] <https://www.ventageneradores.net/blog/elegir-grupo-electrogeno-segun-servicio-clases-caracteristicas/> (imagen)
- [29] <https://gruposbravo.com/blog/necesito-un-generador-trifasico-o-monofasico-b20.html> (imagen)

- [30] <https://www.cambioenergetico.com/generadores-electricos-de-apoyo/3240-generador-trifasico-kpc-diesel-kx25s3-21-kvas.html> (imagen)
- [31] <https://www.fersageneradores.com/producto/dhy22ke/> (imagen)
- [32] <https://zagan.unizar.es/record/94936/files/TAZ-TFG-2016-365.pdf>;
- [33] <https://www.demaquinasyherramientas.com/maquinas/generadores-o-grupos-electrogenos-tipos>
- [34] <https://transformadoressiosac.com/grupos-electrogenos-tipos-funcionan/>
- [35] <https://electramolins.com/tipos-grupos-electrogenos/>
- [36] <https://revealmaquinaria.es/es/blog/ver/noticias/grupos-electrogenos-tipos-y-usos>
- [37] <https://powerworks.es/clasificacion-y-tipos-de-grupos-electrogenos/>
- [38] <https://powerworks.es/clasificacion-y-tipos-de-grupos-electrogenos/>
- [39] http://www.blogmecanicos.com/2017/04/historia-del-motor-de-combustion-interna_4.html (imagen adaptada)
- [40] <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/w/watt.htm>
- [41] <https://ite-es.com/2022/03/25/formacion-grupos-electrogenos-en-el-pcmmi/> (imagen)
- [42] <https://www.solediesel.com/es/instalacion-generador-62,5-gt-en-pesquero-albo-puertas> (imagen)
- [43] <https://iberisasl.com/blog/sensores-gestion-motor/>
- [44] <http://shanghaidiesel.es/2018/1-3-h-series-industrial-diesel-engine.html> (imagen)
- [45] <https://montec.es/generadores/generador-8-kva-6400-w-arranque-manual-honda-13-hp-ay8000hmn-ayerbe> (imagen)
- [46] <https://www.gebravo.com/media-potenc-tecnoplus/mpt10-tecnoplus/index.php> (imagen)

[47]<https://gedisa.com.ve/boletin/pdf/20.%20Grupos%20electrogenos%20conceptos%20basicos%20Abril%202018.pdf>

[48] <https://www.mecanocaucho.com/es/productos/soporte-antivibratorio/>

[49]<https://www.amazon.es/Yuasa-YBX3110-Bater%C3%ADa-Starter-recargable/dp/B00JGP5U2I> (imagen)

[50]<https://www.directindustry.es/prod/vm-motori/product-60208-2311529.html>
(imagen)

[51] <https://blog.febi.com/es/sincronizacion-precisa-del-motor/> (imagen)

[52]<https://www.conservatucoche.com/es/motor/que-es-la-bomba-gasolina-y-como-funciona-14.html> (imagen)

[53]http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Remates_y_ayudas/Bancadas/De_acero/HBA010_Acero_laminado_en_caliente_para_ban.html#gsc.tab=0 (imagen)

[54] <https://gmb.net/es/mantenimiento-del-sistema-de-enfriamiento/> (imagen)

[55]<https://www.directindustry.es/prod/cre-technology/product-54778-652101.html>
(imagen)

[56]<https://www.tecnologia-automovil.com/articulos/actualidad/segmento-de-aceite/>
(imagen)

[57] <https://pulpinmotors.com/services/agricultural/> (imagen)

[58]<https://maqpe.com/sistema-escape/sistema-de-admision-y-escape-de-motores-diesel/> (imagen)

[59]<https://blogsaverroes.juntadeandalucia.es/ieslabahiatec/files/2021/04/Apuntes-Electricidad-3%C2%BA-ESO.pdf> (imagen)

[60] <https://ingenieriagg.com.ar/cabinas-acusticas-para-grupos-electrogenos/> (imagen)

[61]<https://generators.blogs.com/srpamericas/2017/10/plantas-electricas-fg-wilson-manual-de-operaciones-y-mantenimiento.html> (imagen)

[62] <https://industriamadrid.ccoo.es/987a5b3aa30ac5a5a9bab7e649aab271000060.pdf>

[63]<https://www.elmundo.es/elmundo/2012/04/11/espana/1334119669.html#:~:text=En%20la%20base%20se%20alojan,recae%20en%20un%20general%20italiano.>

[64] CYMASA. “Manual de operación y mantenimiento de 1er y 2º escalón del grupo electrógeno de 600KVA’s sincronizado sobre contenedor ISO 20’”. (2007).

[65]<https://www.himoina.com/generadores-electricos/grupo-electrogeno-599kva-diesel-insonorizado-hfw/grupos-electrogenos-para-instalaciones-fijas/grupos-electrogenos-para-industria/3-6-4101/esp.html>

[66]<https://www.asgrecambios.com/producto/bidon-205l-eni-i-sigma-performance-e7-15w-40/>

[67] <https://amiitel.org/wp-content/uploads/Resolucion-14-febreo-2024.pdf>

[68] <https://www.gensetcomponents.com/MOTORES/RECAMBIOS/IVECO-FPT>

[69]<https://comercialmendez.es/es/recambios/recambios-himoina/correa-himoina-hfw-3032928.html>

[70]https://sorilux.com/es/blog/post/21/que-tipo-de-aceite-necesita-mi-grupo-electrogeno?page_type=post

[71]<https://www.defensa.gob.es/Galerias/gabinete/red/2021/04/p-14-16-red-382-retribuciones.pdf> (tabla)

[72] Elaboración propia. Javier Manuel Lozano Marcos

[73] <https://www.ncei.noaa.gov/>

[74] <https://repuestosarabial.es/bomba-extractora-aceite/bomba-extraccion-aceite/>

[75] <https://sagen.co.za/how-to-prevent-diesel-generator-wet-stacking/>

[76] <https://repuestosarabial.es/filtro-generador/filtro-de-aire-grupo-electrogeno-iveco/>

[77]<https://www.facebook.com/knfiltrscr/photos/a.1435046703219134/3122631474460640/?type=3>

[78] <https://factorialhr.es/blog/coste-empresa-trabajador/>

[79] <https://www.atme.es/sueldos-militares-verguenza/>

[80]<https://www.himoina.com/grupo-electrogeno-a-gas-con-mantenimiento-cada-10-000-horas-himoina/product-launch/listado-de-noticias/noticias/10/esp.html>

[81] <https://oposiciones.es/oposiciones-tropa-marineria/sueldo/>

[82]<https://oposicionesfuerzas.es/cuanto-cobra-soldado-mision/#:~:text=Cu%C3%A1nto%20cobra%20un%20soldado%20en%20misi%C3%B3n%3A%20cifras%20reales,-Efectivamente%2C%20el%20Real&text=Como%20sabes%2C%20el%20sueldo%20de,las%20que%20desarrolla%20su%20actividad.>

[83]<https://www.portalclasespasivas.gob.es/sitios/clasespasivas/es-ES/Paginas/cuotaderechospasivos.aspx>

[84]<https://reclutamiento.defensa.gob.es/como-ingresar/tropa-marineria/que-ofrecemos/especialidades/>

[85] <https://amiitel.org/wp-content/uploads/Resolucion-14-febreo-2024.pdf>

[86]https://www.bocm.es/boletin/CM_Orden_BOCM/2022/10/01/BOCM-20221001-1.PDF

[87] <https://industriamadrid.ccoo.es/77c5bc6f3d7f79df05b42182972e2d4f000060.pdf>

[88]https://www.bocm.es/boletin/CM_Orden_BOCM/2019/02/14/BOCM-20190214-26.PDF

[88] <https://www.boe.es/buscar/pdf/2005/BOE-A-2005-18265-consolidado.pdf>

[89] https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-1784

[90]<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1975-13886#:~:text=Art%C3%ADculo%20und%C3%A9cimo.-,Uno.,al%20establecido%20en%20esta%20Ley.>

[91]<https://nhmr.nl/wp-content/uploads/2022/03/FPT-IVECO-USE-AND-MAINTENANCE-CURSOR-SERIES-POWER-GENERATIONCR16TE1W-F3FA615AD001.pdf>

- [92]<https://www.stamford-avk.com/sites/stamfordavk/files/2019-03/HC%20Alternators%20Owners%20Manual%20Spanish.pdf>
- [93] <https://blog.totalenergies.es/normas-iveco-lubricantes/>
- [94] <https://marlucsa.net/totalenergies-rubia-optima-3500-10w-40-cont-1000-l-228199/>
- [95]<https://www.emri.nl/en/webshop/heater-kits/stamford-newage-heater-kit-hc5-hc6-generator>
- [96]https://bateriasonline.com/es/baterias-barcos/bateria-varta-led190-190ah-professional-dual-purpose-efb.html?gad_source=4&gclid=Cj0KCQjw0ruyBhDuARIsANSZ3wrYTfdl2Hm5IK6KnZw65sVGBxzKE3oyYjDD28jSlk5xJCz0IMhc6EQaAhvyEALw_wcB
- [97]https://www.stamford-avk.com/sites/stamfordavk/files/content-files/FINAL-Alternator-Service-Guide_secured.pdf
- [98]<https://tecnofiltro.eu/tienda/refrigerantes/1202-FLECC2852M?text1=undefined&text2=undefined&color=>
- [99] <https://broadcrownpowerengineering.com/product/stamford-diode-rsk-5001/>
- [100] <https://rodavigo.net/es/p/grasa-400-gr-kluber-asonic-ghy72/74979827964000>
- [101]<https://www.ine.es/varipc/verVariaciones.do?idmesini=1&anyoini=2004&idmesfin=1&anyofin=2024&ntipo=1&enviar=Calcular>
- [102]<https://powerworks.es/factores-que-pueden-afectar-al-rendimiento-de-tu-grupo-electrogeno-temperatura-y-altitud/>
- [103]<https://genesalenergy.com/comunicacion/articulos/temperatura-y-altitud-como-afectan-a-la-potencia-de-un-generator/>
- [104] <https://m.widman.biz/Productos/aire-usados.php> (imagen)
- [105] <https://bnhgenerators.com/es/11-common-causes-for-generator-failure/> (imagen)
- [106] <https://commonrailchile.com/problemas-comunes-filtro-diesel/> (imagen)

- [107] <https://www.donaldson.com/es-es/bulk-fluid-storage/technical-articles/water-enemy-diesel-engines/> (imagen)
- [108] <https://www.alfistas.es/foro-alfistas/threads/no-arranca-manguito-sumergible-rajado.48502/> (imagen)
- [109] <https://www.mitsubishi-motors.com.pe/blog/senales-radiador-obstruido/> (imagen)
- [110] <https://blog.autingo.es/2016/04/05/funciones-de-la-correa-de-servicio/> (imagen)
- [111] <https://www.maflow.es/corrosion-cavitacion-problemas-por-utilizar-refrigerante-de-calidad/> (imagen)
- [112] <https://www.skodachile.com/viewtopic.php?t=2102> (imagen)
- [113] <https://www.alertastransito.com/2022/05/por-que-se-baja-el-nivel-del.html> (imagen)
- [114] <https://www.diariomotor.com/como/mantenimiento/poner-a-punto-coche/> (imagen)
- [115] <https://www.autodoc.es/info/las-causas-del-sobrecalentamiento-del-coche> (imagen)
- [116] <https://la100.cienradios.com/curiosidades/como-saber-el-estado-de-la-bateria-de-tu-auto-con-un-multimetro/> (imagen)
- [117] <http://www.areavag.com/foro/showthread.php?44540-cada-cuanto-se-cambia-correa-accesorios-golf-4-tdi-110> (imagen)
- [118] <https://epsformacion.com/blog/comprobacion-alternador/> (imagen)
- [119] <https://www.amazon.es/Indicador-aceite-coche/b?ie=UTF8&node=2425097031> (imagen)
- [120] <https://www.promonautica.com/indicadores-para-entorno-motor/5791-indicador-presion-de-aceite-kus-negro-0-5-bar.html> (imagen)
- [121] <https://www.daparto.es/info/testigo-aceite-encendido/> (imagen)
- [122] <https://www.laplomeria.mx/como-saber-si-hay-un-fusible-quemado/> (imagen)

- [123] <https://noticias.coches.com/consejos/como-comprobar-el-nivel-de-aceite-de-tu-coche/21427> (imagen)
- [124] <https://aloj.widman.biz/Productos/aceite-usados.php> (imagen)
- [125] <https://mofler.com/clubseatexeo/foro/t/24660-perdida-de-aceite-y-salida-lenta> (imagen)
- [126] <https://motor.elpais.com/conducir/aceite-del-motor-como-revisarlo-y-que-ocurre-si-no-se-cambia/> (imagen)
- [127] <https://motorok.com/noticias/causas-y-sintomas-de-un-motor-gripado/>
- [128] <https://segurovehicular.net/5-sintomas-de-valvulas-de-motor-dobladas-y-costos-de-reparacion/> (imagen)
- [129] <https://www.autobricos.com/index.php?titol=cambio-de-junta-del-carter-de-aceite&apartat=82&lang=es> (imagen)
- [130] <https://www.race.es/humo-negro-tubo-escape> (imagen)
- [131] <https://www.ro-des.com/mecanica/humo-azulado-en-el-tubo-de-escape-que-se-debe/> (imagen)
- [132] <https://www.mundodeportivo.com/uncomo/motor/articulo/por-que-mi-coche-echa-mucho-humo-blanco-25132.html> (imagen)
- [133] <https://grupel.eu/es/faqs/que-significa-el-color-de-los-gases-de-escape-de-un-generator-diesel/>
- [134] <https://fuelox.com.au/2024/03/06/guide-to-understanding-and-preventing-diesel-engine-wet-stacking/> (imagen)
- [135] <https://www.mqpowers.com/wet-stacking.html> (imagen)
- [136] <https://www.interempresas.net/Ferrocarril/Articulos/370172-INGEPREDICT-solucion-360-mantenimiento-predictivo-integral-sector-energetico-industrial.html> (imagen)
- [137] <https://hidrogeno-verde.es/hyflex-generator-hitachi-energy/> (imagen)

[138]<https://es.slideshare.net/slideshow/1-ciclo-de-vida-de-los-equipos/250565231#11>
(imagen)

[139]<https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/36716-Aumento-de-la-rentabilidad-mediante-la-actualizacion-y-sustitucion-de-los-equipos.html> (imagen)

[140]<https://pe.anuto.app/ad/reparacion-de-grupos-electrogenos-FSb34IKxPvHnA354rx1J> (imagen)

[141]<https://www.comolimaquinaria.com/energia-solar-fotovoltaica-grupos-electrogenos/> (imagen)