

PROYECTO SILENCIOS



Actividad 2

Medición ruido acústico Haladores

Versión: **Final**
Fecha: **30/09/2022**
Responsable: **CETMAR**

Contenido

Contenido	1
1. OBJETIVO	2
2. DESCRIPCIÓN	2
3. MEDICIONES	3
3.1. A GUARDA	3
3.2. CORTEGADA	6
3.3. CANGAS	12
3.4. RESUMEN	16
4. EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN AL RUIDO	17
5. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DE HALADORES TÉRMICOS Y ELÉCTRICOS	18
5.1. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO	18
5.1.1. Definiciones	18
5.1.2. Alcances	19
5.1.3. Base metodológica del cálculo	20
5.2. CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA SOLUCIÓN INNOVADORA DE SILENCIOS	21
5.3. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL CONSUMO DE HALADORES TÉRMICOS ..	22
5.4. ALCANCE 2: CONSUMO ELÉCTRICO DE LAS BATERÍAS DE LOS HALADORES ELÉCTRICOS	23
5.5. REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN LAS PRUEBAS DEL PROYECTO SILENCIOS	25
6. OPORTUNIDADES Y BARRERAS PARA LA INCORPORACION DE NUEVAS FUENTES DE ENERGIA EN MAQUINARIA AUXILIAR	25
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28

El proyecto SILENCIOS se desarrolla con la colaboración de la Fundación Biodiversidad, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través del Programa Pleamar, cofinanciado por el FEMP

“Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad del autor o autores de los mismos, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente el proyecto”.

1. OBJETIVO

En este documento se analiza la posibilidad de la electrificación de maquinaria auxiliar en búsqueda de soluciones menos ruidosas que permitan mejorar las condiciones de higiene y salud en el trabajo y a la vez reducir la entrada de ruido al medio marino, para disminuir el impacto en el medio.

Por ello, el objeto principal de este informe es recoger toda la información relacionada con las mediciones acústicas realizadas sobre los haladores, y así poder estimar los niveles de ruido que soportan los marineros durante su uso y comprobar la viabilidad del uso de haladores eléctricos. Además, para comprobar la entrada de ruido al medio marino a través de los haladores, se realizan medidas de ruido submarino con los haladores en funcionamiento y parados.

Además, incluye un apartado de oportunidades y barreras para la incorporación de nuevas fuentes de energía en maquinaria auxiliar de la pesca.

2. DESCRIPCIÓN

El presente documento contiene la información relacionada con las mediciones acústicas realizadas sobre 5 haladores térmicos y 1 halador eléctrico. Estas mediciones nos han permitido obtener una idea aproximada de los niveles de ruido a los que están sometidos los marineros durante el uso de los haladores. También se muestra una medida de ruido submarino con los haladores apagados y otra con ellos en funcionamiento, para poder comprobar si los haladores tienen algún tipo de influencia en el medio marino.

Cabe destacar que, ante la diversidad de embarcaciones y situaciones afrontadas durante las tres jornadas de medición, se ha intentado, en la medida de lo posible, establecer un protocolo de medida sencillo y repetible que permita una comparación entre ellas.

A continuación, se describen los resultados más relevantes de cada una de las sesiones de medida realizadas, así mismo se realiza una pequeña evaluación de la exposición al ruido a la que están sometidos los marineros durante su jornada habitual y posibles mejoras con el cambio a maquinaria eléctrica.

3. MEDICIONES

Se realizan 3 sesiones de medida en diferentes embarcaciones en el entorno del puerto de A Guarda, la plataforma de Cortegada y el Puerto de Cangas. Para cada una de las embarcaciones se establecen 2 puntos de medida, uno (P1) enfocado a medir el ruido del cabrestante y otro (P2) orientado al ruido del motor del halador. Para cada uno de estos puntos de medida se establece una distancia de medida a la fuente de ruido de 150 cm y una altura de 110 cm.

Para cada uno de los puntos se realizan 5 mediciones de nivel de presión sonora continuo equivalente con tiempo de integración *slow*, sin ponderación en frecuencia, L_{Zeq} , y con ponderación A, L_{Aeq} . Posteriormente se promedian en potencia las 5 mediciones. Cada una de las mediciones se realiza mientras el halador sube un peso muerto de 20 Kg desde una profundidad aproximada de 10 m. Durante la sesión de medición, se registra la racha máxima de viento y el ruido de fondo.

En los próximos apartados se muestran en detalle los esquemas de cada uno de los montajes, así como los principales resultados obtenidos.

3.1. A GUARDA

Durante la mañana del 3 de junio se realizan medidas en una embarcación que tiene un motor de combustión de 2.5 CV de potencia

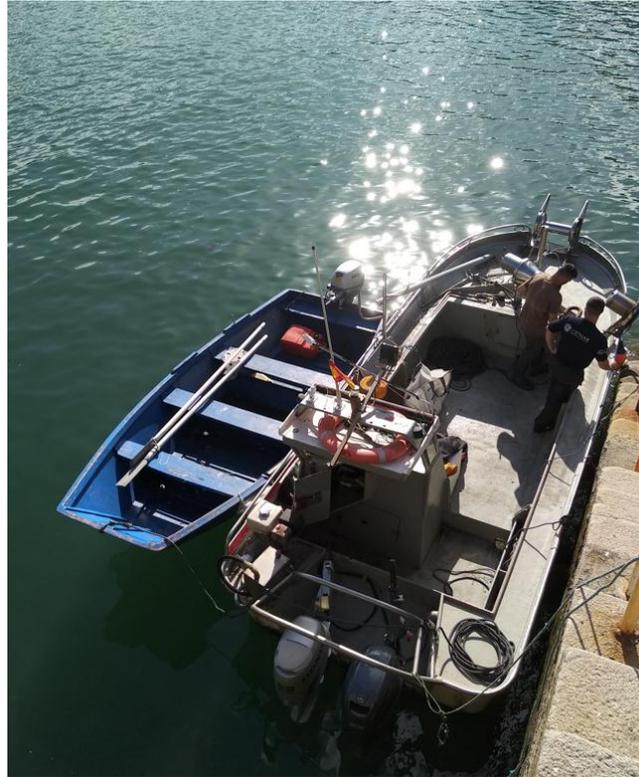


Imagen 1. Embarcación dónde se realizan las mediciones en A Guarda



Imagen 2. Cabestrante del halador del barco medido en A Guarda



Imagen 3. Motor del halador del barco medido en A Guarda

En el entorno del puerto de A Guarda, se busca una zona de abrigo en las proximidades de las coordenadas [41.90138, -8.883563] para atenuar el oleaje que es notable en algunas zonas del mismo. El funcionamiento habitual del motor del halador es con la tapa completamente abierta. La figura 1 muestra el esquema de medidas:

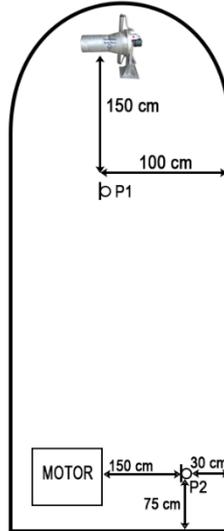


Figura 1 - Esquema de medidas para la embarcación de A Guarda. La altura de medida es de 110 cm en ambas posiciones.

La tabla 1 muestra los principales resultados obtenidos.

Halador térmico | V_{viento} , máx.=3 m/s

Medida		LeqA	LeqZ
R fondo		63,0	75,0
P1	S1	83,5	95,5
	S2	82,9	94,9
	S3	83,8	95,8
	S4	83,4	95,4
	S5	82,4	94,4
Media		83,2	95,2
P2	S1	85,0	97,0
	S2	84,8	96,8
	S3	84,6	96,6
	S4	84,7	96,7
	S5	84,6	96,6
Media		84,8	96,8

Tabla 1 - Resultados de las medidas del halador térmico en A Guarda. R fondo: ruido de fondo; P1/2: posición de medida 1/2; Si: repetición i-ésima de la medida subiendo un peso.

3.2. CORTEGADA

Durante la mañana del 6 de Julio se realizan mediciones de ruido aéreo y submarino de dos haladores, uno eléctrico y otro térmico, montados sobre una misma embarcación. El motor térmico se trata de un motor de combustión honda gx120 4cv con 8 litros de depósito hidráulico.



Imagen 4. Cabestrante del halador térmico del barco medido en Cortegada



Imagen 5. Motor del halador térmico del barco medido en Cortegada

En cuanto al halador eléctrico empleado, se trata de un NLH200, para redes de NorthLift, que está destinado a embarcaciones pequeñas y medianas. Sus características técnicas son las siguientes:

- Motor de alto par de 12V
- Hasta 90 kg (200 lb) de potencia de transporte
- 30 m / min Velocidad de acarreo
- Materiales de grado marino
- Soporte de montaje doble: grande
- Diseño compacto
- Sistema de montaje rápido
- Fusible bimetálico de reinicio automático
- Para líneas de 4-10 mm



El mercado de los haladores eléctricos es bastante reducido, ya que es un nicho bastante novedoso. Nuestra elección se basa en que es uno de los pocos haladores que encontramos en el mercado que se adapta a las características que nos trasladaron los pescadores objetivo (embarcaciones de pequeña eslora o auxiliares de la pesca).



Imagen 6. Halador eléctrico instalado en el barco de Cortegada

Debido al fuerte viento, la medida de ruido aéreo se realiza cerca de la isla de Cortegada, en una zona protegida del viento en las proximidades de las coordenadas [42.625594, -8.783567]. En el caso del motor térmico se realizan a mayores de las 10 medidas (5 en P1 y 5 en P2) una medida en P2 con el halador sin carga y otro con el motor del halador al máximo de trabajo; el funcionamiento habitual del motor es con la caja semicerrada, apoyando una tapa sobre la otra. La figura 2 muestra el esquema de montaje de las medidas aéreas y las tablas 2 y 3 los principales resultados. En el caso de la medida del motor eléctrico en P2 se produjo un error en la 5 grabación, registrándose únicamente 3 segundos de la medida por lo que se decide anular la misma y no tenerla en cuenta en el promedio. Este motor no dispone de caja similar a los motores térmicos, todo el mecanismo está encapsulado.

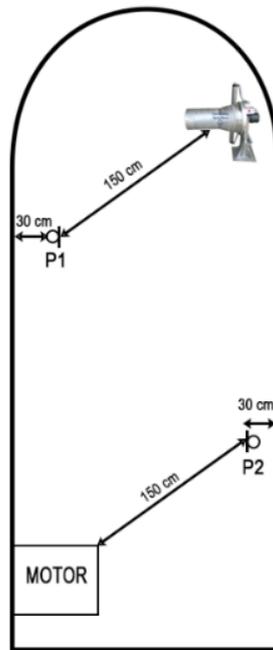


Figura 2 - Esquema de medidas aéreas para la embarcación de Cortegada. La altura de medida es de 110 cm en ambas posiciones.

Halador térmico | V_{viento} , máx.=2,9 m/s

Medida		LeqA	LeqZ
R fondo		51,3	70,6
P1	S1	76,5	86,5
	S2	76,4	86,1
	S3	77,0	85,9
	S4	77,0	89,6
	S5	77,1	86,1
Media		76,8	87,1
P2	S1	79,4	86,6
	S2	78,9	86,7
	S3	78,2	86,5
	S4	77,8	89,9
	S5	78	91,1
Media		78,5	88,6
P2 máx.		79,3	92,1
P2 s/c		77,5	86,2

Tabla 2 - Resultados de las medidas del halador térmico en Cortegada. R fondo: ruido de fondo; P1/2: posición de medida 1/2; Si: repetición i-ésima de la medida subiendo un peso. P2max: halador a máxima potencia medido en posición P2; P2 s/c: halador sin carga medido en la posición P2.

Halador eléctrico | V_{viento} , máx.=2,2 m/s

Medida		LeqA	LeqZ
R fondo		50,8	80,2
P1	S1	56,9	79,5
	S2	61	80,7
	S3	58,2	77,1
	S4	58,6	78,9
	S5	59	80,1
Media		59,0	79,4
P2	S1	58,5	82,9
	S2	60	81,3
	S3	59,2	74,7
	S4	59,5	80,4
	S5	NULA	NULA
Media		59,3	80,7
P2 s/c		61,4	79,5

Tabla 3 - Resultados de las medidas del halador eléctrico en Cortegada. R fondo: ruido de fondo; P1/2: posición de medida 1/2; Si: repetición i-ésima de la medida subiendo un peso. P2 s/c: halador sin carga medido en la posición P2.

Las figuras 3 y 4 muestran un ejemplo de la distribución en bandas de 1/3 de octava del nivel de ruido de los motores térmico y eléctrico, respectivamente, donde pueden observarse con claridad las diferencias en la distribución en frecuencia del ruido de cada uno de los motores.

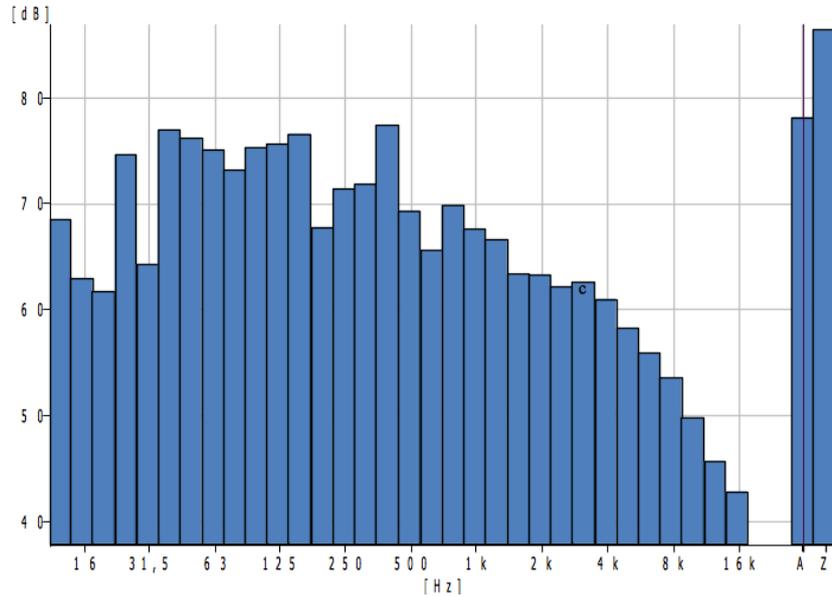


Figura 3 – Niveles de ruido en bandas de frecuencia de 1/3 de octava del motor térmico de una de las medidas

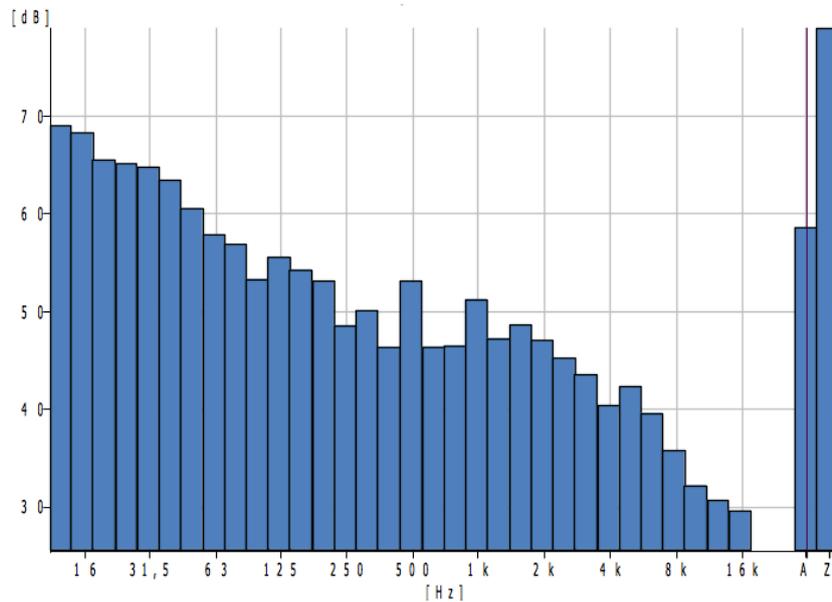


Figura 4 - Niveles de ruido en bandas de frecuencia de 1/3 de octava del motor eléctrico de una de las medidas

Respecto a **la sesión de medida de ruido submarino**, esta se realiza con el barco abarloado a la plataforma de Cortegada. Dado que la profundidad es menor que 10 m, se aumenta el número de repeticiones a 10 para tener una medición de duración suficiente para promediar correctamente.

Durante las medidas se aprecia que el viento y la corriente en la zona son notables con lo que el ruido de fondo es elevado. Tras el análisis de las medidas realizadas se obtienen los siguientes promedios de ruido:

$$L_{eqz}(\text{eléctrico})=112.2 \text{ dB} < L_{eqz}(\text{térmico})= 113.9 \text{ dB} < R_{f_{avg}}=115.2 \text{ dB}$$

Tal y como se puede observar, debido al ruido submarino producido por el viento y la ola, los niveles de ruido con los haladores funcionando son comparables a los niveles de ruido de fondo con los haladores parados. Por lo tanto, **se decide descartar las mediciones de ruido submarino realizadas en Cortegada.**

3.3. CANGAS

La mañana del 13 de Julio se realiza otra sesión de medidas en el entorno del puerto de Cangas en las proximidades de las coordenadas [42.256500, -8.777854]. En esta ocasión se mide un halador con motor térmico de 4.5 CV de potencia de forma similar a las anteriores experiencias, halando el mismo peso muerto de 20 kg.



Imagen 7. Motor de 13 CV del halador térmico del barco medido en Cangas

Posteriormente se miden dentro del puerto los haladores de dos embarcaciones más, en esta ocasión con el motor del halador térmico al máximo, pero sin carga de 6.5 y 9 CV respectivamente.

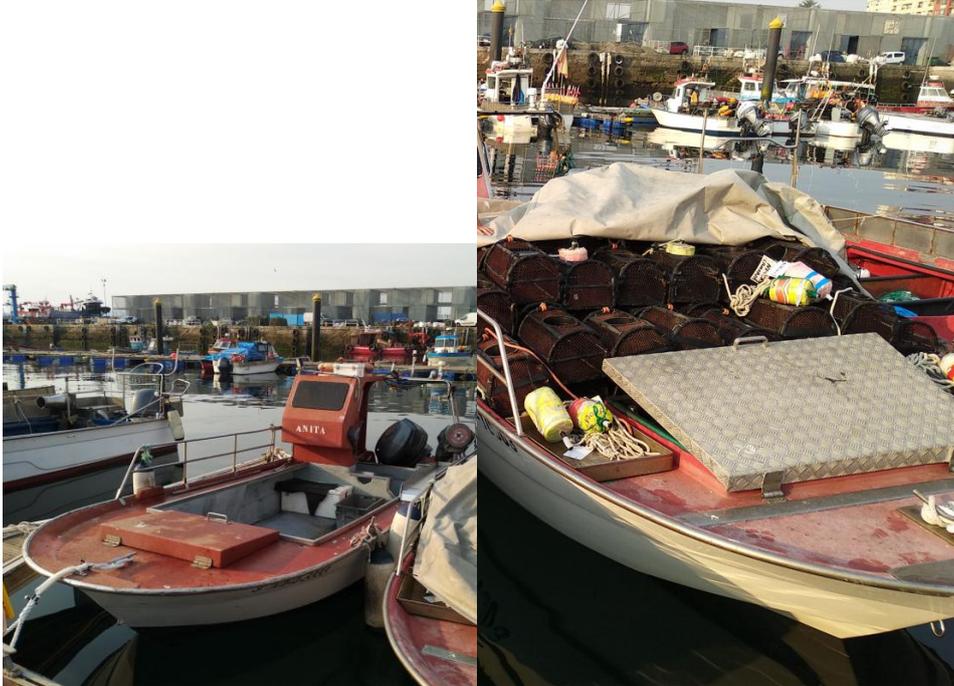


Imagen 8. Barcos dónde se realizan las mediciones de los haladores sin carga a máxima potencia

En la figura 5 podemos ver los detalles de los montajes de medida para en barco con carga y para los dos barcos sin carga. El funcionamiento habitual del motor A) es con la caja cerrada y de los motores B) con la caja abierta.

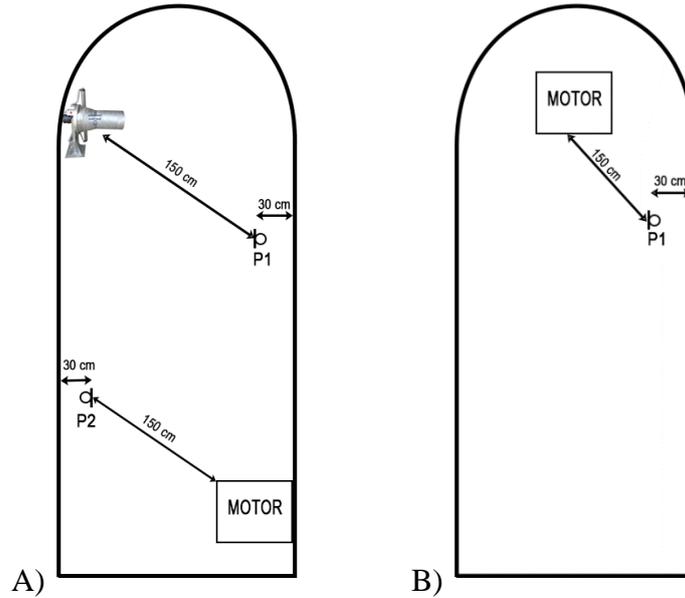


Figura 5 - Detalles de los montajes de medida. A) Medida de barco con peso muerto en el halador y 2 puntos de medida. B) Medida de nivel máximo del motor del halador sin peso

La tabla 4 muestra los principales resultados de las medidas tanto de las 2 posiciones del barco de 13 CV como de las medidas del motor del halador a máximo de las embarcaciones de 6.5 y 9 CV.

Halador térmico 13 CV | V_{viento} , máx.=0,4 m/s

Medida		LeqA	LeqZ
R fondo		52,1	69,8
P1	S1	72,2	90
	S2	70,8	90
	S3	71,9	90,4
	S4	72	90,8
	S5	72,9	90,6
Media		72,0	90,4
P2	S1	72,6	90,2
	S2	71,6	89,1
	S3	72,4	90
	S4	72,8	90,2
	S5	72,6	90,3
Media		72,4	90,0
P2 máx. abierto		81,8	98,8
R fondo		53,6	70
P1max 6.5 CV		72,3	86
P1max 9 CV		71,9	84,6

Tabla 4 - Resultados principales de las medidas en Cangas. R fondo: ruido de fondo; P1/2: posición de medida 1/2; Si: repetición i-ésima de la medida subiendo un peso. P1/2max: halador a máxima potencia medido en posición P1/2.

En las figuras 6, 7 y 8, a modo de comparativa, se muestran los niveles en bandas de 1/3 de octava del ruido del halador con el motor abierto y a máxima potencia para las 3 embarcaciones medidas.

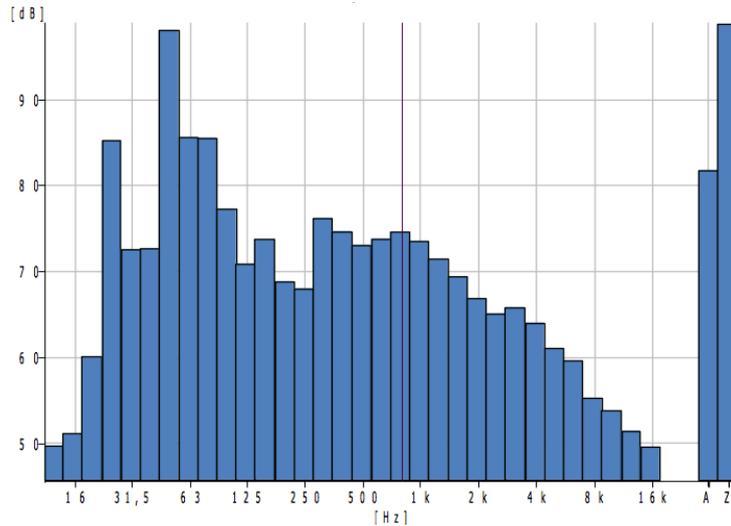


Figura 6 - Niveles de ruido en bandas de frecuencia de 1/3 de octava para el motor de 13CV abierto y al máximo

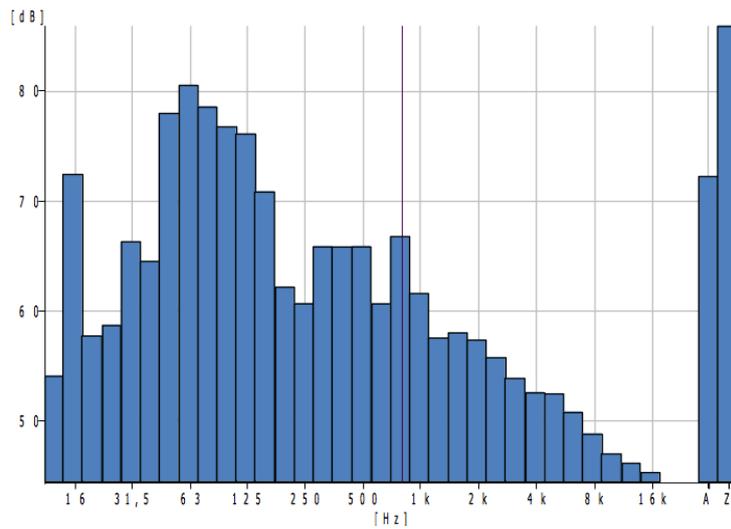


Figura 7 - Niveles de ruido en bandas de frecuencia de 1/3 de octava para el motor de 6.5 CV abierto y al máximo

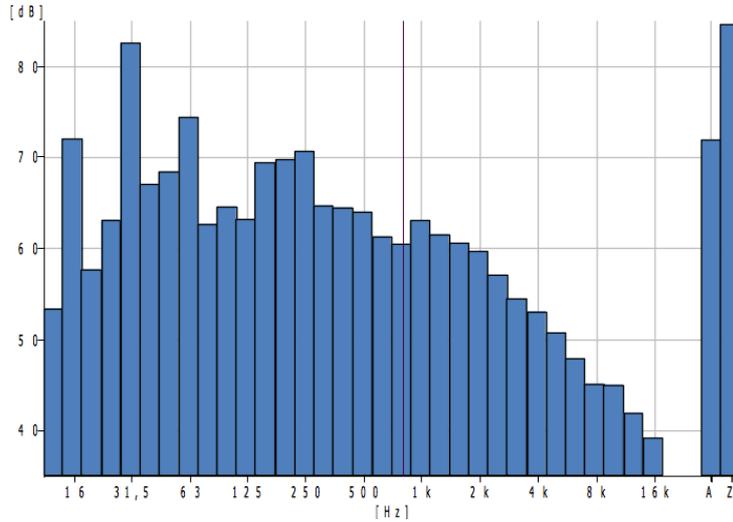


Figura 8 - Niveles de ruido en bandas de frecuencia de 1/3 de octava para el motor de 9 CV abierto y al máximo

3.4. RESUMEN

Cabe destacar que, ante la diversidad de embarcaciones y situaciones afrontadas durante las tres jornadas de medición, se ha intentado en la medida de lo posible, mantener la caja dónde se encuentra el motor del halador igual que en su funcionamiento habitual, y también se establece un protocolo de medida sencillo y repetible que permita una comparación entre ellas. Se realizan 5 repeticiones en cada posición y se utiliza la misma carga de 20 Kg sobre una profundidad aproximada de 10 m para todas las medidas. En la tabla 5 se muestran un resumen de las dos posiciones de los barcos medidos.

HALADOR	CONDICIONES DE MEDIDA	P1 (RUIDO CABESTRANTE)		P2 (RUIDO MOTOR HALADOR)	
		LeqA	LeqZ	LeqA	LeqZ
A Guarda térmico	Caja de motor abierta	83,2	95,2	84,8	96,8
Cortegada térmico	Caja de motor semicerrada	76,8	87,1	78,5	88,6
Cortegada eléctrico	Mecanismo encapsulado	59,0	80,1	59,3	80,7
Cangas térmico	Caja de motor cerrada	72,0	90,4	72,4	90,0

Tabla 5. Resumen de los resultados de los 3 barcos medidos.

4. EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN AL RUIDO

El criterio de evaluación de la exposición laboral a ruido se encuentra en el “*Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido*”. En el se definen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido). Así los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción correctiva, referida a los niveles de exposición diaria equivalente ($L_{Aeq,d}$) se fijan en:

- a) Valores límite de exposición: $L_{Aeq,d} = 87$ dBA.
- b) Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 85$ dBA.
- c) Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 80$ dBA.

Con lo que el nivel equivalente diario ($L_{Aeq,d}$) máximo de exposición que pueden soportar los trabajadores será 87dBA. Si su valor está en el rango de 80dBA a 85 dBA se deberá tomar una serie de medidas preventivas con el fin de proteger a los trabajadores de los altos niveles de ruido a los que están expuestos.

A continuación, se ha elaborado un primer estudio de los niveles de exposición diario de los pescadores basándose en los datos de ruidos obtenidos de las mediciones de los haladores. Respecto a las jornadas laborales, hay que tener en cuenta que los límites del nivel diario equivalente establecidos en el RD 286/2006 a partir de los cuáles se produce daño auditivo, están previstos para niveles de exposición de 8 horas diarias.

A continuación se muestra la evaluación de exposición al ruido, según el halador y las horas que esten expuestos durante toda la jornada laboral.

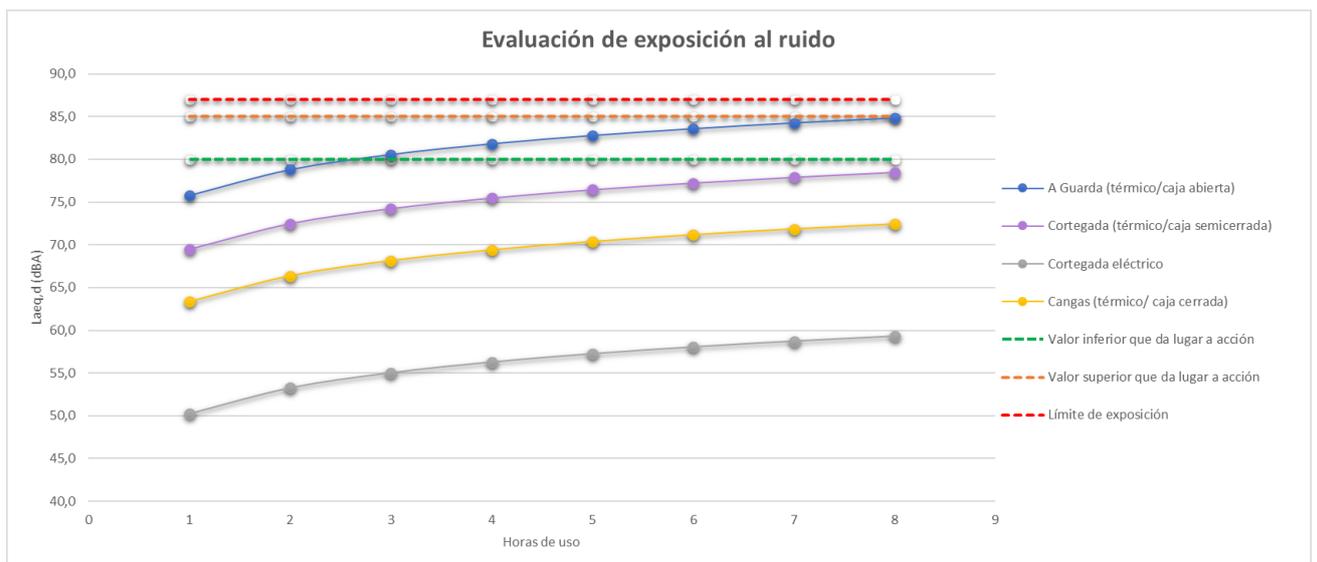


Gráfico 1. Evaluación de exposición al ruido según el halador y las horas de uso

En el gráfico podemos observar una estimación del nivel de exposición al ruido con el uso de haladores, según las mediciones realizadas *in situ* y sus horas de uso durante la jornada laboral. Esto será así, siempre y cuando durante el resto de jornada, cuando los haladores no estén en funcionamiento, los trabajadores no tengan exposición al ruido o sea lo suficientemente baja (inferior a 55dBA) para permitir que los oídos recuperen.

En función de los resultados obtenidos, se puede observar que el motor eléctrico de Cortegada sería el que tiene menos afectación por ruido, seguido del motor térmico de Cangas que funciona con la caja cerrada y a continuación el térmico de Cortegada que funciona con la caja semicerrada. Con el motor térmico de A Guarda con caja abierta, sólo podrían estar 2 horas en funcionamiento, a partir de esas horas se supera el valor inferior de exposición que da lugar a una acción para proteger a los pescadores de los posibles daños que le pueda producir la exposición al ruido, y así garantizar un entorno acústico controlado y lo más confortable posible. Hay que tener en cuenta que en esta evaluación solamente estamos teniendo en cuenta el uso de haladores y suponemos que cuando no está en uso, no tienen exposición al ruido o el ruido al que están expuestos es inferior a 55dBA.

En este caso nos centramos en la exposición de ruido con el uso de los haladores, sin embargo, además del tiempo de exposición de los haladores existen otros ruidos que pueden empeorar la exposición de ruido de estos trabajadores, uno de ellos es el ruido del motor principal en el desplazamiento que realizan para llegar a dónde se realizan las tareas propias. El nivel de ruido del motor principal depende fundamentalmente de su potencia.

5. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DE HALADORES TÉRMICOS Y ELÉCTRICOS

En este apartado se recoge el cálculo de la reducción de huella de carbono de la electrificación de los haladores térmicos de las embarcaciones pesqueras de pequeño porte.

5.1. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

5.1.1. Definiciones

Se entiende como huella de carbono "la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto por un individuo, organización, evento o producto".

- Huella de carbono de una organización. Mide la totalidad de GEI emitidos por efecto directo o indirecto provenientes del desarrollo de la actividad de dicha organización.
- Huella de carbono de producto. Mide los GEI emitidos durante todo el ciclo de vida de un producto: desde la extracción de las materias primas, pasando por el procesado y fabricación y distribución, hasta la etapa de uso y final de la vida útil (depósito, reutilización o reciclado).

El análisis de huella de carbono proporciona como resultado un dato que puede ser utilizado como indicador ambiental global de un producto, de un cambio en el mismo o de la actividad que desarrolla la organización. La huella de carbono se configura, así como punto de referencia básico para el inicio de actuaciones de reducción de consumo de energía y para la utilización de recursos y materiales con mejor comportamiento medioambiental.

La huella de carbono identifica la cantidad de emisiones de GEI que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad; permite identificar todas las fuentes de emisiones de GEI y establecer a partir de este conocimiento, medidas de reducción efectivas.

5.1.2. Alcances

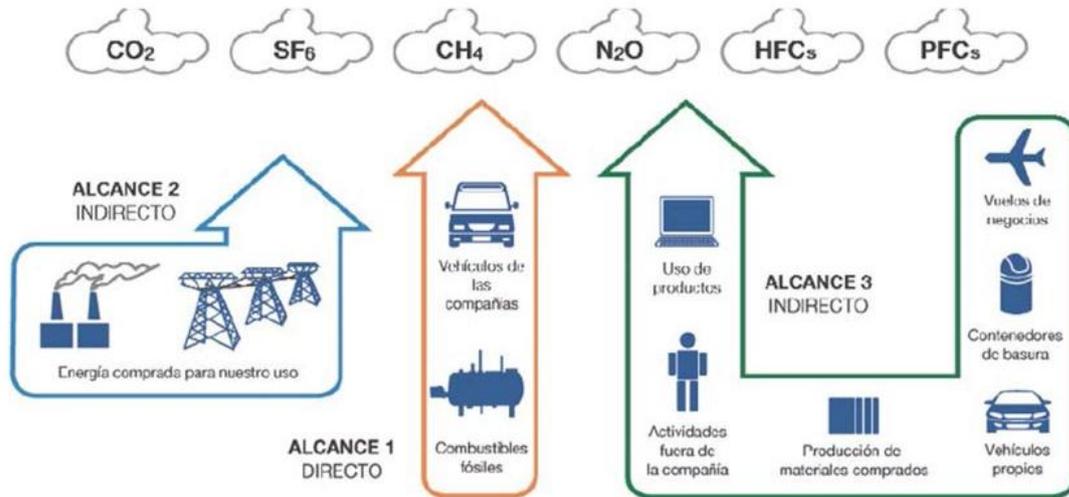
Al referirnos al cálculo de la huella de carbono y a las fuentes emisoras que se analizan en su cálculo, recurrimos al término **Alcance**. Cabe indicar que las emisiones asociadas a un producto o un cambio en el mismo o una actividad se pueden clasificar como emisiones directas o indirectas.

- **Emisiones directas de GEI:** son emisiones de las fuentes del producto u organización. De una manera muy simplificada, podrían entenderse como las emisiones liberadas in situ en el lugar donde se produce la actividad o trabaja en producto.
- **Emisiones indirectas de GEI:** son emisiones consecuencia de las actividades o trabajos del producto pero que ocurren en fuentes que no están físicamente allí ni son propiedad de la organización. Un ejemplo de emisión indirecta es la emisión procedente de la electricidad consumida por un producto durante su fabricación.

Una vez definidas cuáles son las emisiones directas e indirectas de GEI y para facilitar la detección de todas ellas, se han definido 3 alcances:

- **Alcance 1:** emisiones directas de GEI. Por ejemplo, emisiones provenientes de la combustión en calderas, hornos, vehículos, etc. También incluye las emisiones fugitivas (p.ej. fugas de aire acondicionado, fugas de CH₄ de conductos, etc.).
- **Alcance 2:** emisiones indirectas de GEI asociadas a la generación de electricidad adquirida y consumida por el producto o la organización.
- **Alcance 3:** otras emisiones indirectas. Algunos ejemplos de actividades de alcance 3 son la extracción y producción de materiales, el transporte de materias primas, de combustibles y de productos (por ejemplo, actividades logísticas) realizados por terceros o la utilización de productos o servicios ofrecidos por otros.

Así, el cálculo del alcance 1 y alcance 2 es bastante sencillo. El cálculo del alcance 3 es muy complejo. El siguiente esquema muestra gráficamente los citados alcances y los elementos que lo componen:



5.1.3. Base metodológica del cálculo

En una primera aproximación puede decirse que el cálculo de la huella de carbono consiste en aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Huella de carbono} = \text{Dato Actividad} \times \text{Factor Emisión}$$

Donde:

- El dato de actividad, es el parámetro que define el grado o nivel de la actividad generadora de las emisiones de GEI. Por ejemplo, cantidad de gas natural utilizado en la calefacción (kWh de gas natural).
- El factor de emisión (FE) supone la cantidad de GEI emitidos por cada unidad del parámetro "dato de actividad". Estos factores varían en función de la actividad que se trate. Por ejemplo, en relación a la actividad descrita anteriormente (consumo de gas natural para la calefacción), el factor de emisión para 2017 sería 0,202 kg CO₂ eq/kWh de gas natural.

Como resultado de esta fórmula obtendremos una cantidad (g, kg, t, etc.) determinada de **dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq)**, unidad utilizada para exponer los resultados en cuanto a emisiones de GEI.

EJEMPLO	Para un medio de transporte cualquiera:
	Emisiones = Combustible consumido x FE
	Emisiones = litros combustible x FE (CO ₂ eq/litro)

Los gases que se indican en el Protocolo de Kioto como máximos responsables del efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global, los denominados gases de efecto invernadero (GEI), son:

- dióxido de carbono (CO₂),
- metano (CH₄), el óxido de nitrógeno (N₂O),
- hidrofluorocarbonos (HFCs),
- perfluorocarbonos (PFCs),
- hexafluoruro de azufre (SF₆)
- trifluoruro de nitrógeno (NF₃) (desde la COP 181 celebrada en Doha a finales de 2012)

Sin embargo, el CO₂ es el GEI que influye en mayor medida al calentamiento del planeta, y es por ello que las emisiones de GEI se miden en función de este gas. La tonelada de CO₂eq es la unidad universal de medida que indica el potencial de calentamiento atmosférico o potencial de calentamiento global (PCG) de cada uno de estos GEI, expresado en términos del PCG de una unidad de CO₂.

Existen muchas normas y metodologías reconocidas a nivel internacional están basadas en los principios de relevancia, integridad, consistencia, exactitud y transparencia: Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard, UNE-ISO 14064-1, UNE-ISO 14065, UNE-ISO 14069, IPCC 2006 GHG Workbook, Indicadores GRI (Global Reporting Initiative) entre otras.

5.2. CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA SOLUCIÓN INNOVADORA DE SILENCIOS

Para el cálculo de la reducción de la huella de carbono en proyecto SILENCIOS lo que se va a hacer es comparar la huella de carbono del halador térmico con el halador eléctrico. Para ello se van a tener cuenta:

- Alcance 1, es decir, la emisión directa de gases de efecto invernadero de los motores.
- Alcance 2, es decir, consumo energético de la carga de las baterías.

El alcance 3 no se va a tener en cuenta dada la dificultad de poder calcularlo puesto que depende de las materias primas, transporte de las mismas, transporte del motor y sus componentes. Además, se asume que esta huella del carbono de alcance 3 sería similar en ambos casos por lo que para la reducción de la huella no sería un factor para tener en cuenta.

Así la comparativa de la huella de carbono de ambos motores quedaría recogida en este cuadro:

	HALADOR TÉRMICO	HALADOR ELÉCTRICO
ALCANCE 1	EMISIONES POR COMBUSTIÓN CO₂ eq >0	NO HAY EMISIONES POR COMBUSTIÓN CO₂ eq =0
ALCANCE 2	NO HAY EMISIONES POR CARGA DE ELEMENTOS CO₂ eq =0	EMISIONES POR CARGA DE BATERÍAS CO₂ eq >0
ALCANCE 3	No se calcula Se acepta equivalente en ambos motores	

De esta manera la variación de la huella de carbono de la solución innovadora sería:

$$VARIACIÓN HUELLA CARBONO = EMISIONES COMBUSTIÓN - CARGA DE BATERÍAS$$

Así se deduce que:

- Si la variación sale >0 indica que motores térmicos tienen una mayor huella de carbono y que por lo tanto se reduciría la huella de carbono con la electrificación.
- Si la variación sale <0 indica que motores eléctricos tienen una mayor huella de carbono y que por lo tanto la electrificación no es eficiente tal y como se propone.

5.3. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL CONSUMO DE HALADORES TÉRMICOS

Los haladores térmicos emiten gran diversidad de gases de efecto invernadero. Sin embargo, con el fin de simplificar los cálculos, sólo serán tenidas en cuenta las emisiones de CO₂ ya que las emisiones del resto de gases son de un orden de magnitud sustancialmente inferior a las emisiones de CO₂.

Dato de actividad

Para realizar este cálculo se necesita saber:

- Tipo de combustible: gasolina, gasóleo, E10 (mezcla de un 10 % de bioetanol y el resto de gasolina), B30 (mezcla de un 30 % de biodiesel y el resto de gasóleo), GLP, etc.
- Cantidad de combustible consumido.

Factores de emisión

Del Inventario Nacional de Emisiones de España y las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero de 2006 y sus posteriores modificaciones se pueden encontrar los factores de emisión para cada año de los principales combustibles empleados por los vehículos. De dicha fuente se obtiene el siguiente cuadro:

Combustible (Unidades FE)	Factores de emisión (FE)													
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Gasolina (kgCO ₂ /l) ⁽¹⁾	2,295	2,295	2,295	2,295	2,205	2,201	2,205	2,205	2,205	2,196	2,180	2,157	-	-
Gasóleo A (kgCO ₂ /l) ⁽¹⁾	2,653	2,653	2,653	2,653	2,493	2,467	2,544	2,544	2,544	2,539	2,520	2,493	-	-
Gasóleo B (kgCO ₂ /l)	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,686
Gasóleo C (kgCO ₂ /l)	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868
E5 (kgCO ₂ /l) ⁽²⁾	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,244
E10 (kgCO ₂ /l) ⁽²⁾	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,125
E85 (kgCO ₂ /l) ⁽²⁾	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,354
E100 (kgCO ₂ /l) ⁽²⁾	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B7 (kgCO ₂ /l) ⁽²⁾	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,456
B10 (kgCO ₂ /l) ⁽²⁾	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,377
B20 (kgCO ₂ /l) ⁽²⁾	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,113
B30 (kgCO ₂ /l) ⁽²⁾	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,849
B100 (kgCO ₂ /l) ⁽²⁾	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
XTL (kgCO ₂ /l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Gas natural (kgCO ₂ /kWh) ⁽³⁾	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,183	0,183	0,182
LNG (kgCO ₂ /kg)	2,736	2,738	2,713	2,738	2,743	2,723	2,713	2,713	2,697	2,705	2,704	2,710	2,697	2,721
CNG (kgCO ₂ /kg)	2,736	2,738	2,713	2,738	2,743	2,723	2,713	2,713	2,697	2,705	2,704	2,710	2,697	2,721
LPG (kgCO ₂ /l) ⁽⁴⁾	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,628
H2 (kgCO ₂ /kg)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Gas butano (kgCO ₂ /kg)	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964
Gas propano (kgCO ₂ /kg)	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938
Fuelóleo (kgCO ₂ /kg)	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127
Carbón nacional (kgCO ₂ /kg)	2,297	2,297	2,297	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299	2,006	2,227	2,227	1,914	2,718
Carbón de importación (kgCO ₂ /kg)	2,527	2,527	2,527	2,579	2,579	2,579	2,579	2,579	2,579	2,430	2,444	2,444	2,429	2,469
Coque de petróleo (kgCO ₂ /kg)	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169

Cabe destacar que a partir de 2019 la gasolina y gasóleo de automoción se denominan E y B respectivamente y se clasifican según el % de biocombustible que tengan.

Para el cálculo de SILENCIO tomaremos como referencia el gasóleo tipo B, marítimo y agrícola y la gasolina de tipo E5 que es el más simple, es decir, emplearemos los siguientes factores de emisión:

$$E5\ 2020 = 2,244\ \text{kgCO}_2/\text{L}$$

$$\text{Gasóleo B } 2020 = 2,686\ \text{kgCO}_2/\text{L}$$

5.4. ALCANCE 2: CONSUMO ELÉCTRICO DE LAS BATERÍAS DE LOS HALADORES ELÉCTRICOS

El dato de actividad será el consumo de electricidad procedente de la carga de las baterías. Para ello necesitamos saber el tipo de baterías que tenemos y asumir que la eficiencia del sistema de carga tiene unas pérdidas.

Las baterías empleadas tienen valores teóricos de

- Carga: 95Ah
- Voltaje: 12 vol
- Los cargadores de las baterías tienen una pérdida de entre 15-20% de la energía

De esta manera obtenemos los **Wh que consumimos en la carga de cada batería** teniendo en cuenta las pérdidas del cargador, pero no las pérdidas por transporte y distribución del sistema que por convenio entran en el alcance 3.

Factores de emisión

Para calcular las emisiones asociadas al consumo eléctrico, debe aplicarse el factor de emisión atribuible a la comercializadora con la que se tenga contratado el suministro eléctrico para el año de cálculo. Este dato se puede encontrar en el documento “Mix Comercial y Factores de Impacto Medio Ambiental” que se encuentra en la web de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC), en el que se indica, para el año que se seleccione, el dato “Emisiones de CO₂ (kg CO₂/kWh)” según la comercializadora. El valor habrá de incluir dos números decimales.

2007

Comercializadora	Factor Mix 2007 (kg CO ₂ /kWh)
COMERCIALIZADORAS SIN GDO's (no contempladas en el siguiente listado)	0,45
ACCIONA GREEN ENERGY DEVELOPMENTS, S.L.	0,00
CENTRICA ENERGIA, S.L.U.	0,00
DERIVADOS ENERGÉTICOS PARA EL TRANSPORTE Y LA INDUSTRIA, S.A. (DETISA)	0,38
ENDESA ENERGIA, S.A.	0,37
ENEL VIESGO ENERGIA, S.L.	0,18
GAS NATURAL COMERCIALIZADORA, S.A.	0,22
GAS NATURAL SERVICIOS SDG, S.A.	0,21
HIDROCANTABRICO ENERGÍA S.A.	0,40
HIDROCANTABRICO ENERGIA, S.A. UNIPERSONAL	0,35
IBERDROLA, S.A.	0,00
NATURGAS COMERCIALIZADORA, S.A.	0,35
NEXUS ENERGIA, S.A.	0,40
UNION FENOSA COMERCIAL, S.L.	0,31

Sin embargo, como ese cálculo tan preciso depende del lugar donde se carguen las baterías y de si se tiene o no contratada una energía de origen renovable. Así se decide para hacer el cálculo teórico de la reducción de huella de carbono coger un valor promedio de todas la comercializadoras con o sin Garantía de Origen (GdO). Este valor promedio de los mix según la compañía es de **0,33 kg CO₂/kWh** sin tener en cuenta las compañías de energías renovables. Se empleará el primer valor por considerarse más conservativo.

5.5. REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN LAS PRUEBAS DEL PROYECTO SILENCIOS

Analizaremos el caso de A Guarda y Cangas. En A Guarda según el propietario de la embarcación el depósito para el motor del halador es de 5L, aproximadamente este depósito se gasta en una mañana, es decir una jornada de trabajo. El uso del halador se distribuye en 5 ciclos de 40-50 minutos funcionando y una pausa de 15-20 min. En Cangas el depósito para el motor del halador es de 6L, al igual que en A Guarda aproximadamente el depósito se gasta en una jornada de trabajo y se mantiene funcionando el halador unos 225 minutos.

Estos son los datos de partida:

	HALADOR TÉRMICO	HALADOR ELÉCTRICO	
	Consumo (L)	Consumo instantáneo (W)	Tiempo prueba (min)
A Guarda	5 L	600 W	250
Cangas	6 L	600W	225

De esta manera se puede calcular la huella de carbono de ambos haladores en una jornada de trabajo:

	HALADOR TÉRMICO		HALADOR ELÉCTRICO	
	Consumo L	kg CO ₂ *	Consumo kWh incluido pérdida de carga	kg CO ₂ *
A Guarda	5 L	11,22	3,0	0,99
Cangas	6 L	13,46	2,7	0,89

*Gasolina: 2,244 kgCO₂/L **0,33 kg CO₂/kWh

Se concluye que la huella de carbono se reduce considerablemente en cada uno de los casos.

6. OPORTUNIDADES Y BARRERAS PARA LA INCORPORACION DE NUEVAS FUENTES DE ENERGIA EN MAQUINARIA AUXILIAR

El uso de motores eléctricos se ha convertido en una de las grandes oportunidades de mejoras en la eficiencia del ecosistema marítimo. Debido al calentamiento global provocado por la contaminación ambiental y las emisiones de gases, el fin de los combustibles fósiles y la contaminación de los océanos, están haciendo de la electrificación de los sistemas el verdadero protagonista del cambio.

En comparación a los motores de combustión tradicional, los eléctricos ofrecen varias ventajas. Primero, el silencio del que hace su sistema mecánico; segundo, la ausencia de olores a combustible; y tercero, que su mantenimiento es mínimo.

Otros aspectos a tener en cuenta son la vibración, y el ruido que puede ser bastante molestos durante el uso en barcos con motores de combustión.

Además, debemos agregar el bajo costo, tanto en el motor en si mismo, como en el combustible. Si bien en la actualizada la electricidad tiene un costo alto debido a los vaivenes de las incertidumbres socio-política, lo normal es que sea bastante bajo en comparación con el diésel y la gasolina. Esto se traduce en un importante ahorro de combustible. Sin olvidar que también es posible encontrar barcos con paneles solares o cubiertas especialmente diseñados para paneles solares; Teniendo en cuenta que se obtiene una energía más limpia gracias a estos paneles solares.

Normalmente los motores auxiliares para barcos de pequeño tamaño, se colocan en el área externa del barco que se ancla al barco utilizando soportes adaptados. Estos motores eléctricos son pequeños y utilizan energía eléctrica para moverse, algo excelente porque es una energía ecológica, limpia y amigable con el medio ambiente.

Actualmente es posible encontrar varias marcas que se especializan en la fabricación de este tipo de motores, que pueden diferenciarse básicamente por la eficiencia, potencia, seguridad y rendimiento en general. Tienen potencias de entre 1hp y 80hp. Este tipo de motores son ligeros y se usan principalmente en embarcaciones auxiliares.

Las ventajas de un motor eléctrico se pueden resumir de la siguiente manera:

- Motores más pequeños y bastante ligeros.
Un motor eléctrico es mucho más limpio que uno convencional y, por ende, sencillo de mantener. Además, tiene un mecanismo tan simple y fiable que puede ser que, en la vida media de un barco, nunca necesite mantenimiento ninguno. Por lo tanto, podrás olvidarte de ello, a diferencia del continuo mantenimiento que se debe llevar a cabo en un motor convencional.
- Los motores eléctricos son limpios, silenciosos y de baja vibración.
Lo silenciosos que pueden llegar a ser este tipo de motores es sorprendente y se debe a que no tienen ningún motor de combustión. Por este motivo, no emiten grandes ruidos ni humos. Es más, tampoco emiten vibraciones, olores ni gases.
- Pueden funcionar como generadores,
Un motor eléctrico es, al mismo tiempo, un generador, es decir, tienen la capacidad de transformar la energía mecánica en energía eléctrica.

- Sostenibilidad
Estos motores eléctricos utilizan energía eléctrica para moverse, una energía ecológica, limpia y amigable con el medio ambiente. Por lo tanto, no dejan residuos en el mar ni emiten gases nocivos
- Reducir significativamente la emisión de Co2.
Al no utilizar combustible fósil en el propio motor, y solo se usa energía eléctrica, se puede reducir la emisión de gases.
- Eficiencia
Un motor eléctrico posee una eficiencia más alta que uno térmico, por lo que el rendimiento es mucho mayor a la vez que se preserva toda la autonomía de la capacidad energética.

Con todas estas ventajas podríamos pensar que la implantación de motorización en elementos de maquinaria auxiliar es algo inminente, pero aún sigue siendo necesario enfrentarse a problemas todo el tiempo, como la autonomía o la recarga, de manera continua.

El principal problema de la dificultad de implantación de esta tecnología eléctrica es el almacenamiento energético.

El diseño de baterías es cada vez mejor, proporcionando más capacidades y unas recargas más rápidas, a un coste menor. Pero aún queda mucho desarrollo para poder competir con el almacenamiento energético que tienen los compuestos como la gasolina o el diésel.

El auge de los coches eléctricos ha permitido que el mercado de baterías haya evolucionado rápidamente, pero al mismo tiempo ha llevado a otro problema derivado: una de las materias primas en su construcción está aumentando su precio de manera realmente acusada. El litio, componente indispensable para crear sus baterías, está en una escalada de precios que va a llevar, al menos a priori, a que los modelos a pilas sean más caros.

Durante los últimos años la producción y demanda de coches eléctricos ha aumentado de manera considerable, algo que ha tenido una repercusión directa sobre el precio de los materiales necesarios para fabricarlos.

Es necesario que el mercado pueda desarrollar un sistema de almacenamiento energético que pueda responder a las necesidades de la industria.

Con todo lo expuesto, se hace necesaria una evaluación pormenorizada de cada máquina tradicional con posibilidades de ser electrificada. Si bien los sistemas de propulsión de barcos todavía están en una fase primaria de implantación, debido principalmente a la capacidad energética que pueden almacenar, los sistemas auxiliares, como los haladores, si podrían ser perfectamente electrificados sin perjuicio de la funcionalidad y su autonomía.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Cabe destacar que, ante la diversidad de los haladores y el número de horas de uso, los trabajos de control de ruido en un entorno como el aquí evaluado es una tarea compleja. Se ha realizado una exposición de ruido teniendo en cuenta solamente el uso de los haladores y suponiendo que cuando no está en uso, no tienen exposición al ruido o el ruido al que están expuestos es inferior a 55dBA, para así realizar una comparación entre los diferentes casos analizados. Con esto se puede concluir que tratando las fuentes sonoras analizadas se consigue mejorar el nivel de exposición sonora de los trabajadores, lo que le permite mejorar en gran medida las condiciones de higiene y salud en el trabajo, sin embargo, los mejores de datos de exposición se obtienen con el halador eléctrico.

En cuanto a la huella de carbono de la actividad de los haladores, es una aproximación muy grosera, pero sirve para dar una idea de la posible consecuencia de la implementación y la reducción considerable que se produciría.

También hay que comentar las grandes diferencias en cuanto a la instalación de los diferentes haladores analizados. Se han realizado todas las pruebas con los dispositivos de manera “abierta” (con los motores al aire), para estandarizar las medidas. Pero algunos de estos haladores estaban enclaustrados en unos tambuchos con diferente grado de insonorización.

Comentar que el uso de motores con caballaje reducido, reduce el precio de motor, pero aumentaría el coste de insonorización del tambucho, ya que estos propulsores tienen unos ruidos más acusados a medida que se les demanda más potencia. Por el contrario, los motores de 4 tiempos y mayor caballaje, con coste más alto, su huella sonora es mucho menor y no necesitan llegar a altas revoluciones para proporcionar toda la potencia necesaria para hacer funcionar el halador.

Todo esto no es necesario en cuanto se usan motores eléctricos para el halador, ya que este motor está integrado en el dispositivo y el ruido del motor eléctrico es mínimo.

En este proyecto se utilizaron haladores eléctricos comerciales y se hizo un trabajo de integración sobre las barcas en donde se realizaron los ensayos.

Al mismo tiempo se estuvo analizando si los dispositivos y sus características de uso cubrían los patrones de utilización de los usuarios de la flota de bajura de Galicia. Se concluyó que la disposición de los botones de operación no eran los más adecuados, así como la parte mecánica de los mismos no cumplía con una usabilidad eficiente.

Sería necesario realizar cambios en los diseños actuales de los haladores eléctricos para adaptarlos a las condiciones de la flota de bajura si en algún momento surgiese la posibilidad de ser integrados en los barcos.