



Fisika
Saila
Departamento
de Física

El abajo firmante, Dr. Jon Sáenz Agirre, [redacted], Profesor Titular de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Departamento de Física, por medio del siguiente documento manifiesta:

- Que le ha sido solicitada por parte de la Dirección del centro de investigación Plentziako Itsas Estazioa (PIE), del cual es parte como investigador, la realización del presente informe con **objeto de la instalación de un pequeño arrecife artificial destinado a promover vida marina y albergar instrumentación de investigación.**
- Que los diagnósticos que se presentan se basan en revisiones de bibliografía o el acceso a datos públicos, todo lo cual se encuentra adecuadamente referenciado en cada uno de los casos, ya que, dada la escasa entidad de la obra y los recursos disponibles, no es posible realizar una campaña de medidas instrumentales in-situ para soportar la evidencia adjuntada.
- Los aspectos técnicos del informe se presentan agrupados de acuerdo a los requerimientos planteados por los artículos 92 y 93 del RD 876/2014 en los anexos 1 y 2 del siguiente informe, respectivamente, de acuerdo a mi más leal saber y entender.

Leioa, 4 de Octubre de 2022

Firmado por SAENZ AGUIRRE JON - [redacted] el día
04/10/2022 con un certificado emitido por AC FNMT
Usuarios

Dr. Jon Sáenz
Depto. de Física
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE23e00011662294

CSV

GEISER-ae7d-f4f5-f3b3-45dd-80c3-b997-40e4-2976

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://sede.administracionespublicas.gob.es/valida>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

24/02/2023 13:13:25 Horario peninsular

Validez del documento

Original



GEISER-ae7d-f4f5-f3b3-45dd-80c3-b997-40e4-2976

Anexo I. Evaluación de los efectos del cambio climático.

A efectos de los análisis requeridos por el artículo 92 del RD 876/2014, se toma como período de referencia para el cambio climático la década en torno a 2050, que incluye de forma suficiente la duración esperada del arrecife artificial cuya instalación se solicita. En la medida de lo posible, se analizarán los datos para el escenario de uso más intenso de combustibles fósiles (SSP5-8.5) y, si es posible, para el rango completo de escenarios de las integraciones con los modelos del conjunto CMIP6 utilizado por el IPCC en su último informe de evaluación (AR6). En el caso de que no existan resultados de CMIP6, se utilizarán los correspondientes a las integraciones de la generación anterior (CMIP5, informe AR5 del IPCC).

I.1 Subida del nivel medio del mar.

En este caso, la evaluación se ha realizado a partir del Atlas Interactivo del IPCC (WGI), <https://interactive-atlas.ipcc.ch> (Gutiérrez et al., 2022) para el conjunto de datos CMIP6, variable *Total Sea Level Rise*, periodo *Medium Term* 2041-2060 (que cubre holgadamente la vida esperada de la estructura que se desea instalar), datos anuales. La extracción de los puntos más próximos a la instalación del arrecife (coordenadas UTM E=503756, N=4807844) indica que dentro de los escenarios SSP5-8.5, SSP3-7.0, SSP2-4.5 y SSP1-2.6 se puede esperar a medio plazo (2041-2060) un **ascenso del nivel del mar del orden de 0.2 m respecto a 1995-2014** (Figura 1).

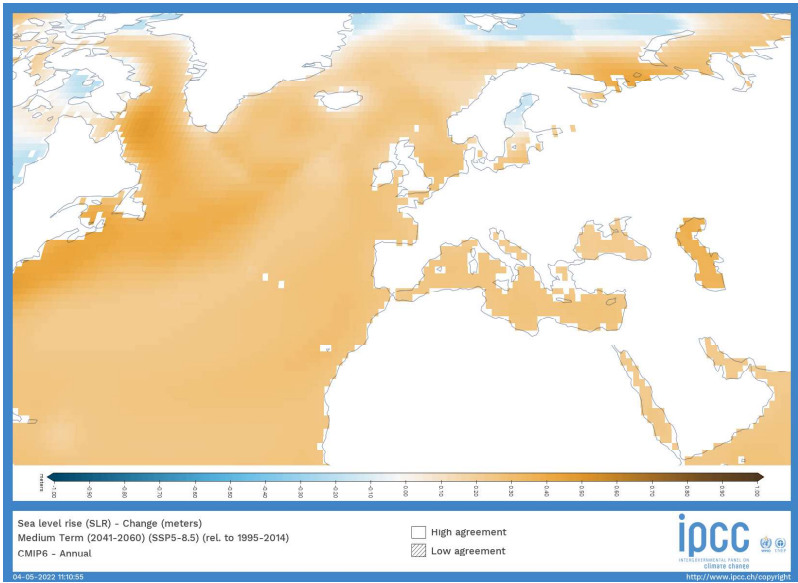


Figura 1. Proyecciones de cambio de nivel del mar a medio plazo de acuerdo a las integraciones CMIP6 (SSP5-8.5)

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE23e00011662294

CSV

GEISER-ae7d-f4f5-f3b3-45dd-80c3-b997-40e4-2976

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://sede.administracionespublicas.gob.es/valida>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

24/02/2023 13:13:25 Horario peninsular

Validez del documento

Original



GEISER-ae7d-f4f5-f3b3-45dd-80c3-b997-40e4-2976

Este aumento del nivel del mar en el horizonte de la duración de la infraestructura planteada no se espera que sea un problema inmediato, ya que este plazo (2041-2060) permite sobradamente emprender medidas correctoras en un futuro si fuera necesario.

I.2. Modificación de las direcciones de oleaje

En el caso de esta variable y las dos siguientes, la identificación de las modificaciones esperables es mucho más complicada, ya que, de forma regular, los modelos climáticos no acoplan un modelo de olas al resto de componentes del modelo climático, por lo que en general, esta variable no está accesible en los repositorios de los experimentos CMIP para la mayoría de los modelos climáticos. No obstante, algunos artículos en la bibliografía ofrecen resultados agregados obtenidos mediante el acoplamiento de diferentes modelos de oleaje a las salidas de los modelos climáticos (CMIP5 o CMIP6), tales como es el caso del experimento COWCLIP (Morim et al., 2020) u otros trabajos que han utilizado un número más reducido de modelos a escala global (Casas-Prat et al., 2018). Por lo tanto, las fuentes utilizadas en este trabajo van a ser fundamentalmente bibliográficas.

Un artículo (Casas-Prat et al., 2018) que emplea 5 modelos del repositorio CMIP5 para forzar un modelo de olas empleando el escenario RCP8.5 indica (Figura 11 del artículo) un **giro en la dirección del reloj significativo al 95% de confianza en la dirección de propagación del oleaje** en el período 2081-2100 respecto al periodo 1979-2005.

Morim et al., (2019), en un artículo basado en dos escenarios del repositorio CMIP5 (RCP4.5 y RCP8.5) que se han obtenido a partir del uso de los resultados de 148 modelos climáticos diferentes claramente muestran (Figura 2 del artículo) que **se espera que la dirección de propagación del oleaje gire en el sentido de las agujas del reloj**, aunque la señal no es robusta al 95% de confianza.

Este parámetro no se considera de especial relevancia en el caso del arrecife artificial, ya que su ubicación esperada en la cala de Errotatxu indica que las olas que se propaguen fuera de la dirección NW (predominantes, ver Puertos del Estado, 2022) estarán apantalladas por las puntas Astondo y Askorriaga.

I.3. Incrementos de altura de ola

Los trabajos basados en regionalización estadística de Pérez et al., (2015) que utilizaron regionalización estadística a partir de 42 modelos climáticos indican (Figura 6 del artículo) que para todos los escenarios empleados del repositorio CMIP5 (RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5) y para el horizonte temporal de 2040-2069, se



espera un **descenso de la altura significativa y del período del oleaje en el Cantábrico**.

Bricheno y Wolf (2018) emplean un método dinámico de simulación de olas con un modelo de resolución de 10 km anidado a otro global. El modelo global de olas está anidado a integraciones pertenecientes a los escenarios RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5 del repositorio CMIP5 (modelo EC-Earth), mientras que el modelo de olas de alta resolución está anidado en un experimento Euro-CORDEX generado a partir del mismo modelo global. Los resultados proyectan (Figuras 7 y 8 del artículo) para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 una **disminución de la altura significativa media tanto de verano como de invierno** en la zona en la que se solicita la instalación del arrecife. No obstante, **podría producirse un leve aumento de la altura significativa máxima anual** (Figura 9 del artículo).

Otro artículo (Casas-Prat et al., 2018) que emplea 5 modelos del repositorio CMIP5 para forzar un modelo de olas empleando el escenario RCP8.5 muestra (Figura 8 del artículo) que **la altura de ola significativa media (2081-2100) se espera que disminuya entre 5 y 10 cm (respecto a 1979-2005)** en la costa cantábrica, y este resultado es robusto para los diferentes modelos empleados. Por el contrario, **la altura significativa máxima anual podría sufrir un leve incremento menor de 5 cm, aunque el mismo no es estadísticamente significativo** (Figura 9 del artículo). Por su parte, el período de pico de ola se espera que disminuya en el Cantábrico.

Un estudio (Morim et al., 2019) basado en dos escenarios del repositorio CMIP5 (RCP4.5 y RCP8.5) que se han obtenido a partir del uso de los resultados de 148 modelos climáticos diferentes claramente muestra de forma robusta (Figura 2 del artículo) que se espera que **la media de la altura significativa de ola descienda en 2081-2100 respecto a 1979-2004 para la media anual y que la señal de cambio es más intensa para invierno que para verano**. Aparentemente, descenderá el percentil 99 de la altura significativa, aunque en este parámetro los resultados son menos robustos. También **se espera un descenso del período de ola**.

En un contexto de disminución de altura significativa y período de ola, lo esperable es que haya menor flujo de energía por las olas. Así ha sido reconocido por Patra et al., (2021) en un estudio global en el que han forzado un modelo de olas con vientos de siete modelos globales del CMIP5 en integraciones realizadas de acuerdo con el escenario RCP8.5. Los resultados nuevamente indican un **descenso esperado en el período y en la altura significativa, de lo que se deriva un menor flujo de energía por las olas**.

En consecuencia, se espera que en este punto la infraestructura diseñada no sufra regímenes de olas sustancialmente mayores a los actuales.

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE23e00011662294

CSV

GEISER-ae7d-f4f5-f3b3-45dd-80c3-b997-40e4-2976

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://sede.administracionespublicas.gob.es/valida>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

24/02/2023 13:13:25 Horario peninsular

Validez del documento

Original



GEISER-ae7d-f4f5-f3b3-45dd-80c3-b997-40e4-2976

I.4. Modificación de la duración de temporales

Entendiendo que en este apartado más que la duración temporal de los temporales en días, lo relevante es el período de retorno de extremos, se han analizado los resultados de Meucci et al., (2020), obtenidos a nivel global a partir de un conjunto amplio de resultados de viento superficial del conjunto CMIP5 (siete modelos), empleados para forzar un modelo de oleaje del cual se analizaron las características de los extremos y el cambio del período 2081-2100 respecto a 1979-2005. Se aprecia (Figura 2 del artículo) que los cambios porcentuales en la altura significativa correspondiente a un período de retorno de 100 años son muy débiles, entre un +2% o un -2% para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 sin mostrar significación a un intervalo de confianza del 95% mediante técnicas de bootstrap. Este estudio muestra (Figura 3 del artículo) que se espera o bien una reducción (RCP8.5) del número de eventos sobre el percentil histórico del 90% o que no existan cambios (RCP8.5) en la frecuencia del percentil histórico del 99.6%. Todo ello indica que **en la costa cantábrica se espera menor impacto de eventos extremos de oleaje** (Figura 4 del artículo).

Desde el punto de vista de los eventos extremos, Lobeto et al. (2021) realizaron un análisis mediante el uso de un modelo de olas forzado por siete modelos climáticos globales pertenecientes al escenario RCP8.5. Los **cambios esperados en la altura significativa con un período de retorno de 20 años son nulos o negativos** (Figura 2 del artículo) para el periodo 2081-2100 respecto al periodo 1986-2005, no siendo significativos al 95%. Se esperan también en este estudio **descensos** (Figura 3 del artículo) **en la altura significativa media** en la zona donde se solicita la instalación del arrecife.

Medidas de adaptación.

Se resumen a continuación los cambios esperados en la zona donde se pretende instalar el arrecife:

- Aumento del nivel del mar en torno a 0.2 m.
- Cambios en la dirección de propagación del oleaje, pero no se espera que sean importantes, ya que el arrecife diseñado se ubicará en un punto protegido por dos puntas de la costa (Astondo y Askorriaga).
- Descenso en los valores medios de la altura significativa de ola, aunque podría haber un leve repunte de los valores máximos, si bien la energía asociada a las olas va a disminuir
- Menor impacto esperado de eventos extremos.

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE23e00011662294

CSV

GEISER-ae7d-f4f5-f3b3-45dd-80c3-b997-40e4-2976

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://sede.administracionespublicas.gob.es/valida>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

24/02/2023 13:13:25 Horario peninsular

Validez del documento

Original



GEISER-ae7d-f4f5-f3b3-45dd-80c3-b997-40e4-2976

En consecuencia, si bien se recomienda realizar revisiones periódicas (cada 2 años) del estado de las instalaciones del arrecife artificial en referencia al nivel medio del mar o la aparición de temporales intensos de olas, con el fin de evitar los problemas que pudieran derivarse en el futuro, no se estima que el cambio climático pueda ser un problema grave para el arrecife artificial en un plazo medio (hasta 2050 al menos).

Referencias

Bricheno, L. M., and Wolf, J. (2018). Future wave conditions of Europe, in response to high-end climate change scenarios. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 123, 8762– 8791. <https://doi.org/10.1029/2018JC013866>

Casas-Prat, M., Wang, X.L., Swart, N. (2018) CMIP5-based global wave climate projections including the entire Arctic Ocean, *Ocean Modelling*, 123: 66-85, <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2017.12.003>

Gutiérrez, J.M., R.G. Jones, G.T. Narisma, L.M. Alves, M. Amjad, I.V. Gorodetskaya, M. Grose, N.A.B. Klutse, S. Krakovska, J. Li, D. Martínez-Castro, L.O. Mearns, S.H. Mernild, T. Ngo-Duc, B. van den Hurk, and J.-H. Yoon, 2021: Atlas. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.) (2022). Cambridge University Press. In Press. Interactive Atlas available from Available from <http://interactive-atlas.ipcc.ch/>

Lobeto, H., Menéndez, M., Losada, I. J. (2021) Future behavior of wind wave extremes due to climate change, *Scientific Reports*, 11:7869, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86524-4>

Meucci, A., Young, I. R., Hemer, M., Kirezci, E., Ranasinghe, R. (2020) Projected 21st century changes in extreme wind-wave events, *Science Advances*, 6:eaaz7295, <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz7295>

Morim, J., Trenham, C., Hemer, M., Wang, X. L., Mori, N., Casas-Prat, M., Semedo, A., Shimura, T., Timmermans, B., Camus, P., Bricheno, L., Mentaschi, L., Dobrynin, M., Feng, Y., Erikson, L., (2020) A global ensemble of ocean wave climate projections from CMIP5-driven models, *Scientific Data* 7:105, <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0446-2>

Morim, J., Hemer, M., Wang, X. L., Cartwright, N., Trenham, C., Semedo, A., Young, I., Bricheno, L., Camus, P., Casas-Prat, M., Erikson, L., Mentaschi, L., Mori, N.,



Shimura, T., Timmermans, B., Aarnes, O., Breivik, Ø., Behrens, A., Dobrynin, M., Menendez, M., Staneva, J., Wehner, M., Wolf, J., Kamranzad, B., Webb, A., Stopa, J., Andutta, F. (2019) Robustness and uncertainties in global multivariate wind-wave climate projections, Nature Clim. Change 9:711-718, <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0542-5>

Patra, A., Min, S.-K., Son, S.-W., Yeh, S.-W. (2021) Hemispheric Asymmetry in Future Wave Power Changes: Seasonality and Physical Mechanisms, J. Geophys. Res. Oceans, 126:e2021JC017687, <https://doi.org/10.1029/2021JC017687>

Pérez, J., Menéndez, M., Camus, P. Méndez, F. J., Losada, I. J. (2015) Statistical multi-model climate projections of surface ocean waves in Europe, Ocean Modelling 96:161-170, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocemod.2015.06.001>

Puertos del Estado. Clima Medio de Oleaje. Boya de Bilbao-Vizcaya. Conjunto de Datos: Red exterior, COD. B.D. 2136, Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado. Area de Medio Físico. Consultada en <https://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx> el 3 de octubre de 2022.



Anexo II. Estudio básico de dinámica litoral.

A efectos de los puntos requeridos por el artículo 93 del RD 876/2014, se emplea en todos los casos necesarios bibliografía de uso común o conjuntos de datos disponibles públicamente en repositorios abiertos tales como el servidor de datos de Puertos del Estado y similares.

II.1. Estudio de la capacidad de transporte litoral.

El arrecife diseñado se sustenta sobre ocho bloques de hormigón de 1.5m x 1.5 m de sección horizontal separados entre sí una distancia mínima de 9,25 m de centro a centro. Por todo ello, se estima que la sección eficaz de la estructura no afectará de forma sensible a los procesos de transporte litoral, dado que, además, en esa zona el suelo muestra de forma natural piedras de tamaños similares procedentes de los acantilados (Figura 2). Una perspectiva de mayor distancia muestra (Figura 3) que en la cala Errotatxu existen de forma natural formaciones rocosas de mucho mayor tamaño que las que se pretenden colocar, por lo que se puede decir que en este apartado, el impacto va a ser despreciable respecto al estado natural.



Figura 2. Fotografía que muestra el estado natural de la cala Errotatxu, con bloques de piedra en el fondo caídos del acantilado.

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE23e00011662294

CSV

GEISER-ae7d-f4f5-f3b3-45dd-80c3-b997-40e4-2976

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://sede.administracionespublicas.gob.es/valida>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

24/02/2023 13:13:25 Horario peninsular

Validez del documento

Original



GEISER-ae7d-f4f5-f3b3-45dd-80c3-b997-40e4-2976



Figura 3. Perspectiva de los fondos de la cala Errotatxu más lejos de la costa.

II.2. Balance sedimentario y evolución de la línea de costa, tanto anterior como previsible.

Las únicas estructuras fijas de la obra planteada son, como se ha dicho previamente, ocho bloques de hormigón de pequeño tamaño (1.5m x 1.5m de sección horizontal) que se fondearán a 15 m-18 m de profundidad. Por tanto, se estima que no se van a producir afecciones a la línea de costa tal y como ya está establecida en la actualidad.

II.3. Clima marítimo, incluyendo estadísticas de oleaje y temporales.

Dado que la estructura que se pretende colocar es de muy pequeño tamaño en lo que son las partes fijas, se estima que no se van a producir afecciones al clima marítimo más allá de las determinadas por cambios climáticos externos no relacionados con el arrecife artificial, ya expuestos en el Anexo I.

II.4. Batimetría hasta zonas del fondo que no resulten modificadas.

La infraestructura que se plantea tiene un impacto mínimo sobre la batimetría, ya que no entraña la construcción de grandes elementos fijos, más allá de ocho

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE23e00011662294

CSV

GEISER-ae7d-f4f5-f3b3-45dd-80c3-b997-40e4-2976

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://sede.administracionespublicas.gob.es/valida>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

24/02/2023 13:13:25 Horario peninsular

Validez del documento

Original



GEISER-ae7d-f4f5-f3b3-45dd-80c3-b997-40e4-2976

bloques de hormigón de 5000 kg de 2.25 m² de área de base (aproximadamente un metro y medio de altura). Estos bloques se encontrarán debajo del arrecife artificial y no afectarán a la navegación en la zona fuera de lo que es el propio arrecife.

II.5. Naturaleza geológica de los fondos.

El arrecife se construirá sobre terreno litoral catalogado como fondo mixto rocoso/sedimentario (arenoso) de composición principalmente carbonatada (Garrote Ruiz et al., 1987;)

II.6. Condiciones de la biosfera submarina y efectos sobre la misma.

El arrecife artificial se diseña por expertos en biología oceánica para promover la vida marina en la zona, por lo que se puede afirmar que no se esperan efectos negativos sobre la biosfera submarina derivados de esta instalación.

II.7. Recursos disponibles de áridos y canteras.

La obra civil que se plantea no requiere áridos, más allá de 27 m³ de bloques de hormigón, por lo que este apartado no es relevante en el caso de la solicitud presente.

II.8. Plan de seguimiento de las actividades propuestas.

Dada la falta de afecciones al ecosistema o los fondos marinos identificados hasta el momento, no se plantea ningún plan de seguimiento especial, más allá de que los responsables de las instalaciones realicen visitas periódicas (una vez cada tres meses al menos, si las condiciones de la navegación lo permiten) para revisar el estado de la instalación y los sistemas de balizamiento (y en el futuro la calibración del instrumental científico que se pudiera eventualmente colocar) con el fin de mantener la infraestructura en buen estado y para evitar riesgos a las personas y la navegación.

II.9. Propuesta para la minimización de la incidencia de las obras.

No se plantea ninguna obra de gran carácter más allá de la fijación de los bloques de los fondeos, por lo que este punto no afecta a la solicitud.

Referencias

Galparsoro, I.; G. Rodríguez; Á. Borja; I. Muxika, 2009. Elaboración de mapas de hábitats y caracterización de fondos marinos de la plataforma continental vasca. Informe inédito elaborado por AZTI-Tecnalia para el Dirección de Biodiversidad;

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE23e00011662294

CSV

GEISER-ae7d-f4f5-f3b3-45dd-80c3-b997-40e4-2976

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://sede.administracionespublicas.gob.es/valida>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

24/02/2023 13:13:25 Horario peninsular

Validez del documento

Original



GEISER-ae7d-f4f5-f3b3-45dd-80c3-b997-40e4-2976

Viceconsejería de Medio Ambiente; Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, 74 pp. Obtenido de https://www.euskadi.eus/informe_estudio/elaboracion-de-mapas-de-habitats-y-caracterizacion-de-fondos-marinos-de-la-plataforma-continental-vasca/web01-a2ingdib/es/ el 3 de Octubre de 2022.

Garrote Ruiz, A., García Portero, J., Muñoz Jiménez, L., Arriola Garrido, A., Eguiguren Altuna, E., García Pascual, I., Garrote Ruiz, R., García Mondéjar, J., Pujalte Navarro, V. (1987) Mapa geológico del País Vasco a escala 1/25000, Hoja 37-II Armintza.

ÁMBITO- PREFIJO	CSV	FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO
GEISER	GEISER-ae7d-f4f5-f3b3-45dd-80c3-b997-40e4-2976	24/02/2023 13:13:25 Horario peninsular
Nº registro	DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN	Validez del documento
REGAGE23e00011662294	https://sede.administracionespublicas.gob.es/valida	Original

