

# Guía sobre instrumentación y monitorización de estructuras

Elaborada por:

# ARPHO

Asociación de Reparación, Refuerzo  
y Protección del Hormigón

En colaboración con:



La **Guía sobre instrumentación y monitorización de estructuras** es un proyecto de:

**ARPHO**

Asociación de Reparación, Refuerzo  
y Protección del Hormigón

ARPHO - Asociación de Reparación, Refuerzo y Protección del Hormigón

Tel.: (+34) 911 873 521

E-mail: [info@arpho.org](mailto:info@arpho.org)

Web: [www.arpho.org](http://www.arpho.org)

Fecha: Octubre de 2022

ISBN: 978-84-18761-53-9

Páginas: 84

Formato:

La publicación está disponible **on-line** en el sitio web de la asociación

Consulte disponibilidad y precios de la publicación **impresa** en el sitio web de la asociación

Más información en [www.arpho.org/guia-monitorizacion](http://www.arpho.org/guia-monitorizacion)

© *ARPHO - Asociación de Reparación, Refuerzo y Protección del Hormigón*

*Todos los derechos de esta publicación están reservados y pertenecen a la asociación ARPHO, a sus miembros y al resto de entidades colaboradoras.*

*Todas las entidades participantes en la elaboración de esta publicación han hecho un gran esfuerzo por asegurar que toda la información contenida en la presente guía es correcta y precisa, pero no aceptan responsabilidad alguna por los errores ni por los perjuicios de cualquier clase que pudiera originar el uso y aplicación del contenido de esta publicación.*

*Esta publicación se ha elaborado para ser utilizada por técnicos con capacidad para evaluar su contenido y cada lector asume la responsabilidad del uso de la información del presente documento.*

*Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o distribuirse de ninguna forma, ni por ningún medio sin la previa autorización por escrito de los autores de la publicación.*

Esta publicación ha sido coordinada por:



Tel: (+34) 912 772 037

E-mail: [info@rabuso.com](mailto:info@rabuso.com)

Web: [www.rabuso.com](http://www.rabuso.com)

# 1. Presentación institucional

La Guía sobre instrumentación y monitorización de estructuras que el lector tiene entre sus manos pretende adentrarle en un tema del máximo interés para quienes trabajamos en el mundo de las infraestructuras del transporte.

La Dirección General de Carreteras del MITMA entiende la instrumentación y monitorización de las estructuras como una actividad esencial para vigilar y contribuir a asegurar su correcto funcionamiento y le dedica un esfuerzo material y humano muy importante.

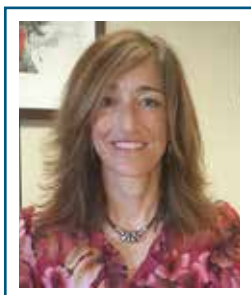
El enfoque de la DGC se basa en una visión integral de la vida de las estructuras, que comprende su concepción en la fase de proyecto, pasa por su construcción y se prolonga a lo largo de su vida en servicio, todo ello dentro de la Red de Carreteras del Estado que contribuye de manera esencial a la vertebración de España.

El proyecto de las estructuras de la RCE se lleva a cabo mediante la aplicación directa de las normas más avanzadas que existen, los Eurocódigos, en cuyos equipos redactores se integran algunos de nuestros especialistas. Los Eurocódigos, utilizados como código estructural único en toda Europa, dan cobertura a las necesidades de proyecto en la RCE (que comprende gran cantidad de tipologías) y gozan de la gran ventaja de constituir un marco normativo completo y coherente para los distintos materiales y tipologías estructurales, en el que se encuentra además perfectamente encajado el proyecto geotécnico.

Por otra parte, la DGC viene realizando monitorizaciones de estructuras en tiempo real desde que la tecnología digital lo hizo posible a través del uso generalizado de ordenadores personales en la década de los 80 del siglo pasado. Durante muchos años se han controlado de esta forma procesos constructivos complejos y, más recientemente, las monitorizaciones estructurales se han utilizado para el seguimiento del comportamiento en servicio de algunos puentes, a los que se han sumado laderas y obras geotécnicas. La experiencia adquirida con todas estas actuaciones ha favorecido la innovación en este campo y ha permitido la mejora y avance de la normativa estructural.

Este proceso ha culminado con la puesta en marcha en 2021 de la Plataforma “Celosía” (regulada por la Orden Circular 2/2021) para el seguimiento y análisis en tiempo real de estructuras, en la que se integran todos los sistemas de instrumentación dispuestos en los puentes y obras geotécnicas de la RCE. La Plataforma “Celosía”, compatible con cualquier tecnología de medida, aporta un sistema común de transmisión y visualización de datos y unas herramientas de análisis -accesible todo ello a los técnicos involucrados en la vigilancia estructural de cada obra- cuyo objetivo es, en última instancia, constituir una herramienta de ayuda a la toma de decisiones.

Animamos a la comunidad ingenieril española a adentrarse en el mundo de la instrumentación y monitorización de estructuras para contribuir a que nuestro patrimonio vial sea más seguro y eficiente, lo que sólo se podrá llevar a cabo con el compromiso de todos.



**Dña. Mª del Rosario Cornejo Arribas**

**Directora Técnica de la Dirección General de Carreteras del MITMA**

**Presidenta de la Asociación Técnica de Carreteras**

<b>1. Presentación institucional</b> .....	3
<b>2. Índice de contenidos</b> .....	4
<b>3. Introducción</b> .....	6
3.1. Alcance y función de la guía .....	6
3.2. Público objetivo .....	6
<b>4. Glosario – Definiciones</b> .....	7
<b>5. Integridad, envejecimiento y deterioro de estructuras</b> .....	13
5.1. ¿Qué implican la integridad y el envejecimiento de las estructuras? .....	13
5.2. ¿Cuáles son los mecanismos de degradación más frecuentes que aparecen en las estructuras de hormigón? .....	16
5.3. ¿Pueden aparecer problemas más allá de los relacionados con su envejecimiento? .....	18
5.4. ¿Cómo pueden identificarse eventuales problemas que aparezcan en las estructuras? .....	18
5.5. ¿Cómo pueden cuantificarse dichos problemas? .....	19
<b>6. Vigilancia de estructuras de hormigón y extensión de vida útil</b> .....	21
6.1. ¿Cuáles son las estrategias más habituales para la vigilancia de estructuras? .....	21
6.2. ¿Qué ensayos se suelen realizar con mayor frecuencia en las inspecciones especiales? .....	24
6.3. ¿Qué acciones pueden llevarse a cabo para extender al máximo la vida útil de las estructuras de hormigón? .....	24
<b>7. Instrumentación - Sistemas de detección y adquisición de datos</b> .....	26
7.1. ¿Qué es y en qué consiste la instrumentación de estructuras? .....	26
7.2. ¿Qué sistemas de detección y adquisición de datos existen y qué medidas se pueden obtener con ellos? .....	27
7.3. ¿Cómo puede realizarse la transmisión de datos en los distintos sistemas existentes? .....	29
<b>8. Monitorización de estructuras</b> .....	31
8.1. ¿En qué consiste la monitorización de la integridad estructural? .....	31
8.2. ¿De qué fases consta la monitorización de estructuras? .....	33
8.3. ¿En qué estructuras se puede llevar a cabo una monitorización? .....	33
8.4. ¿Cuál es el papel de la monitorización en la seguridad y la gestión de estructuras? .....	34
8.5. ¿Cómo debe realizarse un proyecto de monitorización? .....	34
8.6. ¿Cuáles deben ser la periodicidad y la frecuencia de adquisición de datos? .....	36
8.7. ¿Qué precisiones deben tener sistemas de detección y adquisición de datos? .....	37
8.8. ¿Cómo se integran monitorización y durabilidad de estructuras? .....	37
8.9. ¿Qué ventajas ofrecería la implantación de la tecnología IoT? .....	38

<b>9. Costes de la instrumentación y monitorización de estructuras</b> .....	39
9.1. ¿Cómo se cuantifican los costes de mantenimiento de una estructura? .....	39
9.2. ¿Cuáles son los costes de instalación y mantenimiento de los sistemas de monitorización? .....	40
9.3. ¿Cuáles son los costes de instalación de sistemas de alimentación para instalaciones de instrumentación en continuo? .....	41
<b>10. Gestión de riesgos en estructuras existentes</b> .....	42
10.1. ¿Qué son los niveles de riesgo estructural y qué debe tenerse en cuenta al respecto? .....	42
10.2. ¿Cómo puede emplearse la monitorización para la gestión de riesgos de las estructuras? .....	46
10.3. ¿Cómo influye la monitorización en el aseguramiento de las estructuras? .....	48
10.4. ¿En qué consiste la verificación de estados límite para prolongar la de vida útil de las estructuras? .....	48
<b>11. Interpretación de resultados en la monitorización de estructuras</b> .....	50
11.1. ¿Cómo influyen los efectos ambientales en los datos de medición? .....	50
11.2. ¿En qué consiste la actualización de modelos y qué objetivos persigue? .....	50
11.3. ¿Qué son los gemelos digitales o digital twins? .....	52
<b>12. Modelo de Anejo de Instrumentación y Monitorización para proyectos de estructuras de hormigón</b> .....	53
<b>13. Monitorización – Mantenimiento – Gestión</b> .....	54
13.1. ¿Cómo puede integrarse la monitorización en los programas de mantenimiento de estructuras? ..	54
13.2. ¿Qué son y en qué consisten los sistemas de toma de decisiones basados en datos? .....	55
13.3. ¿Qué aportan a la sostenibilidad de las estructuras los sistemas de monitorización? .....	56
<b>14. Conclusiones y reflexiones sobre el futuro</b> .....	57
<b>15. Bibliografía</b> .....	58
<b>16. Agradecimientos</b> .....	60
<b>17. Información de interés</b> .....	61
17.1. Índice de publicidad .....	61
17.2. Directorio de empresas .....	62
<b>17. Certificación de especialistas</b> .....	74
<b>18. Otras publicaciones</b> .....	76
<b>19. Sobre ARPHO</b> .....	78
19.1. La asociación .....	78
19.2. ¿Qué hace ARPHO? .....	78
19.3. Publicaciones, certificación, formación y actividades .....	80
19.4. Participar en ARPHO .....	82