

## **INSPECCIONES DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN – APLICACIÓN DE LA NORMA AUSTRIACA ONR 24810**

**José Manuel Carrillo Onieva (1), Theo Löpfe (2)**

(1) V-INSPEKTOR, S.L.  
Gerente  
jose.carrillo@v-inspektor.com

(2) DESNIVEL GROUP GmbH  
Gerente Grupo  
theo@grupodesnivel.com

### **RESUMEN**

*Después de varias décadas en las que se han instalado barreras dinámicas y sistemas de estabilización de taludes en España, resulta que se desconoce el estado de servicio de la inmensa mayoría de las actuaciones, con la ausencia de inspección y mantenimiento, se carece de información sobre el estado de salud y funcionamiento de barreras, mallas, gunita o anclajes. Factores como la meteorología, el desgaste, la corrosión, impactos, desprendimientos, acciones por el hombre o la caducidad técnica de una actuación ocasionan una disminución o el fallo de la operatividad de la instalación. En definitiva, las soluciones en taludes y laderas requieren de inspección, mantenimiento y un nuevo análisis de riesgos para garantizar su servicio y prolongar su vida útil. En España actualmente no existe una normativa al respecto, sin embargo, se recomienda aplicar la normativa austriaca ONR 24810 que define los conceptos y sirve de guion para inspección y mantenimiento.*

### **1. INTRODUCCIÓN**

Todas las instalaciones de sistemas de estabilización de taludes y/o protección contra desprendimientos necesitan un mantenimiento e inspección para su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil. Pero la mayoría de las instalaciones desde su ejecución no han tenido inspección o si la han tenido posiblemente sea por personal no especializado.

Actualmente en España no existe una normativa para la realización de estas inspecciones, es por ello que en este artículo nos basamos en la ONR 24810 de la normativa austriaca “Protección contra los desprendimientos de rocas - Términos y definiciones, efectos, cálculos de estructuras, monitoreo y mantenimiento”. Además, existe un procedimiento establecido de Operación, Inspección y Mantenimiento (OIM) que permite comprobar de manera individual todos los componentes de estos sistemas.

La ONR 24810 tiene como áreas de aplicación los procesos de planificación, ejecución y mantenimiento para medidas u obras de protección contra el desprendimiento de rocas.

Las medidas que son tratadas en esta ONR son las siguientes:

- Estabilización directa de rocas, barreras dinámicas, diques y galerías de protección contra las caídas de rocas.
- anclajes (elemento tirante pretensado con zona de longitud libre),
- bulones (elemento tirante no pretensado).
- redes de estabilización directa con soportes puntuales.

Esta ONR tiene como finalidad evaluar las amenazas de caídas de rocas sobre construcciones que puedan resultar afectadas, instalaciones o infraestructuras, como también el dimensionamiento de las medidas de protección, en nuestro caso tendremos como referencia principal esta norma para la inspección y mantenimiento de estos sistemas brindando las bases de un procedimiento uniforme para la supervisión y mantenimiento de estas estructuras de protección.

A través de estas inspecciones y mantenimiento se trata de alargar la vida útil de las infraestructuras.

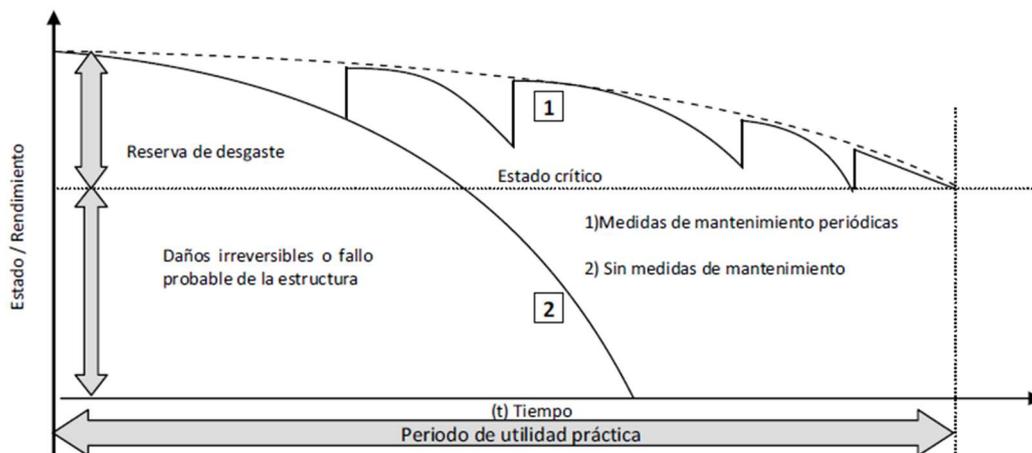


Figura 1. Representación del estado de mantenimiento de estructuras protectoras en caso de medidas de mantenimiento periódico y/o descuidadas durante su funcionamiento.

## 2. DEFINICIONES

- Inspección:

Tareas para determinar y evaluar el estado actual de una estructura, incluyendo la determinación de las causas de desgaste y las consecuencias necesarias que de ello se derivan para su utilidad en el futuro.

- Manutención; mantenimiento:

Combinación de medidas técnicas y administrativas, como también medidas de gestión y dirección durante la vida útil de una estructura de protección.

- Mantenimiento correctivo o reparación; mantenimiento estructural

Medidas que restituyen la funcionalidad de una estructura de protección en caso de que está presente alteraciones o restricciones que fueron ocasionadas, por ejemplo, por daños, deficiencias estructurales, otras alteraciones de las funciones o como consecuencia de un acontecimiento extremo.

El mantenimiento correctivo o la reparación comprende aquellas medidas arquitectónicas a pequeña

escala en las barreras dinámicas de protección contra caída de rocas que no modifican la funcionalidad ni la clase de estructura, como por ejemplo el cambio o intercambio de elementos de freno, lazos o partes de la barrera que ya no funcionan, o la rehabilitación de los cráteres de impacto en los diques protectores contra caída de rocas.

- Vida útil:

La vida útil asumida para las barreras dinámicas según EAD-340059-00-0106 es de 25 años bajo condiciones ambientales normales (clase de corrosividad C2). Bajo condiciones ambientales agresivas (clase C3) esta debería ser al menos de 10 años.

Para ello se deben considerar las especificaciones en las Aprobaciones Técnicas Europeas.

La vida útil asumida para productos certificados según EAD-340059-00-0106 es de al menos 25 años. La vida útil se asume sin el impacto de un cuerpo rocoso.

Por lo tanto, se debe examinar durante y después del transcurso de estos años en el marco de supervisión, control y mantenimiento, si aún se encuentra garantizada y asegurada la funcionalidad del sistema.

### **3. ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO**

El mantenimiento de estas estructuras debe seguir una estrategia que defina el momento y la extensión de las medidas y se rige por los requerimientos de seguridad y efectividad de protección, la cantidad de estructuras, su categoría y los recursos económicos disponibles.

Diferenciándose las siguientes estrategias:

- Estrategia previsor y preventiva:

Es una estrategia que se basa en las medidas menores y determinadas de antemano que se lleva a cabo a través de procedimientos establecidos.

- Estrategia preventiva debida al estado:

Las medidas de mantenimiento se establecen dependiendo del estado. Esto presupone la supervisión constante del estado de las estructuras y sistemas de estabilización.

- Estrategia correctiva a medio/largo plazo:

Es aquella estrategia que establece las medidas de mantenimiento cuando la infraestructura alcanza un estado crítico para su funcionalidad. Se aprovecha el desgaste de la infraestructura al máximo.

- Estrategia correctiva a corto plazo:

Las medidas correctivas se realizan cuando se presenta un peligro de pérdida inmediata de funcionalidad o un fallo de la estructura. Este fallo puede ser irreversible llegando a la sustitución de la infraestructura y/o sistema.

La estrategia previsor, preventiva debido al estado, o correctiva a medio o largo plazo es

admisible para todas las estructuras protectoras cuando esto está en concordancia con los requerimientos de seguridad. La estrategia correctiva a corto plazo solo es admisible en casos excepcionales fundamentados, si por medio de ella no se reduce el efecto protector.

Actualmente en estos sistemas al no existir una normativa propia en España, las estrategias mas comunes llevadas a cabo por los beneficiarios de estas infraestructuras son la estrategia correctiva a medio/largo plazo y la estrategia correctiva a corto plazo.

Cuando a nivel coste beneficio y por seguridad, debería optarse por estrategias previsoras y estrategias preventivas.

Estas definiciones tienen la ambigüedad de definir que es corto, medio y largo plazo, pudiendo definirse de la siguiente manera:

Corto Plazo: Inmediato o el tiempo necesario para intervenir en una obra de emergencia.

Medio Plazo: No es inmediato y dispone de un tiempo aproximado entre 2 y 6 meses.

Largo Plazo: Tiempo superior a 6 meses, conlleva una planificación.

#### 4. INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO

Dentro de las inspecciones las actividades principales se dividen en la observación del estado y en la evaluación del estado.

Una vez realizada una inspección se ha de evaluar las medidas de mantenimiento, renovación y/o modificación de las medidas (debido a un nuevo análisis de riesgos que detecte nuevos o incremento de los mismos).

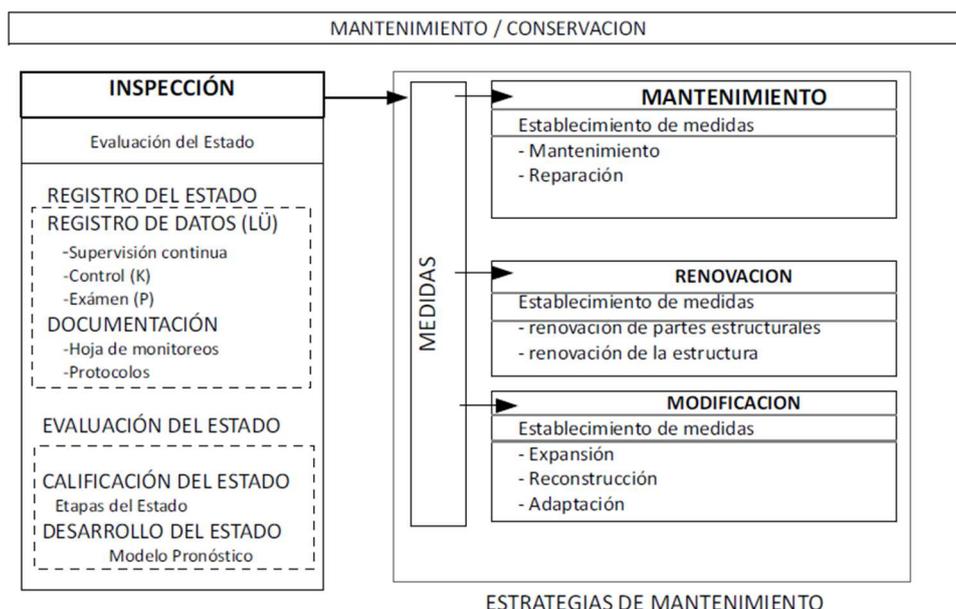


Figura 2. Términos fundamentales de la gestión de mantenimiento de estructuras en el ámbito de la estabilización de taludes y/o protección contra caída de rocas.

La inspección por sí sola no comprende las actividades de modificación, conservación o mejoras del sistema, por lo que no es suficiente para mantener la funcionalidad.

Cuando se detectan desperfectos, desgastes o falta de elementos, durante la inspección esta nos sirve para asegurar a eficacia y la seguridad de funcionamiento de la estructura.

Las inspecciones se dividen en 2 fases el registro del estado y la evaluación del mismo.

Fase registro de estado comprende los instrumentos operativos y los instrumentos de documentación, se inspecciona el estado actual de la estructura, localización, función, medidas, materiales usados y sus características, analizándose los datos registrados creando una base de datos de los elementos principales de la estructura y su estado actual.

Fase de evaluación donde con los datos obtenidos de la fase de registro se puede dar pronostico acerca de su evolución futura y las consecuencias para la vida útil establecida.

Cada fase tiene una serie de instrumentos para su correcto desarrollo:

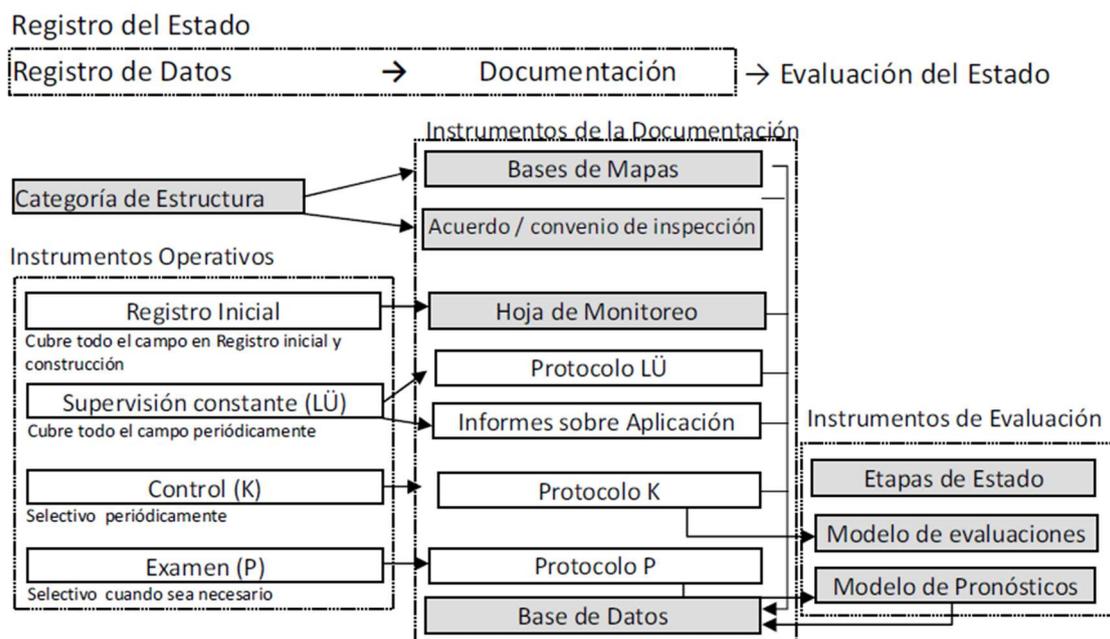


Figura 3. Instrumentos de inspección.

## 5. INSTRUMENTOS OPERATIVOS

### ○ Registro Inicial:

Se trata de un registro inicial con las características de la estructura y su ubicación exacta. En esta etapa inicial también se incluye un informe/protocolo de control (K).

○ Inspección y supervisión continua:

La inspección continua nos sirve para comprobar el estado de las estructuras y la determinación de reducciones de la capacidad del sistema a causa de desprendimientos, esta inspección más rutinaria a de ser realizada por personal capacitado.

Estas inspecciones continua mínimo se deben de realizar anualmente, a menos que exista un sistema de monitoreo continuo instalado en la estructura.

Si durante esta inspección continua se detecta un impacto y/o deslizamiento este debe ser inspeccionado y registrado, cuando además se puede deducir una reducción en la eficacia de la estructura se deberá de reparar de inmediato y si es necesario realizar una inspección de control por personal cualificado en un plazo de seis meses.

○ Control:

Las inspecciones y/o protocolos de control de las estructuras tiene como objetivo la evaluación del estado de mantenimiento de los sistemas y estructuras de protección. Estas visitas han de ser efectuadas por personal capacitado o por expertos profesionales. Se han de realizar con un intervalo de tiempo máximo de 10 años, siendo el máximo de 5 años para consecuencia de daños tipo CC3 y de 7 para consecuencia de daños tipo CC2. Hay que tener en cuenta que estos intervalos de tiempo son para las condiciones climáticas de Austria y sirven de referencia, pero que estos intervalos se pueden acortar dependiendo de ambiente de corrosión de lugar donde se sitúa el sistema.

	Efectos sobre las áreas protegidas		
	altos	intermedios	bajos
Efectos sobre el grupo de medidas o el conjunto de medidas	Áreas densamente pobladas, núcleos de población, importantes instalaciones de infraestructura, vías de comunicación suprarregionales; Alto riesgo para personas: p ej. tribunas, estructuras públicas con altas consecuencias por fallo, como salas de conciertos	Áreas no densamente pobladas, estructuras individuales, vías de comunicación regionales; riesgo intermedio para personas p. ej. casas u oficinas, estructuras públicas con consecuencias intermedias por fallo, como edificios con oficinas	Construcciones secundarias, infraestructura subordinada, vías de comunicación no significantes; bajo riesgo para personas, p. ej. estructuras agrícolas sin paso regular de personas, como bodegas, invernaderos
Altos (efectos sobre todas las estructuras – fallo en serie)	CC3	CC3	CC3
Intermedios	CC3	CC3	CC2
Bajos	CC3	CC2	CC1

Tabla 1. Relación entre los efectos sobre el grupo de medidas, o bien, al conjunto de medidas y las áreas protegidas en el caso de un fallo de la estructura y las clases de consecuencias de daños

El primer control de estructuras reconstruidas debe hacerse antes del vencimiento del plazo de garantía (al menos dentro de periodo de garantía de la construcción), para poder registrar defectos a tiempo. Para la remediación de defectos descubiertos se debe efectuar inmediatamente una reclamación.

En caso de que una inspección continua y un control se deban efectuar en el mismo año, entonces el control reemplaza a la inspección continua.

Cuando estas estructuras se sitúen en lugares de difícil acceso y la supervisión continua por personal capacitado no pueda realizarse, se deberá realizar una inspección de control realizada por personal especializado y profesional con capacidad de acceder a estas zonas de difícil acceso.

Si se dispone de equipos de medición instalado en la estructura, se deben incluir los resultados de dichas mediciones para su evaluación. (equipos como células de carga, medidor de corrosión, sistema Guard)

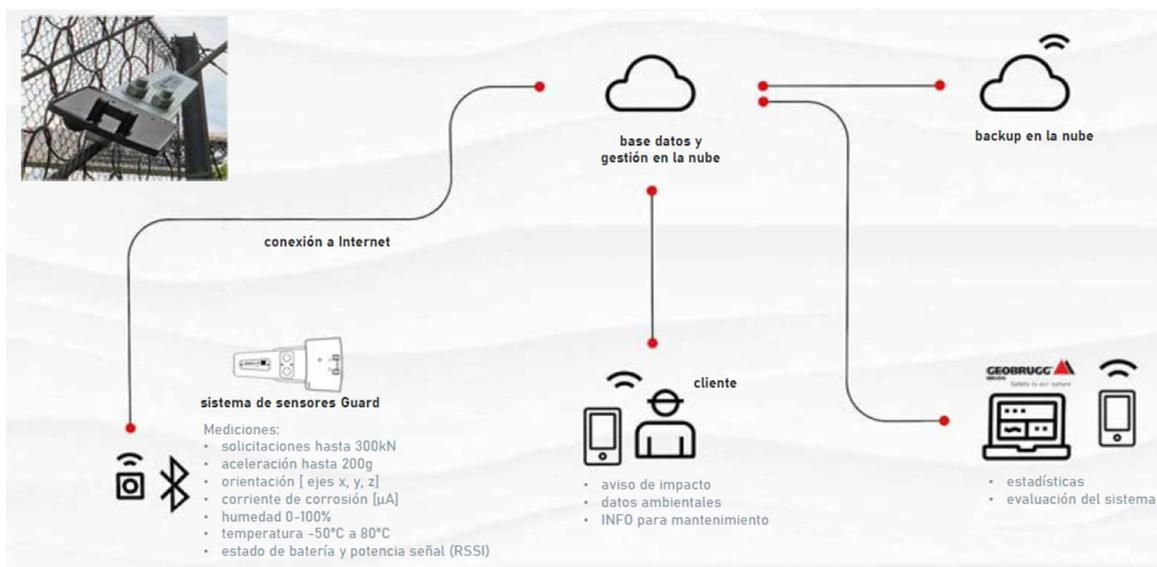


Figura 4. Ejemplo Sistema Guard Geobruigg.

Sistemas como Guard, tienen sensores capaces de medir solicitaciones hasta 300 Kn, aceleración hasta 200g, orientación de los esfuerzos, la corrosión ( $\mu\text{A}$ ), además de parámetros ambientales como la humedad 0-100% y la temperatura  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $80^{\circ}\text{C}$ .

Cuando una actividad de control no permita una calificación clara de los daños, se debe ordenar un examen.

- Examen:

Un examen se debe realizar en todas las estructuras, que no puedan ser evaluadas de manera inequívoca en un control.

Este tipo de inspección se ha de realizar por un experto profesional, de acuerdo a las posibilidades técnicas y de ser necesario de manera interdisciplinar.

Se debe analizar y calificar el estado de la estructura y evaluar el conjunto de medidas.

Si se detectan daños durante la inspección los cuales no se pueden cuantificar con los instrumentos o herramientas comunes empleadas, se ha de aplicar a solicitud del inspector métodos especiales. (ensayos no destructivos, medición de espesores, etc).

## 6. INSTRUMENTOS DE DOCUMENTACIÓN

Son todos aquellos documentos creados a partir de las inspecciones físicos y/o digitales, los cuales han de estar archivados y guardados en una base de datos y han de ser accesibles para los responsables encargados del mantenimiento de las estructuras.

Estos instrumentos se dividen en:

- Base de Mapas, debe ser similar a un catastro, pero de las estructuras y/o sistemas de estabilización correctamente representadas. Donde cada estructura tiene que tener un número el cual sirva como identificativo para sus hojas de monitoreo posteriores.
- Acuerdo de inspecciones, donde se determina el programa y/o procedimiento de inspección, modo extensión y controles a realizar.
- Hoja de monitoreo, documento inicial donde se especifican los datos técnicos básicos de la estructura como, ubicación, medidas, fabricante, año de construcción etc.
- Documento LU, necesario para realizar inspección continua y que sirve para determinar la aptitud de la estructura (tipo check-list de revisión).
- Documento Protocolo K, con el cual se realizan las inspecciones de control, donde se ha de determinar, califican y se deciden las medidas que se tiene que ejecutar para el mantenimiento de la estructura.
- Documento Protocolo P, son los más completos ya que se realizan para inspecciones de tipo Examen, donde se califica la funcionalidad y capacidad de carga de la estructura y se determinan las medidas a efectuar, futuros controles etc.

## 7. CALIFICACIÓN DEL ESTADO

Después de las inspecciones toda estructura debe tener asignado un estado, como por ejemplo se indica en la escala de cinco etapas en la tabla n°2, siendo las etapas más bajas las que mejor es su estado de conservación y mantenimiento.

De estas etapas se deduce las medidas y la urgencia de las mismas.

	<b>Etapas de estado</b>	<b>Explicación</b>
1	Muy buen estado de mantenimiento	Sin restricciones
2	Buen estado de mantenimiento	Pocas restricciones
3	Estado de mantenimiento suficiente	Defectos pequeños
4	Mal estado de mantenimiento	Daños significativos de la protección con funcionalidad restringida
5	Destrucción (perjuicio total)	Funcionalidad no existente

Tabla 2. Etapas de estado de estructuras de protección.

Dentro de la calificación del estado se debe considerar el estado en el momento de la inspección y realizar a su vez un pronóstico sobre la evolución y funcionalidad de la estructura, dependiendo de la vida útil de la misma y los acontecimientos producidos previamente.

<b>Etapas de estado</b>	<b>Seguridad de carga (a)</b>	<b>Utilidad práctica (b)</b>	<b>Margen de tiempo para toma de medidas</b>	<b>Ejemplos para barreras dinámicas de protección contra caída de rocas</b>
1	Apropiado	Apropiado	Largo plazo	- no presenta daños visibles
2	Apropiado	Apropiado	Largo plazo	- posibles señales de leve desgaste - leve corrosión
3	Apropiado	Apropiado	Plazo intermedio	- redes deformadas plásticamente - debido a deformaciones visibles de los elementos de frenado, examen por experto o reemplazo
4	Restringido	Muy restringido	Corto plazo	- anclajes expuestos, anclajes de micropilote doblados - soportes deformados - elementos de frenado muy deformados - altura nominal reducida - rotura de cables, grilletes destruidos, sujetacables - postes de tracción arrastrados - relleno de la red - cordones de soldadura rotos
5	No existe	No existe	Inmediato	- destrucción total
<p>a) en el momento de toma de datos (=seguridad contra alcance del estado límite de la capacidad de carga, pérdida de la estabilidad total de la estructura de soporte)</p> <p>b) en el momento de toma de datos (= funcionalidad de la estructura de protección)</p>				

Tabla 3. Categorización de etapas de estado para estabilidad y utilidad práctica de barreras dinámicas de protección contra caída de rocas en el momento de toma de datos y el margen de tiempo para aparición de desperfectos

Etapa de estado	Seguridad de carga (a)	Utilidad práctica (b)	Margen de tiempo para toma de medidas	Ejemplos para estabilizaciones directas de rocas
1	Apropiado	Apropiado	-	- no presenta daños visibles
2	Apropiado	Apropiado	Largo plazo	- posiblemente señales de leve desgaste
3	Apropiado	Apropiado	Plazo intermedio	- leve corrosión, - leve erosión en las áreas de la roca, - anclaje: daños en la protección contra corrosión - bulones, anclajes de tracción: corrosión claramente visible en área de cabezal, - partes faltantes puntualmente en las redes - hormigón armado: amplias fisuras con armadura corrosiva - hormigón proyectado: deslizamientos pequeños, deshidratación insuficiente
4	Restringido	Muy restringido	Corto plazo	- anclaje arrastrado, anclajes de tracción o bulones arrastrados - anclaje: sin protección contra corrosión - mallas rotas - partes del hormigón armado: expuestas, corrosión grave de armadura - hormigón proyectado: deslizamientos graves en grandes áreas - fuerte erosión en áreas de la roca
5	No existe	No existe	Inmediato	- destrucción total
a) en el momento de toma de datos (=seguridad contra alcance del estado límite de la capacidad de carga, pérdida de la estabilidad total de la estructura de soporte)				
b) en el momento de toma de datos (= funcionalidad de la estructura de protección)				

Tabla 4. Categorización de etapas de estado para estabilidad y utilidad práctica de estabilización de rocas en el momento de toma de datos y el margen de tiempo para aparición de daños en consecuencia

## 8. ENSAYOS DE ANCLAJES

En cuanto a los ensayos la ONR24810 nos indica que al menos cada 8 años se ha de realizar una prueba de extracción en anclajes sin sistemas de supervisión y cada 12 años si existen sistemas de supervisión instalados (como células de carga).

## 9. CONCLUSIONES

Como conclusiones más importantes a tener en cuenta aquí se exponen las siguientes:

Todo sistema/infraestructura y con más importancia aquellos destinados a la seguridad y evitar riesgos sobre las personas deben de tener un mantenimiento e inspección regulada.

Estas inspecciones deben de ser realizadas por personal especializado y cualificado para tal fin.

Deben registrarse todas estas inspecciones y mantenimientos y tener un control documental claro y de fácil acceso para el personal clave, para tener la trazabilidad de la vida útil del sistema/infraestructura.

La normativa ONR24810 a falta de una normativa propia, es una buena herramienta y guía para llevar un control de inspección y mantenimiento de estos sistemas de protección y estabilización de taludes.

Pero no es la única herramienta ya que existen otros procedimientos establecidos e incluso cursos de Operación, Inspección y Mantenimiento de estructuras flexibles de seguridad contra riesgos específicos en los que se analiza de forma individual la durabilidad de cada uno de los componentes de los sistemas y como interactúan en los sistemas globales.

Se ha de tener en cuenta que esta norma ONR24810 se basa en unas condiciones climatológicas de una zona centro europea en la cual no existen grandes variaciones entre regiones, en la península ibérica si existe una enorme variabilidad climatológica entre regiones, teniéndose que adaptar la norma a estas características.

De hay de la importancia de definir correctamente el ambiente corrosivo, según la norma ISO 9223, la cual clasifica los ambientes atmosféricos en seis categorías dependiendo de su corrosividad atmosférica;

Categoría de Corrosión	Masa perdida por unidad de superficie/Perdida de espesor (después de un año de exposición)			
	Acero bajo en carbono		Zinc	
	Masa perdida (g/m <sup>2</sup> )	Espesor Perdido (µm)	Masa perdida (g/m <sup>2</sup> )	Espesor Perdido (µm)
C1 muy Baja	<10	<1,3	<0,7	<0,1
C2 Baja	>10 a 200	>1,3 a 25	>0,7 a 5	>0,1 a 0,7
C3 Media	>200 a 400	>25 a 50	>5 a 15	>0,7 a 2,1
C4 Alta	>400 a 650	>50 a 80	>15 a 30	>2,1 a 4,2
C5 Muy Alta	>650 a 1500	>80 a 200	>30 a 60	>4,2

Tabla 5. Clasificación de ambientes de corrosión atmosférica. Según ISO 9223:2012.

## REFERENCIAS

EAD-340059-00-0106 “Falling rock protection kits”.

ISO 9223:2012 Corrosión de los metales y aleaciones. Corrosividad de atmósferas. Clasificación, determinación y estimación.

Manuel Eicher. 2021 Product Manager Grupo Geobrugg Sistema de monitoreo remoto para soluciones flexibles para la mitigación de riesgos geológicos GEOBRUGG GUARD.

ONR 24810 2013-01-15 Technical protection against rockfall - Terms and definitions, effects of actions, design monitoring and maintenance / hutes de pierre - Termes et définitions, effets, calcul des structures, surveillance at maintenance.