

Inspección de pala con dron · operador con EPI completo

INFORME DE INSPECCIÓN DE PALAS CON DRON

P.E. Sierra de Cabrejas

12 × Vestas V90 · 36 palas · campaña del 12 y 13 de mayo de 2026

GW-DRN-2026-EJ-001
REFERENCIA

19 de mayo de 2026
FECHA DE EMISIÓN

**Propietario del parque
(anonimizado)**
CLIENTE

Rev. 1 · Definitivo
ESTADO

Documento de ejemplo. El parque, las máquinas, las fechas y los hallazgos son ficticios y sirven únicamente para mostrar la estructura y el nivel de detalle de un informe real de Greenwork Technology. La metodología, los criterios de clasificación y los entregables sí son los que aplicamos en cada campaña.

1 · RESUMEN EJECUTIVO

3 hallazgos graves en 36 palas: dos requieren actuación en menos de tres meses y uno, valoración inmediata



● Conclusiones

Se han inspeccionado las 36 palas del parque en dos jornadas, con una parada media de 38 minutos por aerogenerador y cobertura completa de las cuatro caras de cada pala. La IA propuso 18 anotaciones; tras la revisión del especialista se han confirmado 15 hallazgos (3 descartados por suciedad o reflejos) y ninguno alcanza la gravedad 5.

El estado general del parque es **aceptable para su edad (puesta en marcha en 2008)**, con dos patrones claros: erosión de borde de ataque en el tercio exterior de cinco palas y daños relacionados con el rayo en dos receptores de punta. 2 máquinas (WTG-06 y WTG-12) no presentan hallazgos.

Respecto a la campaña de mayo de 2024, 4 de los 7 hallazgos seguidos han evolucionado a peor, 2 se han reparado y cerrado, y aparecen 8 nuevos; parte de ellos son atribuibles a la mayor cobertura de esta campaña frente a la fotografía desde suelo.

● Acciones prioritarias

- ✓ **H-01 · WTG-04 pala B** — Erosión de borde de ataque con fibra expuesta (gravedad 4): reparación en ≤ 3 meses.
- ✓ **H-02 · WTG-07 pala A** — Grieta transversal (gravedad 4): valoración estructural inmediata.
- ✓ **H-03 · WTG-11 pala C** — Receptor de rayo dañado (gravedad 4): reparación en ≤ 1 mes.
- ✓ **Campaña de LEP** en las palas con erosión de gravedad ≥ 2 (WTG-04 B, WTG-02 A, WTG-08 C) en los próximos 6 meses.
- ✓ **Próxima inspección con dron** en 12 meses para medir la evolución de la erosión y verificar las reparaciones.

● Hallazgos por gravedad



● Hallazgos por tipo

Erosión	5
Grieta	2
Rayo / LPS	2
Delaminación	1
Gelcoat / pintura	3
Sellado	1
Otros	1
Total	15

● Estado por aerogenerador



Color según la gravedad máxima de la máquina: verde sin hallazgos o gravedad 1, azul 2, ámbar 3, rojo 4.

2 · PARQUE Y METODOLOGÍA

Dron autónomo con LiDAR, cobertura del 100 % de la pala y revisión por especialista

Datos del parque

Parque	P.E. Sierra de Cabrejas
Ubicación	Soria (Castilla y León) · ubicación ilustrativa
Tecnología	Vestas V90 · rotor de 90 m · pala de 44 m
Aerogeneradores / palas	12 / 36
Puesta en marcha	2008
Campaña anterior	mayo de 2024 · equipo fotográfico convencional desde suelo (teleobjetivo)
Campaña actual	12 y 13 de mayo de 2026 · dron autónomo con LiDAR e imágenes HD
Equipo en campo	1 operador de dron + 1 especialista en palas + 1 técnico del parque (paradas)

Condiciones de la campaña

- ✓ Viento medio entre 4,2 y 6,4 m/s durante los vuelos; sin precipitación y con buena visibilidad.
- ✓ Paradas coordinadas con el operador del parque; pala orientada por el técnico según el procedimiento del fabricante.
- ✓ Ningún vuelo repetido por calidad de imagen; 14.465 imágenes válidas.

Escala de gravedad

NIVEL	DENOMINACIÓN	CRITERIO	ACTUACIÓN RECOMENDADA
1	Cosmético	Sin efecto en integridad ni rendimiento	Seguimiento en la próxima campaña
2	Leve	Daño superficial; sin fibra expuesta	Reparar por oportunidad o en la próxima campaña de cuerdas
3	Moderado	Afecta a la protección (LEP, gelcoat, sellado) o al laminado exterior	Reparar en ≤ 6 meses
4	Grave	Fibra expuesta, grieta estructural o LPS comprometido	Reparar en ≤ 3 meses; valorar limitación de operación
5	Crítico	Riesgo de fallo de la pala	Parada inmediata de la máquina y reparación urgente

Tipos de daño

Erosión de borde de ataque

Grietas

Delaminación

Rayo y LPS / receptores

Gelcoat y pintura

Sellados de borde

Impactos y arañazos

Suciedad y grasa

Metodología

- 1 Planificación y parada.** Listado de máquinas, ventanas de parada y orientación del rotor; la máquina se frena y cada pala se posiciona para el vuelo.
- 2 Vuelo autónomo.** Escaneo LiDAR para generar la trayectoria e imágenes HD de las cuatro caras (LE, TE, PS y SS) a distancia constante. Resultado reproducible; menos de 45 minutos de parada por aerogenerador.
- 3 Carga y anotación asistida por IA.** Carga automática a la nube; el modelo propone anotaciones con índice de confianza (0 – 1) y posición radial.
- 4 Revisión y clasificación.** El especialista confirma, descarta o reclasifica cada anotación y asigna tipo, gravedad 1 – 5 y tamaño; las de confianza inferior a 0,80 se revisan siempre en imagen original.
- 5 Informe y portal.** Informe en una semana, portal web por flota, parque y turbina, exportación CSV / Excel y datos conservados para comparar campañas.

Tamaño y posición

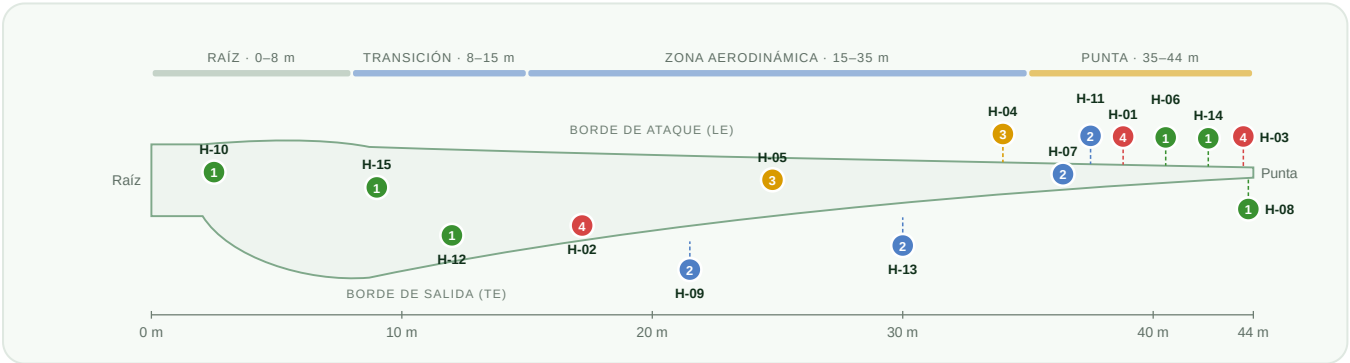
Tamaño medido sobre la imagen calibrada con la nube de puntos: **S** < 100 mm · **M** 100 – 500 mm · **L** > 500 mm. Posición como radio desde la raíz (r, en m) y como fracción del radio (r/R). Cara: LE borde de ataque, TE borde de salida, PS lado de presión, SS lado de succión, punta.

3 · RESUMEN POR AEROGENERADOR Y PALA

Gravedad máxima por pala y posición radial de los hallazgos

AEROGENERADOR	PALA A	PALA B	PALA C	MÁX.	HALLAZGOS	PARADA (MIN)	IMÁGENES
WTG-01	1 H-14	—	1 H-06	1	2	34	1180
WTG-02	3 H-04	—	—	3	1	41	1215
WTG-03	2 H-07	1 H-08	—	2	2	36	1160
WTG-04	1 H-15	4 H-01	—	4	2	39	1240
WTG-05	—	2 H-09	1 H-10	2	2	33	1150
WTG-06	—	—	—	—	0	37	1190
WTG-07	4 H-02	—	—	4	1	42	1260
WTG-08	—	—	2 H-11	2	1	35	1170
WTG-09	—	3 H-05	—	3	1	38	1205
WTG-10	1 H-12	2 H-13	—	2	2	40	1230
WTG-11	—	—	4 H-03	4	1	44	1290
WTG-12	—	—	—	—	0	36	1175
Total parque	15 hallazgos en 15 palas de 36			4	15	38 media	14.465

● Esquema de pala: posición radial de los 15 hallazgos



● Gravedad 1 · Cosmético ● Gravedad 2 · Leve ● Gravedad 3 · Moderado ● Gravedad 4 · Grave

Marcador sobre el borde de ataque: cara LE · bajo el borde de salida: cara TE · dentro del perfil: PS (mitad superior) y SS (mitad inferior)

Lectura: los cinco hallazgos de erosión (H-01, H-04, H-06, H-11 y H-14) se concentran en el tercio exterior ($r > 33$ m), donde la velocidad de punta es mayor, y los dos hallazgos de rayo (H-03 y H-08) están en los receptores de punta. La grieta transversal H-02 se sitúa en la zona de máxima cuerda ($r = 17,2$ m), la de mayor sollicitación estructural, lo que justifica su prioridad.

4 · HALLAZGOS PRINCIPALES (GRAVEDAD 3 Y 4)

Cinco hallazgos que requieren reparación: tres graves y dos moderados

4 H-01 2 → 4 WTG-04 · Pala B · Borde de ataque r = 38,8 m (r/R 0,88) · 620 × 45 mm Confianza IA 0,94 · 2024: gravedad 2 Prioridad 1 · ≤ 3 meses · Cuerdas 0 m 44 m	Erosión de borde de ataque con fibra expuesta · Grave Pérdida completa de LEP y gelcoat con fibra de vidrio expuesta en el tercio exterior. Bordes de erosión activos: riesgo de absorción de humedad y de avance hacia el laminado estructural. En 2024 se registró como erosión leve (gravedad 2). Recomendación. Reparación de categoría 3 por cuerdas: saneado, relaminado superficial, sellado y aplicación de sistema LEP. Aprovechar la misma intervención para revisar el resto del borde de ataque de la pala.
4 H-02 Nuevo WTG-07 · Pala A · Lado de succión r = 17,2 m (r/R 0,39) · 120 mm Confianza IA 0,81 · no visto en 2024 Prioridad 1 · Inmediato · Cuerdas + boroscopia 0 m 44 m	Grieta transversal · Grave Grieta transversal de 120 mm en el lado de succión, en la zona de máxima cuerda, con apertura visible en imagen HD. Orientación perpendicular a la envergadura: posible afectación del laminado estructural. No detectada en 2024. Recomendación. Valoración estructural prioritaria: inspección cercana por cuerdas e inspección interna (boroscopia desde raíz) antes de definir la reparación de categoría 4. Consultar al fabricante la limitación de operación de la máquina hasta la valoración.
4 H-03 1 → 4 WTG-11 · Pala C · Punta r = 43,6 m (r/R 0,99) · Receptor de punta Confianza IA 0,88 · 2024: gravedad 1 Prioridad 1 · ≤ 1 mes · Cuerpos / plataforma 0 m 44 m	Receptor de rayo dañado · Grave Receptor de punta parcialmente fundido, con desprendimiento de gelcoat alrededor. Las marcas de impacto observadas en 2024 (gravedad 1) han evolucionado a daño del receptor: el sistema de protección contra el rayo (LPS) puede no estar operativo. Recomendación. Sustitución del receptor y comprobación de continuidad del LPS (resistencia a tierra) en toda la pala; revisar el registro del contador de rayos de la máquina y el estado de los receptores de las otras dos palas.
3 H-04 2 → 3 WTG-02 · Pala A · Borde de ataque r = 34,0 m (r/R 0,77) · 1.850 × 30 mm Confianza IA 0,96 · 2024: gravedad 2 Prioridad 2 · ≤ 6 meses · Cuerdas 0 m 44 m	Erosión de gelcoat en borde de ataque · Moderado Erosión continua del gelcoat en 1,85 m del borde de ataque (r = 33 – 35 m), sin fibra expuesta. Rugosidad con pérdida aerodinámica esperable; en 2024 medía 0,9 m. Recomendación. Aplicación de sistema LEP en la próxima ventana de baja producción. Incluir la pala en la campaña de protección de borde de ataque junto con H-11.
3 H-05 Nuevo WTG-09 · Pala B · Lado de presión r = 24,8 m (r/R 0,56) · 210 × 140 mm Confianza IA 0,77 · no visto en 2024 Prioridad 2 · ≤ 6 meses · Cuerdas 0 m 44 m	Delaminación superficial · Moderado Delaminación de la capa exterior en el lado de presión, con levantamiento perceptible en imagen rasante. Índice de confianza de la IA de 0,77: confirmada por el especialista en la revisión. Recomendación. Reparación de categoría 2-3 por cuerdas: apertura, secado, relaminado y acabado. Comprobar la extensión real con prueba de golpeo (tap test) durante la reparación.

En el informe real cada hallazgo incluye la imagen HD anotada, el recorte a resolución original y el enlace al portal para consultar las imágenes contiguas. Se omiten en este ejemplo.

5 · HALLAZGOS MENORES Y REGISTRO DE CAMPAÑA

10 hallazgos de gravedad 1 y 2: seguimiento y reparación por oportunidad

ID	WTG · PALA	CARA	R (M)	TIPO	TAMAÑO	GRAV.	IA	2024	RECOMENDACIÓN
H-06	WTG-01 · C	LE	40,5	Erosión leve de borde de ataque	400 × 10 mm	1	0,97	Estable	Seguimiento en la próxima campaña
H-07	WTG-03 · A	PS	36,4	Desconchado de gelcoat	60 × 40 mm	2	0,90	Nuevo	Reparación cosmética cat. 1 por oportunidad
H-08	WTG-03 · B	TIP	43,8	Marcas de impacto de rayo en receptor	Receptor de punta	1	0,85	Nuevo	Comprobar continuidad del LPS en el próximo preventivo
H-09	WTG-05 · B	TE	21,5	Grieta de gelcoat en borde de salida	180 mm	2	0,79	Estable	Sellado en la próxima campaña de cuerdas
H-10	WTG-05 · C	PS	2,5	Restos de grasa en raíz de pala	Mancha de 300 mm	1	0,92	Nuevo	Limpieza y revisión del sellado del rodamiento de pala
H-11	WTG-08 · C	LE	37,5	Erosión de borde de ataque	900 × 15 mm	2	0,95	1 → 2	Incluir en la campaña de LEP con H-04
H-12	WTG-10 · A	SS	12,0	Poros en gelcoat (pinholes)	Zona de 150 × 80 mm	1	0,70	Nuevo	Sin acción; seguimiento
H-13	WTG-10 · B	TE	30,0	Sellado de borde de salida deteriorado	350 mm	2	0,83	Nuevo	Resellado del borde de salida por cuerdas
H-14	WTG-01 · A	LE	42,2	Erosión leve de borde de ataque	300 × 10 mm	1	0,96	Estable	Seguimiento en la próxima campaña
H-15	WTG-04 · A	PS	9,0	Arañazos superficiales	90 mm	1	0,88	Nuevo	Sin acción; seguimiento

Notas del especialista. Las 3 anotaciones con confianza inferior a 0,80 (H-05, H-09, H-12) se han verificado sobre la imagen original y las contiguas; las tres descartadas eran suciedad en el borde de salida (2) y un reflejo en el lado de succión (1). La confianza de la IA no mide la gravedad: la gravedad la fija siempre el especialista.

● Registro de campaña por aerogenerador

AEROGENERADOR	FECHA	PARADA	DURACIÓN (MIN)	IMÁGENES	VIENTO (M/S)	OBJETIVO
WTG-01	12/05/2026	08:40	34	1180	4,8	< 45 min
WTG-02	12/05/2026	09:35	41	1215	5,1	< 45 min
WTG-03	12/05/2026	10:40	36	1160	5,6	< 45 min
WTG-04	12/05/2026	11:35	39	1240	6,2	< 45 min
WTG-05	12/05/2026	12:35	33	1150	6,0	< 45 min
WTG-06	12/05/2026	15:10	37	1190	5,4	< 45 min
WTG-07	12/05/2026	16:10	42	1260	4,9	< 45 min
WTG-08	13/05/2026	08:35	35	1170	4,2	< 45 min
WTG-09	13/05/2026	09:30	38	1205	4,6	< 45 min
WTG-10	13/05/2026	10:30	40	1220	5,3	< 45 min
WTG-11	13/05/2026	11:35	44	1290	6,4	< 45 min

6 · RECOMENDACIONES PRIORIZADAS

Plan de acción: qué hacer, en qué máquina, con qué plazo y con qué medio de acceso

PRIOR.	ID	WTG · PALA	HALLAZGO	ACCIÓN	PLAZO ORIENTATIVO	ACCESO
P1	H-01	WTG-04 · B	4 Erosión de borde de ataque con fibra expuesta	Reparación cat. 3 por cuerdas y aplicación de LEP	≤ 3 meses	Cuerdas
P1	H-02	WTG-07 · A	4 Grieta transversal	Valoración estructural (cuerdas + boroscopia); reparación cat. 4	Inmediato	Cuerdas + boroscopia
P1	H-03	WTG-11 · C	4 Receptor de rayo dañado	Sustitución del receptor y comprobación de continuidad del LPS	≤ 1 mes	Cuerpos / plataforma
P2	H-04	WTG-02 · A	3 Erosión de gelcoat en borde de ataque	Aplicación de LEP en ventana de baja producción	≤ 6 meses	Cuerdas
P2	H-05	WTG-09 · B	3 Delaminación superficial	Reparación cat. 2-3 por cuerdas; tap test	≤ 6 meses	Cuerdas
P2	H-11	WTG-08 · C	2 Erosión de borde de ataque	Incluir en la campaña de LEP con H-04	≤ 6 meses	Cuerdas
P3	H-06	WTG-01 · C	1 Erosión leve de borde de ataque	Seguimiento en la próxima campaña	Próxima campaña	—
P3	H-07	WTG-03 · A	2 Desconchado de gelcoat	Reparación cosmética cat. 1 por oportunidad	Oportunidad	Cuerdas
P3	H-08	WTG-03 · B	1 Marcas de impacto de rayo en receptor	Comprobar continuidad del LPS en el próximo preventivo	Próximo preventivo	—
P3	H-09	WTG-05 · B	2 Grieta de gelcoat en borde de salida	Sellado en la próxima campaña de cuerdas	Próxima campaña de cuerdas	Cuerdas
P3	H-10	WTG-05 · C	1 Restos de grasa en raíz de pala	Limpieza y revisión del sellado del rodamiento de pala	Próximo preventivo	—
P3	H-12	WTG-10 · A	1 Poros en gelcoat (pinholes)	Sin acción; seguimiento	Próxima campaña	—
P3	H-13	WTG-10 · B	2 Sellado de borde de salida deteriorado	Resellado del borde de salida por cuerdas	Próxima campaña de cuerdas	Cuerdas
P3	H-14	WTG-01 · A	1 Erosión leve de borde de ataque	Seguimiento en la próxima campaña	Próxima campaña	—
P3	H-15	WTG-04 · A	1 Arañazos superficiales	Sin acción; seguimiento	—	—

Prioridad 1 · inmediato a 3 meses

Valoración estructural de H-02 con inspección por cuerdas y boroscopia; sustitución del receptor y comprobación del LPS en H-03; reparación de categoría 3 con LEP en H-01. Las tres actuaciones se pueden agrupar en una sola movilización de un equipo de cuerdas (estimación: 4 – 5 jornadas de trabajo, sujeta a condiciones meteorológicas).

Prioridad 2 · hasta 6 meses

Reparación de la delaminación H-05 y campaña de protección de borde de ataque (LEP) en WTG-02 A y WTG-08 C. Recomendamos valorar extender el LEP preventivo al tercio exterior de las palas con erosión de gravedad 1 (WTG-01 C, WTG-01 A) en la misma movilización.

Prioridad 3 · por oportunidad

Reparación cosmética (H-07, H-09, H-13) aprovechando la presencia de equipos de cuerdas en el parque; comprobaciones de LPS y limpieza de raíz (H-08, H-10) en el

Seguimiento

EJEMPLO · datos ficticios

En 12 meses (mayo de 2027) con la misma plataforma y trayectorias, para comparar imagen a imagen la evolución de la erosión y verificar las reparaciones.

7 · COMPARATIVA CON LA CAMPAÑA ANTERIOR Y ANEXO

De 9 a 15 hallazgos: 4 han evolucionado, 2 se han cerrado y 8 son nuevos

9 → 15

hallazgos mayo de 2024
→ 2026

4

han empeorado

3

estables

2

reparados y cerrados

8

nuevos (o no visibles en
2024)

● Por tipo de daño

TIPO	2024	2026	Δ
Erosión	5	5	0
Grieta	1	2	+1
Rayo / LPS	2	2	0
Delaminación	0	1	+1
Gelcoat / pintura	1	3	+2
Sellado	0	1	+1
Otros	0	1	+1
Total	9	15	+6

● Por gravedad

GRAVEDAD	2024	2026	Δ
4 Grave	0	3	+3
3 Moderado	1	2	+1
2 Leve	4	4	0
1 Cosmético	4	6	+2

● Hallazgos que han cambiado

ID	WTG · PALA	TIPO	EVOLUCIÓN
H-01	WTG-04 · B	Erosión de borde de ataque con fibra expuesta	2 → 4
H-03	WTG-11 · C	Receptor de rayo dañado	1 → 4
H-04	WTG-02 · A	Erosión de gelcoat en borde de ataque	2 → 3
H-11	WTG-08 · C	Erosión de borde de ataque	1 → 2
2024	WTG-12 · A	Receptor de rayo deteriorado	3 → Cerrado Receptor sustituido en 2025
2024	WTG-05 · A	Desconchado de gelcoat	2 → Cerrado Reparación cosmética en 2025

Lectura. La campaña de 2024 se hizo con equipo fotográfico convencional desde suelo (teleobjetivo) y cobertura parcial de las caras PS y SS: parte de los 8 hallazgos nuevos (poros, arañazos, grasa en raíz) ya existían y no eran visibles. La evolución relevante es la de la erosión (H-01, H-04, H-11) y del receptor H-03. Esta campaña deja una línea base completa y reproducible.

● Entregables de la campaña

- ✓ Este informe en PDF y acceso al portal web con paneles por flota, parque y turbina.
- ✓ Imágenes HD de las cuatro caras de cada pala, anotadas y con posición radial; nube de puntos LIDAR por pala.
- ✓ Listado de hallazgos exportable a CSV / Excel para el CMMS o el punch list con el fabricante.
- ✓ Datos conservados para comparar campañas futuras imagen a imagen.

● Glosario

LE / TE borde de ataque / de salida · **PS / SS** lado de presión / de succión · **r, r/R** radio desde la raíz y fracción del radio · **LEP** protección de borde de ataque · **LPS** sistema de protección contra el rayo · **Gravedad 1 – 5** escala de la página 3 · **Confianza IA** seguridad de la detección (0 – 1), no gravedad · **Categorías de reparación 1 – 5** de cosmética a estructural.

¿Quieres este informe de tu parque?

Inspección de palas con dron con parada de menos de 45 minutos por máquina, informe en una semana y propuesta de reparación por cuerdas a medida. Visita técnica sin coste y propuesta en 7-10 días.

+34 605 857 960

WhatsApp wa.me/34605857960 ·
info@greenworktechnology.com
Greenwork Technology S.L.U. · Cidones (Soria)
Greenwork Technology SpA · Santiago de Chile
greenworktechnology.com