



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Departamento de Ingeniería Eléctrica

TRABAJO FIN DE GRADO

**ADECUACIÓN DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA AÉREA DE
TERCERA CATEGORÍA CONFORME AL RD 1432/2008**

Grado en Ingeniería Eléctrica.

Autor: Yolanda Sofía Ruz Márquez

Tutor: José Ernesto Ruiz González

MÁLAGA, mayo de 2.025

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres, José Luis y Yolanda, los cuales me han apoyado en todas las etapas de mi vida y han creído en mi valía incluso cuando yo misma dudaba. Al igual que a mi hermano, José Luis, cuya capacidad para hacerme reír incluso en los momentos más difíciles, ha sido una luz durante esta experiencia.

Al equipo directivo de Envertec, los cuales siempre han solucionado mis dudas haciendo posible realizar este proyecto. Su orientación y paciencia a lo largo de todo el proceso ha sido clave. Este trabajo no habría sido posible sin su ayuda y dedicación, y estoy muy agradecida por ello.

A mi tutor, Ernesto, gracias por ayudarme a desarrollar mi capacidad de investigación y guiarme a lo largo de todo este proceso. Al igual que quiero dar las gracias al Departamento de Ingeniería Eléctrica de esta universidad, por haberme formado como profesional y como persona.

Por último, pero no por ello menos importante, quiero agradecer de corazón su comprensión a Wael, el que ha sido mi compañero incondicional durante todos estos años de desafíos en el camino de la ingeniería.

Yolanda Sofía Ruz Márquez

Resumen

Hoy en día, la existencia de infraestructuras eléctricas, más específicamente, las líneas aéreas de distribución, suponen un impacto negativo en las poblaciones de fauna endémica del lugar donde se sitúan. Especialmente en las poblaciones de aves rapaces, las cuales se ven mermadas a causa de electrocuciones y colisiones contra las líneas aéreas de segunda y tercera categoría.

En España, más de 33.000 aves rapaces mueren anualmente por estas causas según estimaciones del informe elaborado por TRAGSATEC para el MAGRAMA (M^a Ángeles Soria, 2017), lo cual supone la principal causa de mortalidad para 24 especies de aves catalogadas como amenazadas.

Al problema de conservación de las aves amenazadas se suma el impacto económico asociado a estas electrocuciones que, según datos del mismo informe, suponen más de 700 millones de euros anuales junto a interrupciones del suministro eléctrico e incendios forestales.

El gran impacto en materia económica y biodiversidad justifica la implementación del programa de corrección de tendidos eléctricos como los previstos bajo el Real Decreto 1432/2008 del 29 de agosto de 2008.

Palabras clave

Avifauna, electrocución, colisión, seguridad, protección.

Abstract

Nowadays, the existence of electrical infrastructures, more specifically overhead distribution lines, has a negative impact on the populations of endemic fauna in the area where they are located. This is especially true for the populations of birds of prey, which are depleted due to electrocutions and collisions with second and third category overhead lines.

In Spain, more than 33,000 birds of prey die annually from these causes according to conservative estimates in the report prepared by TRAGSATEC for MAGRAMA (M^a Ángeles Soria, 2017), which is the main cause of mortality for 24 bird species categorised as threatened.

In addition to the problem of conservation of endangered birds, there is the economic impact associated with these electrocutions which, according to data from the same report, amount to more than 700 million euros per year, together with interruptions to the electricity supply and forest fires.

The great economic and biodiversity impact justifies the implementation of the programme for the correction of power lines such as those envisaged under Royal Decree 1432/2008 of 29 August 2008.

Keywords

Birdlife, electrocution, collision, safety, protection.

Índice

| | |
|---|----|
| 1. Antecedentes y diagnóstico de la situación de la electrocución y colisión de la avifauna en España | 1 |
| 1.1 Recopilación y transmisión de los datos reales | 3 |
| 1.1.1 Datos recopilados por el MITECO | 7 |
| 2. Legislación vigente | 14 |
| 2.1 Normativa específica del sector eléctrico y seguridad ambiental | 15 |
| 2.1.1 Ley 21/1992 de 16 de Julio, de Industria..... | 15 |
| 2.1.2 Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico | 18 |
| 2.1.3 Real Decreto 1955/200, de 1 de diciembre por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica..... | 20 |
| 2.1.4 Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero por el que se aprueban el reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09 | 22 |
| 2.1.5 Real Decreto 337/2014 de 9 de mayo, por el que se aprueban el reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 01 a 23..... | 23 |
| 2.1.6 Real Decreto 542/2020 de 26 de mayo por el que se modifican y derogan diferentes disposiciones en materia de calidad y seguridad industrial | 24 |
| 2.2 Normativa medioambiental..... | 26 |
| 2.2.1 Ley 47/2007 de 13 de diciembre del patrimonio natural y de la biodiversidad..... | 26 |
| 2.2.2 Ley 26/2007 de 23 de octubre de responsabilidad medioambiental..... | 27 |
| 2.2.3 Real Decreto 1432/2008 de 29 de agosto por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución de líneas eléctricas de alta tensión. | 29 |
| 2.2.4 Nuevas normativas de interés | 39 |
| 3. Estrategias según normativa para la adaptación de tendidos eléctricos en defensa de la Avifauna | 42 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.1 | Pautas generales para la corrección de los apoyos eléctricos del riesgo de electrocución | 42 |
| 3.1.1 | Distancias mínimas | 43 |
| 3.1.2 | Elementos en tensión encima de crucetas y puentes no aislados..... | 50 |
| 3.2 | Medidas específicas de las Comunidades Autónomas más restrictivas que el R.D. 1432/2008 de 29 de agosto | 51 |
| 3.2.1 | Andalucía | 51 |
| 3.2.2 | Aragón..... | 51 |
| 3.2.3 | Castilla y León..... | 51 |
| 3.2.4 | Castilla-La Mancha..... | 52 |
| 3.2.5 | Cataluña | 52 |
| 3.2.6 | Extremadura..... | 52 |
| 3.2.7 | La Rioja | 52 |
| 3.2.8 | Madrid | 52 |
| 3.2.9 | Murcia..... | 52 |
| 3.2.10 | Navarra..... | 53 |
| 3.3 | Elementos específicos para la adaptación de tendidos..... | 53 |
| 3.3.1 | Soluciones estructurales | 53 |
| 3.3.2 | Soluciones reactivas..... | 54 |
| 3.4 | Ejemplos de deficiencias en adaptaciones realizadas | 55 |
| 3.4.1 | Aisladores poliméricos tipo PECA 700 y 1000 | 55 |
| 3.4.2 | Alargaderas | 56 |
| 3.4.3 | Forros aislantes perforados..... | 57 |
| 3.4.4 | Forros aislantes con efecto inhabilitante | 58 |
| 4. | Estudio de mercado actual en cuanto a dispositivos avifauna..... | 59 |
| 4.1 | Fabricantes y distribuidores de aisladores poliméricos avifauna..... | 60 |
| 4.1.1 | Envertec | 60 |
| 4.1.2 | INAEL | 61 |
| 4.1.3 | Olval | 61 |
| 4.2 | Fabricantes y distribuidores de dispositivos avifauna en España | 62 |
| 4.2.1 | Conectores y sistemas | 62 |
| 4.2.2 | Envertec | 64 |



| | | |
|-------|--|----|
| 4.2.3 | RH | 66 |
| 4.3 | Comparación de especificaciones técnicas | 68 |
| 4.3.1 | Normativas y ensayos aplicables | 68 |
| 4.3.2 | Durabilidad y vida útil de los dispositivos | 73 |
| 4.3.3 | Impacto ambiental y sostenibilidad..... | 75 |
| 5. | Presentación del proceso de adecuación de una línea aérea de distribución de tercera categoría potencialmente peligrosa | 79 |
| 5.1 | Medidas reactivas necesarias para la adaptación conforme al R.D. 1432/2008..... | 80 |
| 5.1.1 | Apoyo 1 | 80 |
| 5.1.2 | Apoyo 2 | 83 |
| 5.1.3 | Apoyo 3 | 85 |
| 5.1.4 | Apoyo 4 | 86 |
| 5.1.5 | Medidas anticolidión | 86 |
| 5.1.6 | Disuasores de posada..... | 87 |
| 5.2 | Medidas estructurales para la adaptación conforme al R.D. 1432/2008..... | 89 |
| 5.2.1 | Apoyo 1 | 90 |
| 5.2.2 | Apoyo 2 y 3 | 90 |
| 5.2.3 | Apoyo 4 | 91 |
| 6. | Conclusiones | 91 |
| 7. | Anexos..... | 93 |
| 7.1 | Anexo I: Planos | 93 |
| 7.1.1 | Plano de situación | 93 |
| 7.1.2 | Plano de emplazamiento..... | 93 |
| 7.2 | Anexo II: Medición y presupuesto | 93 |
| 7.3 | Anexo III: Fichas técnicas de los dispositivos utilizados en la adecuación..... | 93 |
| | Referencias..... | 94 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Datos de electrocuciones recopilados por el MITECO (MITECO, 2024) | 8 |
| Tabla 2. Datos de colisiones recopilados por el MITECO por CCAA (MITECO, 2024) | 12 |
| Tabla 3. Modelos de aisladores poliméricos más relevantes comercializados por la empresa ENVERTEC | 61 |
| Tabla 4. Modelos de aisladores poliméricos comercializados por la empresa INAEL (INAEL, 2004) | 61 |
| Tabla 5. Modelos de aisladores poliméricos más relevantes comercializados por la empresa Olval..... | 62 |
| Tabla 5. Modelos de protectores avifauna más relevantes comercializados por la empresa Conectores y Sistemas..... | 63 |
| Tabla 6. Modelos de protectores avifauna más relevantes comercializados por la empresa Envertec | 66 |
| Tabla 7. Modelos de protectores avifauna más relevantes comercializados por RH..... | 68 |
| Tabla 8. Clase de los forros en función de la tensión nominal..... | 68 |
| Tabla 9. Número de muestras para ensayos de muestreo (AENOR, Diciembre 2016) | 70 |
| Tabla 10. Listado y clasificación de ensayos | 71 |
| Tabla 11. Ensayos requeridos para la homologación de aisladores por la norma GSCC010 versión 3 de ENEL. | 73 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Águila perdicera joven electrocutada (Plataforma SOS Tendidos Eléctricos)..... | 5 |
| Figura 2. Distribución espacial del total de registros de mortalidad por electrocución validados para MITECO (2004-2022) (MITECO, 2024) | 9 |
| Figura 3. Porcentaje de electrocuciones de individuos registrados a nivel taxonómico de Familia. (MITECO, 2024) | 9 |
| Figura 4. Ilustración representativa de las comunidades con líneas gestionadas por i-DE (i-DE, 2023)..... | 10 |
| Figura 5. Ilustración representativa de las comunidades con líneas gestionadas por e-distribución (e-distribución, 2025)..... | 11 |
| Figura 6. Porcentaje de colisiones registradas a nivel taxonómico de Familia (MITECO, 2024) | 12 |

| | |
|--|----|
| Figura 7. Porcentaje de colisiones en tendidos registrados a nivel taxonómico de Familia (MITECO, 2024) | 13 |
| Figura 8. Zonas de protección en las que serán de aplicación medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y electrocución. (MITECO, Febrero 2024)..... | 31 |
| Figura 9. Apoyo no corregido..... | 33 |
| Figura 10. Mismo apoyo corregido según R.D. 1432/2008..... | 33 |
| Figura 11. Apoyo no aislado | 34 |
| Figura 12. Apoyos aislados según R.D. 1432/2008..... | 35 |
| Figura 13. Anexo del RD 1432/2008, donde se especifican las distancias a cumplir en diferentes tipologías de apoyos | 36 |
| Figura 14. Elementos de la catenaria en tensión con riesgo alto de electrocución. (ADIF, Mayo 2023)..... | 41 |
| Figura 15. Elementos de la catenaria en tensión con riesgo medio de electrocución. (ADIF, Mayo 2023)..... | 41 |
| Figura 16. Elementos de la catenaria en tensión con riesgo bajo de electrocución. (ADIF, Mayo 2023)..... | 41 |
| Figura 17. Bóveda clásico con cadenas de aisladores en suspensión .. | 44 |
| Figura 18. Bóveda clásico con cadenas de aisladores en amarre | 44 |
| Figura 19. Bóveda plana con cadenas de aisladores en suspensión | 44 |
| Figura 20. Bóveda plana con cadenas de aisladores en amarre | 44 |
| Figura 21. Montaje en 1 con cadenas de aisladores en suspensión | 45 |
| Figura 22. Montaje en 1 con cadenas de aisladores en amarre | 45 |
| Figura 23. Canadiense con cadenas de aisladores de suspensión | 46 |
| Figura 24. Canadiense con cadenas de aisladores en amarre..... | 46 |
| Figura 25. Tresbolillo clásico con cadena de aisladores en suspensión | 47 |
| Figura 26. Tresbolillo clásico con cadena de aisladores en amarre | 47 |
| Figura 27. Bandera con cadena de aisladores en suspensión | 48 |
| Figura 28. Bandera con cadena de aisladores en amarre | 48 |
| Figura 29. Bandera doble con cadena de aisladores en suspensión..... | 49 |
| Figura 30. Bandera doble con cadena de aisladores en amarre | 49 |
| Figura 31. Apoyo tipo cruceta CC..... | 50 |
| Figura 32. Apoyo en plano horizontal PH | 50 |
| Figura 33. Apoyo con CT aéreo, cortacircuitos y autoválvulas | 51 |
| Figura 34. Aislador PECA 1000 (OLVAL, 2023) | 56 |

| | |
|---|----|
| | 57 |
| Figura 35. Alargadera instalada en cadena de amarre..... | 57 |
| Figura 36. Modelo “CSELE” Pieza con forma de abanico para separar físicamente las partes metálicas de la cruceta del conductor. (Conectores y Sistemas, 2024) | 58 |
| Figura 37. Cubierta para seccionador dañada por el roce contra la cuchilla seccionadora | 59 |
| Figura 38. Trazado de la línea Ademuz a adecuar | 79 |
| Figura 39. Apoyo 1 Línea Ademuz | 81 |
| Figura 40. Colocación de la cinta de silicona autobulcanizable (ENVERTEC S.L., 2020)..... | 83 |
| Figura 41. Representación de un apoyo de similares características al apoyo 1 aislado con el material expuesto | 83 |
| Figura 42. Apoyo 2 línea Ademuz..... | 84 |
| Figura 43. Representación de un apoyo de similares características al apoyo 2 aislado con el material expuesto | 85 |
| Figura 44. Apoyo 3 línea Ademuz..... | 85 |
| Figura 45. Apoyo 3 línea Ademuz..... | 86 |
| Figura 46. Espiral anticolidión poco eficaz (Garrido, 2015)..... | 87 |
| Figura 47. Dispositivos CROCFAST siendo instalados | 87 |
| Figura 48. Dispositivos ÁGUILA instalados incorrectamente (Garrido, 2015)..... | 88 |
| Figura 49. Dispositivos ÁGUILA instalados correctamente..... | 89 |

1. Antecedentes y diagnóstico de la situación de la electrocución y colisión de la avifauna en España

La presencia de infraestructuras eléctricas en zonas rurales, aunque resultan necesarias para el desarrollo de poblaciones y para garantizar una buena comunicación energética, también suponen un impacto negativo en las poblaciones de aves silvestres; ya que estas estructuras causan una pérdida y fragmentación del hábitat donde desarrollan su vida, disminuyendo así la supervivencia de especies en peligro, como son el águila imperial ibérica, el milano real o la cigüeña negra.

Además, en el conflicto entre la avifauna y los tendidos eléctricos están implicados una gran variedad de entidades, tanto públicas como privadas, las cuales juegan un papel fundamental en la búsqueda de una solución eficaz a este problema.

a. Administración pública

El Ministerio de Industria es el encargado de regular las actividades a la vez que velar por el cumplimiento de la normativa eléctrica aplicable e industrial, el cual queda secundado por el Ministerio de Medio Ambiente, que directamente lucha contra la problemática realizando investigaciones, ejecutando trabajo de corrección e invirtiendo en formación específica a profesionales. Las Comunidades Autónomas cuentan con las competencias de distribuir la financiación pública para la corrección de tendidos de propietarios o para la realización de convenios con empresas distribuidoras de material de esta índole.

b. Propietarios públicos (AGE)

Confederaciones hidrográficas, Patrimonio Nacional o Parques Nacionales entre otras áreas protegidas gestionadas por organismos públicos que poseen tendidos eléctricos.

c. Empresas eléctricas

Empresas privadas de transporte y distribución de la energía y propietarios de tendidos eléctricos como E-Distribución, Iberdrola, Naturgy o Unión Fenosa Distribución entre otras.

d. Empresas de ingeniería y fabricantes

Empresas encargadas de la gestión de la infraestructura eléctrica *per se*. Su labor abarca desde el montaje, mantenimiento y corrección de los tendidos eléctricos. Más allá de estas funciones operativas, estas compañías buscan impulsar el desarrollo implementando nuevas tecnologías para minimizar el impacto ambiental y asegurar la máxima seguridad de la red y de sus inmediaciones. Las innovaciones quedan recogidas como aisladores con más prestaciones mecánicas y/o eléctricas y seguridad, sistemas de balizamiento o nuevas fórmulas aislantes para partes en tensión; son algunas de las proyecciones actuales en materia de protección de apoyos eléctricos.

Diferentes fabricantes españoles se dedican de manera parcial o total a la fabricación de protecciones antielectrocución. Seguidamente se enumeran algunas de estas empresas:

- Conectores y sistemas (Granada)
- Envertec (Granada)
- Inael (Toledo)
- RH (Madrid)

e. ONGs onservacionistas

Estas organizaciones juegan un papel clave en la protección de la biodiversidad y, en algunos casos, pueden ser también propietarias o gestoras de tierras en las que existan líneas de distribución. Además, estas organizaciones participan activamente en iniciativas de sensibilización social, así como en la elaboración de nuevas normativas e informes. Algunos ejemplos de este tipo de entidades

son: WWF (World Wildlife Fund), BirdLife International o GREFA (Grupo de Rehabilitación de la Fauna Autóctona y su Hábitat)

f. Agentes de la autoridad ambiental

Agentes medioambientales tales como el Servicio de Protección de la Naturaleza (SEPRONA) son los encargados de hacer cumplir la normativa vigente y expedir las sanciones correspondientes en caso de faltas.

Actualmente se están haciendo numerables esfuerzos por parte de todos los agentes y empresas implicadas para enfrentar la electrocución y colisión en tendidos eléctricos.

Seguidamente se realiza un diagnóstico de la situación actual que vive España ante esta problemática, de manera que se evalúa y recopila los datos correspondientes al seguimiento y corrección de líneas.

1.1 Recopilación y transmisión de los datos reales

Según el *Libro Rojo de las Aves de España* (Sociedad Española de Ornitología, 2004), la interacción con los tendidos eléctricos representa la principal causa de mortalidad para 24 especies de aves españolas; como el águila imperial ibérica "*Aquila adalberti*", el águila perdicera "*Aquila fasciata*" o la avutarda hubara canaria "*Chlamydotis andulada fuerteventurae*" todas en peligro de extinción desde principios o mediados del siglo XX. No obstante, para poder comprender realmente la magnitud de este problema, es imprescindible contar con fuentes y datos sólidos que permitan realizar unas proyecciones fiables. Estos datos deben de tener relación con la incidencia de la mortalidad, cartografía y características de la línea eléctrica implicada.

El registro de datos sobre la mortalidad tiene dos propósitos fundamentales; En primer lugar, permite identificar qué especies se ven afectadas y evaluar con precisión la magnitud real del problema. En segundo lugar, ayuda a determinar las áreas prioritarias para la adaptación de los tendidos eléctricos. También es clave contar con la información detallada sobre la tipología y características de las crucetas de los apoyos implicados y

la ubicación de estos apoyos, ya que, por la geometría de ciertos modelos, algunos tipos presentan un mayor riesgo de mortalidad, ya sea únicamente por su diseño o porque posea elementos de corte y maniobra tal como seccionadores, cortacircuitos, OCRs o transformadores en los apoyos que disponen de CT aéreos. Estos elementos incrementan la peligrosidad del apoyo además de ser complicados de corregir, ya que una mala corrección de este tipo de elementos, puede llegar a inutilizarlos o afectar a su buen funcionamiento proporcionando un problema para la red a la que pertenecen.

Asimismo, la peligrosidad de un tendido eléctrico para las aves está estrechamente relacionado con el entorno en el que se encuentra, por lo que conocer la localización de los apoyos aporta unos datos valiosos. Disponer de toda esta información facilita a la vez que permite el desarrollo de modelos predictivos más eficaces que sirvan para priorizar los esfuerzos en las áreas de mayor riesgo.

En España existen diversos agentes involucrados tanto en la problemática como en la búsqueda de su solución. A lo largo de las distintas actividades que se llevan a cabo, de manera general se recopila información de las siguientes partes:

a. MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico)

En las últimas dos décadas se ha llevado a cabo numerosos proyectos centrados en la interacción negativa entre las aves y las infraestructuras eléctricas. Algunos de estos trabajos han incluido actividades como la revisión de la mortalidad junto a caracterización de tendidos de su propiedad con el objetivo de evaluar los aspectos clave en la adaptación de tendidos.

b. Comunidades Autónomas

Las autonomías recogen datos principalmente de dos fuentes distintas. Por un lado, cuentan con Agentes medioambientales los cuales, a través de una denuncia ciudadana o dentro de las actividades de su trabajo, recogen datos que se verifican en los centros de

recuperación de fauna silvestre distribuidos por su territorio, para constatar con veterinarios mediante necropsias la causa de la muerte del animal. Por otro lado, cuentan con proyectos propios donde incluyen el seguimiento de tendidos en zonas protegidas para detectar la mortalidad de estos.

c. Compañías eléctricas

Las compañías de distribución y transporte, propietarias de la mayoría de las líneas eléctricas, recogen los datos correspondientes a las incidencias en sus instalaciones como consecuencia de un evento de mortalidad, los datos cartográficos de las líneas eléctricas de su propiedad y llevan a cabo las inspecciones técnicas rutinarias de los tendidos.

d. ONGs

La ONGs además de las campañas de sensibilización, cuentan con voluntarios que realizan inspecciones a tendidos y detectan así la mortalidad y caracterización de las líneas eléctricas.



Figura 1. *Águila perdicera joven electrocutada (Plataforma SOS Tendidos Eléctricos)*

La magnitud de la mortalidad de aves asociada a tendidos eléctricos está influenciada por la capacidad de detección de estos incidentes en tiempo

y forma. Según diversos estudios como (Ponce, 2010), se estima que solo un 15% de las aves afectadas llegan a ser registradas. Diversas organizaciones han intentado cuantificar la magnitud de esta problemática, aunque los resultados obtenidos varían significativamente según la metodología utilizada. Por ejemplo, un estudio elaborado por el MITECO en 2017 (M^a Ángeles Soria, 2017) estimó que alrededor de 39.000 aves mueren electrocutadas cada año en España, de las cuales 33.000 pertenecen a especies de rapaces. Por otro lado, la Fundación de Amigos del Águila Imperial, Lince Ibérico y Espacios Naturales Privados presentó un informe un año después (Fundación de Amigos del Águila Imperial, Lince Ibérico y Espacios Naturales Privados, 2018) en el que calculó una mortalidad anual mucho mayor, con cifras que oscilan entre 193.000 y 337.000 aves, basando sus cifras en extrapolaciones de datos parciales. Estas discrepancias en las estimaciones reflejan la existencia de ciertas limitaciones metodológicas existentes, y que recalcan lo difícil que resulta obtener una imagen fiable de la gravedad real del problema.

Ante esta situación, el MITECO desempeña un papel clave en España respecto a la recopilación y centralización de los datos. Además de la información obtenida a través de los proyectos propios del MITECO desde el año 2004, se ha recibido información de diversas fuentes como de las comunidades autónomas, que cada vez más concienciadas, han aportado datos sobre mortalidad en dos periodos distintos (2012-2016 y 2015-2019). Entre tanto, el ministerio recopila y estandariza la información suministrada por las compañías eléctricas gracias a sus protocolos propios, como los que se encuentran recogidos en el informe realizado por Red Eléctrica de España (Red Eléctrica de España, 2016) que describe de manera específica gracias al trabajo de biólogos especializados, los estudios de seguimiento de siniestralidad, muestreos para la cuantificación de la siniestralidad, casos de estudio, protocolos para la realización de los estudios y seguimientos del modelo utilizado.

También integra datos aportados por empresas eléctricas, principalmente i-DE y REE, correspondientes al periodo 2021-2024. Por ejemplo, la compañía eléctrica i-DE, en su "Informe de Biodiversidad 2022"

(Iberdrola, 2022), destaca su compromiso con la conservación de la avifauna y la puesta en marcha de medidas para reducir el riesgo de electrocución. En este informe se detallan tanto las acciones llevadas a cabo como los datos recopilados en colaboración con organizaciones científicas y ambientales.

En total, se han registrado 14.404 casos de mortalidad en menos de una década; lo que evidencia el impacto de los tendidos eléctricos en la avifauna silvestre de nuestro territorio. Sin embargo, al analizar estos registros, se observa que solo el 70% de ellos (9.605 casos de electrocución y 778 de colisión) contienen información suficiente para ser utilizados en estudios más allá de la simple cuantificación de las muertes. El 30% restante presenta dificultades al faltar información concreta.

Entre las principales limitaciones se encuentra la falta de datos precisos sobre la localización exacta de los apoyos donde se han causado los incidentes, ya que en algunos registros no se incluyen coordenadas geográficas, no se especifica el sistema de referencia utilizado o no se dispone de documentación fotográfica del lugar en cuestión. Otra problemática es la duplicidad de datos, lo que complica su trazabilidad. En algunos casos, el mismo evento aparece con diferentes fechas, dependiendo de si se considera la del hallazgo del ave o la del informe final en el que se certifica la causa de la muerte por parte de un veterinario. Para que estos datos puedan integrarse en modelos estadísticos capaces de identificar las zonas de mayor riesgo, es crucial contar con toda la información lo más detallada posible sobre las características de los apoyos y líneas eléctricas implicadas en los incidentes. Sin embargo, incluso cuando estos datos están disponibles, con frecuencia suelen ser inconsistentes o haber sido recopilados sin seguir criterios homogéneos, lo que complica seriamente su uso y reduce la fiabilidad de su aplicación.

1.1.1 Datos recopilados por el MITECO

En la *Tabla 1* se exponen los datos de electrocución, contabilizados por el número total de individuos electrocutados junto al número de especies

afectadas en función de la CCAA. La distribución espacial de estos datos queda ilustrada en la *Figura 1*.

| CCAA | Nº de individuos electrocutados | Especies afectadas |
|----------------------|---------------------------------|--------------------|
| Andalucía | 2.023 | 50 |
| Aragón | 164 | 9 |
| Asturias | 20 | 4 |
| Cantabria | 2 | 2 |
| Cataluña | 1.525 | 36 |
| Castilla – La Mancha | 2.937 | 42 |
| Comunidad Valenciana | 973 | 40 |
| Castilla y León | 728 | 27 |
| Extremadura | 422 | 27 |
| Galicia | 12 | 8 |
| Islas Baleares | 330 | 12 |
| La Rioja | 73 | 14 |
| Madrid | 115 | 19 |
| Murcia | 190 | 21 |
| Navarra | 3554 | 8 |
| País Vasco | 35 | 6 |
| TOTAL | 9.603 | 70 |

Tabla 1. Datos de electrocuciones recopilados por el MITECO (MITECO, 2024)



Figura 2. Distribución espacial del total de registros de mortalidad por electrocución validados para MITECO (2004-2022) (MITECO, 2024)

Las especies que se ven más afectadas por la electrocución son las aves de la familia “*Accipitridae*” aves rapaces diurnas, seguidas de la familia “*Strigidae*” aves repaces nocturnas, “*Ciconidae*” cigüeñas, “*Corvidae*” córvidos y “*Falconidae*” halcones. El resto de familias avícolas suponen menos de un 5% del total de electrocuciones registradas. Esta información queda representada en la *Figura 3*.

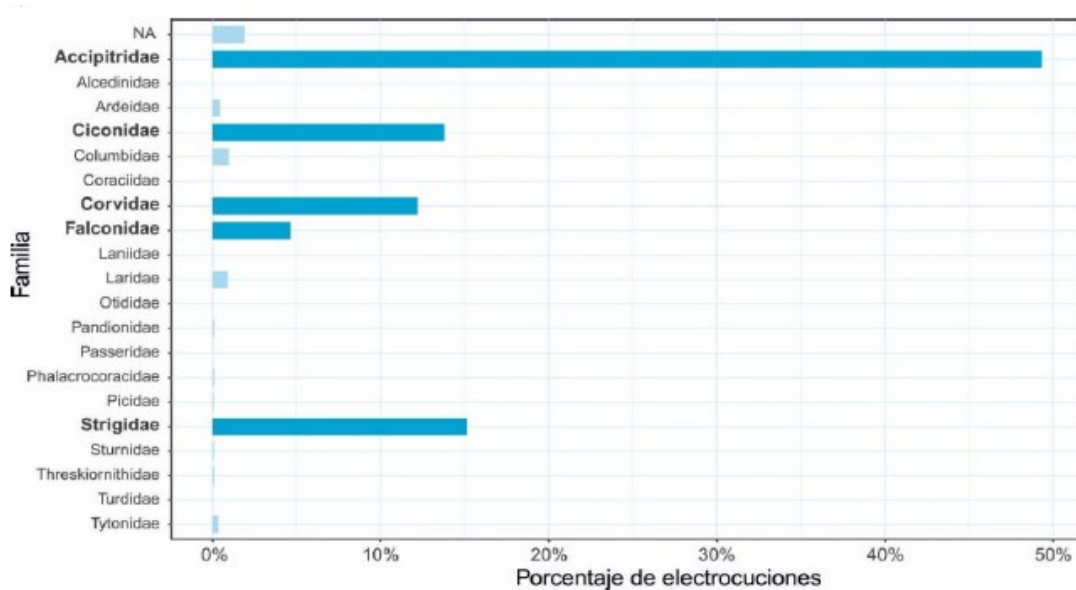


Figura 3. Porcentaje de electrocuciones de individuos registrados a nivel taxonómico de Familia. (MITECO, 2024)

Respecto a la problemática de la colisión, estos eventos pueden aparecer a lo largo de miles de kilómetros que componen la red eléctrica de transporte y distribución española. Según datos provisionales de Red Eléctrica de España (REE) hasta el 31 de diciembre de 2023, la longitud total de circuitos de la red de transporte nacional es de 45.223 kilómetros (Red Eléctrica de España, 2024), mientras que los datos respecto a la red de distribución se dividen en los gestionados por i-DE (Grupo Iberdrola) que mantiene más de 265.000 kilómetros de líneas entre 10 comunidades y 25 provincias (i-DE, 2023) y las gestionadas por e-distribución (Endesa) que cuenta con una red de distribución que alcanza los 187.995 kilómetros de líneas (Endesa, 2023).

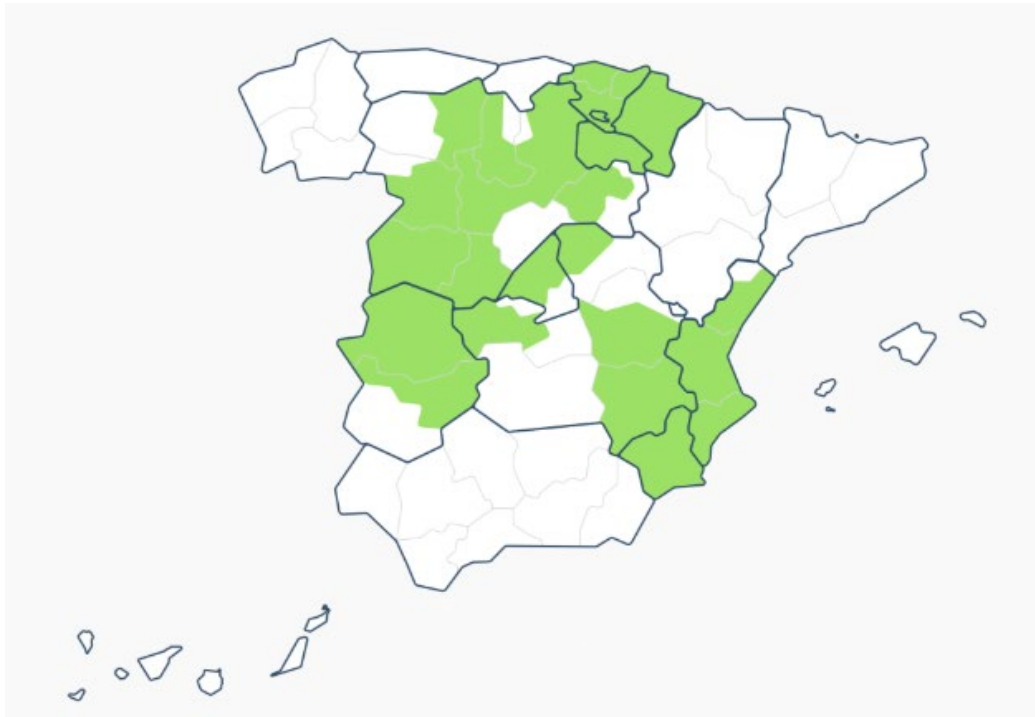


Figura 4. Ilustración representativa de las comunidades con líneas gestionadas por i-DE (i-DE, 2023)

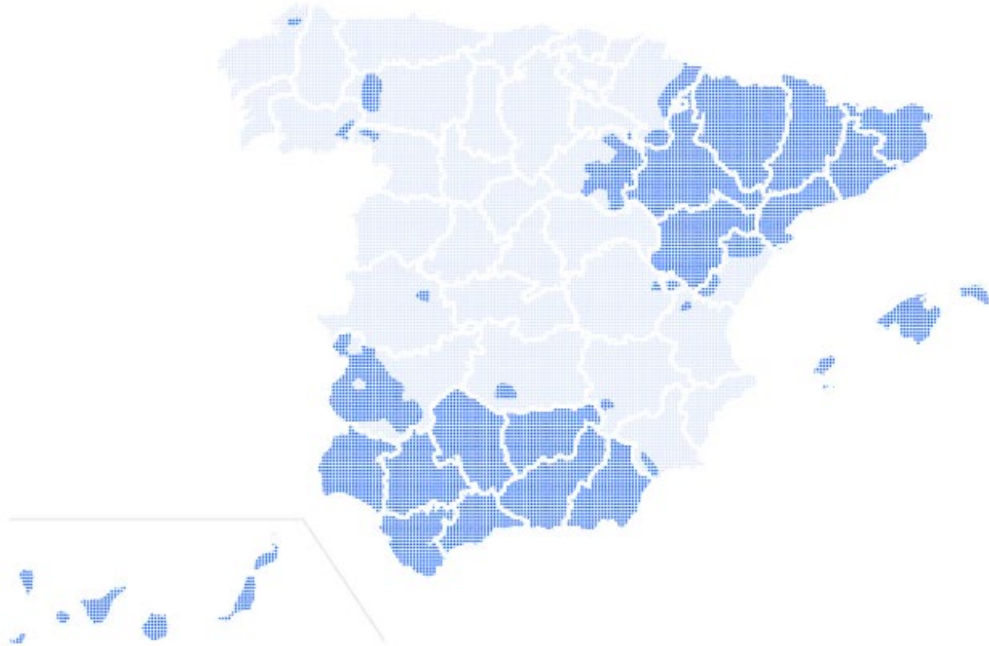


Figura 5. Ilustración representativa de las comunidades con líneas gestionadas por e-distribución (e-distribución, 2025)

Por esta razón, el impacto de la colisión en aves podría estar infravalorado, ya que su detención resulta compleja sin la aplicación de muestreo específicos. La información recopilada por el MITECO sobre colisiones se presenta en la *Tabla 2*, donde se detalla la cantidad de aves afectadas junto con el número de especies impactadas en cada Comunidad Autónoma española junto a las especies afectadas.

| CCAA | Nº de individuos colisionados | Especies afectadas |
|----------------------|-------------------------------|--------------------|
| Andalucía | 3 | 2 |
| Aragón | 3 | 2 |
| Cataluña | 2 | 2 |
| Castilla – La Mancha | 123 | 23 |
| Comunidad Valenciana | 6 | 5 |
| Castilla y León | 388 | 76 |
| Extremadura | 117 | 22 |

| | | |
|----------------|------------|------------|
| Islas Baleares | 19 | 9 |
| Islas Canarias | 102 | 22 |
| La Rioja | 3 | 2 |
| Madrid | 7 | 5 |
| Navarra | 2 | 2 |
| País Vasco | 2 | 1 |
| TOTAL | 778 | 111 |

Tabla 2. Datos de colisiones recopilados por el MITECO por CCAA (MITECO, 2024)

Las familias de aves más afectadas por colisiones fueron “*Accipitridae*” y “*Ciconidae*”, representando el 28,92% y el 14,4% de los casos, respectivamente. Otras familias con una presencia significativa en los registros incluyen “*Otididae*”, con un 6,3%; “*Gruidae*” y “*Sylviidae*”, ambas con un 5,01%; “*Falconidae*”, con un 4,37%; y “*Strigidae*” y “*Procellariiformes*”, cada una con un 4,24%. El resto de las familias se vieron afectadas en menor medida, sin superar en ningún caso el 4% del total registrado.

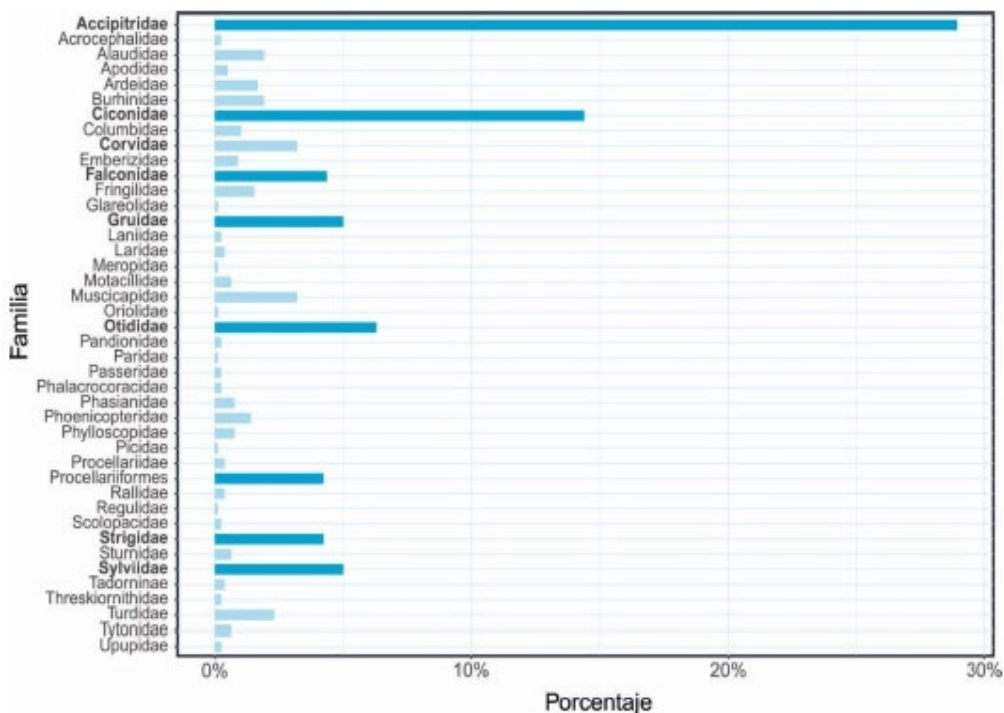


Figura 6. Porcentaje de colisiones registradas a nivel taxonómico de Familia (MITECO, 2024)

Como se puede apreciar en la Figura 6, el número de familias de aves afectadas es considerablemente alto, siendo más comunes aquellas de mayor

tamaño y abundancia. A diferencia de la electrocución, las colisiones también afectan a aves de menor tamaño, como se evidencia en el impacto sobre especies de la familia “*Sylviidae*”.

En cuanto a las especies afectadas, se han registrado un total de 111 especies, lo que representa casi un 40% más en comparación con la electrocución. Entre las especies más afectadas destacan la cigüeña blanca “*Ciconia ciconia*”, el buitre leonado “*Gyps fulvus*”, el ratonero “*Buteo buteo*”, la avutarda “*Otis tarda*” y la grulla “*Grus grus*”. Al igual que en los casos de electrocución, las especies más vulnerables suelen ser las de mayor tamaño y abundancia, aunque en este caso también se ven afectadas aves gregarias como cigüeñas y grullas, que forman grandes bandadas.

En la *Figura 7* se ejemplifica el porcentaje junto a las familias que se ven afectadas por esta problemática.

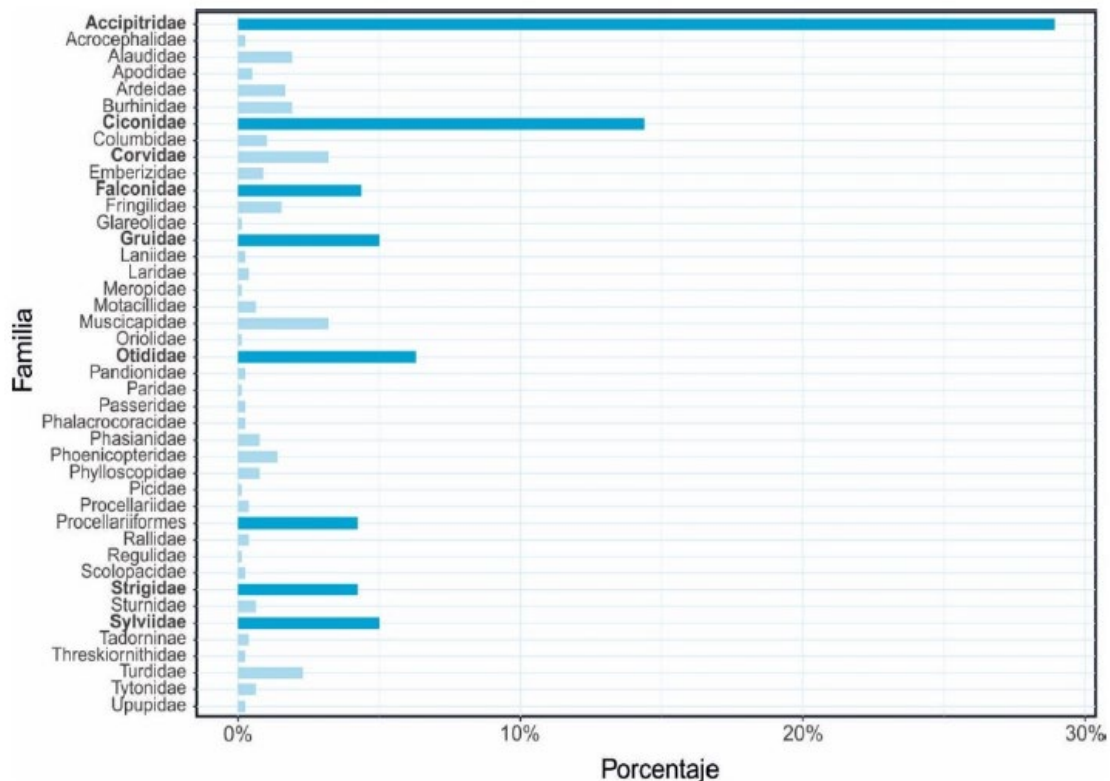


Figura 7. Porcentaje de colisiones en tendidos registrados a nivel taxonómico de Familia (MITECO, 2024)

Gracias a la información y los datos previamente detallados, se puede comprender con mayor claridad la magnitud del problema en que se encuentra

actualmente España. Es evidente que se trata de una situación que requiere atención inmediata, ya que el acceso a la electricidad no debe implicar daño al ecosistema que la rodea.

Es fundamental comprender que el debate no sólo se limita a tarea de biólogos o expertos en conservación de la fauna y organizaciones institucionales, sino que también se deben de incluir voces de profesionales del ámbito de la ingeniería. Garantizar un servicio eléctrico ininterrumpido y de calidad es una prioridad, al igual que asegurar la durabilidad y eficiencia de los equipos instalados en los tendidos eléctricos, cuya inversión es significativa y debe de poder dar servicio a lo largo de toda su vida útil.

Tanto económicamente como desde una visión ecologista, es imprescindible que, a través de la cooperación y del compromiso de las empresas del sector eléctrico y los organismos ecologistas, se encuentren soluciones viables que beneficien tanto al medio ambiente como a la sociedad en su conjunto.

2. Legislación vigente

En los últimos años se han consensuado directrices tanto a nivel estatal como a nivel europeo para la protección de la biodiversidad, resultando en documentos legislativos específicos centrados en proteger el medio ambiente.

España ha sido uno de los países pioneros en la incorporación de la protección ambiental dentro de su marco normativo, con las primeras regulaciones referidas a esta materia hace ya más de tres décadas. En particular, la problemática de la electrocución y colisión de avifauna se encuentra estrechamente relacionada con infraestructuras industriales, en muchos casos, regidas por normativas totalmente distintas a las de protección medioambiental. Conforme pasa el tiempo, estas regulaciones han sido revisadas y adaptadas para adoptar una perspectiva más ecológica, con el objetivo de mitigar el impacto sobre la biodiversidad.

Es importante resaltar que España se encuentra entre los primeros países del mundo que han desarrollado una legislación específica para la

protección de la avifauna en relación con los tendidos eléctricos, lo que lo posiciona como un referente en el ámbito mundial en esta materia.

2.1 Normativa específica del sector eléctrico y seguridad ambiental

2.1.1 Ley 21/1992 de 16 de Julio, de Industria

En esta ley quedan fijadas las normas de ordenación y coordinación de las actividades industriales por parte de las Administraciones Públicas. En ella se menciona de manera breve su compatibilidad con el medio ambiente, e incluye una calificación de las infracciones considerando el riesgo o daño de las actividades industriales para las personas, fauna, flora, costas o medioambiente en general como una infracción importante. Esta ley supone un cambio, ya que es la primera ley industrial en mencionar el medio ambiente. Algunos de los artículos más relevantes conforme a la problemática que se trata son:

“(...) Artículo 2. Fines.

El objeto expresado en el artículo anterior se concretará en la consecución de los siguientes fines:

- 1. Garantía y protección del ejercicio de la libertad de empresa industrial.*
- 2. Modernización, promoción industrial y tecnológica, innovación y mejora de la competitividad.*
- 3. Seguridad y calidad industriales.*
- 4. Responsabilidad industrial.*

Asimismo, es finalidad de la presente Ley contribuir a compatibilizar la actividad industrial con la protección del medio ambiente.

(...) Artículo 9. Objeto de la seguridad.

- 1. La seguridad industrial tiene por objeto la prevención y limitación de riesgos, así como la protección contra accidentes y siniestros capaces de producir daños o perjuicios a las*

personas, flora, fauna, bienes o al medio ambiente, derivados de la actividad industrial o de la utilización, funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones o equipos y de la producción, uso o consumo, almacenamiento o desecho de los productos industriales.

- 2. Las actividades de prevención y protección tendrán como finalidad limitar las causas que originen los riesgos, así como establecer los controles que permitan detectar o contribuir a evitar aquellas circunstancias que pudieran dar lugar a la aparición de riesgos y mitigar las consecuencias de posibles accidentes.*
- 3. Tendrán la consideración de riesgos relacionados con la seguridad industrial los que puedan producir lesiones o daños a personas, flora, fauna, bienes o al medio ambiente, y en particular los incendios, explosiones y otros hechos susceptibles de producir quemaduras, intoxicaciones, envenenamiento o asfixia, electrocución, riesgos de contaminación producida por instalaciones industriales, perturbaciones electromagnéticas o acústicas y radiación, así como cualquier otro que pudiera preverse en la normativa internacional aplicable sobre seguridad.*
- 4. Las actividades relacionadas con la seguridad e higiene en el trabajo se regirán por lo dispuesto en su normativa específica.*

(...) Artículo 10. Prevención y limitación de riesgos.

- 1. Las instalaciones, equipos, actividades y productos industriales, así como su utilización y funcionamiento deberán ajustarse a los requisitos legales y reglamentarios de seguridad.*
- 2. En los supuestos en que, a través de la correspondiente inspección, se apreciarán defectos o deficiencias que impliquen un riesgo grave e inminente de daños a las personas, flora, fauna, bienes o al medio ambiente, la Administración competente podrá acordar la paralización temporal de la*

actividad, total o parcial, requiriendo a los responsables para que corrijan las deficiencias o ajusten su funcionamiento a las normas reguladoras, sin perjuicio de las sanciones que pudieran imponerse por la infracción cometida y de las medidas previstas en la legislación laboral.

3. *Las Administraciones Públicas, en el ámbito de sus respectivas competencias, podrán acordar la retirada de los productos industriales que no cumplan las condiciones reglamentarias, disponiendo que se corrijan los defectos en un plazo determinado. Si ello no fuera posible y en función de la gravedad de los riesgos, se podrá determinar su destrucción sin derecho a indemnización, sin perjuicio de las sanciones que sean procedentes.*

(...) Artículo 31. Clasificación de las infracciones.

1. Son infracciones muy graves las siguientes:

a) El incumplimiento doloso de los requisitos, obligaciones o prohibiciones establecidos en la normativa industrial siempre que ocasionen riesgo grave o daño para las personas, la flora, la fauna, las cosas o el medio ambiente.

(...)

d) Las tipificadas en el apartado siguiente como infracciones graves, cuando de las mismas resulte un daño muy grave o se derive un peligro muy grave e inminente para las personas, la flora, la fauna, las cosas o el medio ambiente.

2. Son infracciones graves las siguientes:

a) La fabricación, importación, distribución, comercialización, venta, transporte, instalación, reparación o utilización de productos, aparatos o elementos sujetos a seguridad industrial sin cumplir las normas reglamentarias, cuando comporte peligro o daño grave para personas, flora, fauna, cosas o el medio ambiente.

(...)

m) La inadecuada conservación y mantenimiento de instalaciones si de ello puede resultar un peligro para las personas, la flora, la fauna, los bienes o el medio ambiente.

(...)

q) El incumplimiento por negligencia grave, de los requisitos, obligaciones o prohibiciones establecidos en la normativa industrial siempre que se produzca riesgo para las personas, la flora, la fauna, las cosas o el medio ambiente, aunque sea de escasa entidad; y el mismo incumplimiento y comportamiento cuando, cometido con negligencia simple, produzcan riesgo grave para las personas, la flora, la fauna, las cosas o el medio ambiente.”

2.1.2 Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico

Esta ley tiene como finalidad básica establecer la regulación del sector eléctrico. El suministro de energía eléctrica es crucial para el funcionamiento económico y social, su regulación se organiza en torno a una combinación de monopolios naturales y actividades sometidas a libre competencia.

La Ley 54/1997 del Sector Eléctrico marcó el inicio de la liberación en este sector, separando las actividades de monopolio natural (transporte y distribución) de aquellas bajo un régimen de competencia (generación y comercialización). Dicha ley queda derogada en su mayoría, al igual que la anterior mencionada Ley 21/1992 de Industria.

En esta ley se menciona de manera breve la compatibilidad con el medio ambiente y una vez más incluye una clasificación de las infracciones, considerando el peligro para las personas, bienes o medio ambiente como una infracción importante. Aunque se establecen cuantías de régimen sancionador, no se establecen medidas concretas para determinar el peligro o daño al medioambiente.

A continuación, se presentan algunos extractos relevantes de la Ley 24/2013 de 16 de diciembre para ilustrar los puntos clave relacionados con la seguridad del medio ambiente y los tendidos eléctricos.

“(…) Igualmente se regulan los criterios de redes y de funcionamiento de las instalaciones de generación con retribución regulada, que se fijarán por el Gobierno con carácter básico y de manera homogénea para todo el territorio español en función de las mejores prácticas de las actividades, los índices de calidad y los niveles de protección del medio ambiente, que serán utilizados en la planificación de la red de transporte.

(…) Artículo 4. Planificación eléctrica

(…)

3. Dicha Planificación incluirá los siguientes aspectos:

a) Con carácter indicativo, varios escenarios sobre la evolución futura de la demanda eléctrica incluyendo un análisis de sensibilidad en relación con la posible evolución de la demanda ante cambios en los principales parámetros y variables que la determinan y un análisis de los criterios que conducen a la selección de un escenario como el más probable. Sobre el escenario seleccionado se analizarán los recursos necesarios para satisfacerla y sobre las necesidades de nueva potencia, todo ello en términos que fomenten un adecuado equilibrio entre la eficiencia del sistema, la seguridad de suministro y la protección del medio ambiente.

b) Estimación de la capacidad mínima que debe ser instalada para cubrir la demanda prevista bajo criterios de seguridad del suministro y competitividad, diversificación energética, mejora de la eficiencia y protección del medio ambiente.

(…)

g) Los criterios de protección medioambiental que deben condicionar las actividades de suministro de energía eléctrica, con el fin de minimizar el impacto ambiental producido por dichas actividades.

(...) Artículo 64. Infracciones muy graves.

(...)

16. El incumplimiento, por parte del titular de las instalaciones, de su obligación de mantenerlas en adecuadas condiciones de conservación e idoneidad técnica, siguiendo, en su caso, las instrucciones impartidas por la Administración Pública competente, por el operador del sistema y por el gestor de la red de transporte o por los gestores de las redes de distribución, o encargados de la lectura según corresponda, en virtud de lo establecido en la normativa de aplicación, cuando dicho incumplimiento ponga en riesgo la garantía de suministro o se genere un peligro o daño grave para las personas, los bienes o el medio ambiente.

17. La utilización de instrumentos, aparatos o elementos que pongan en riesgo la seguridad sin cumplir las normas y las obligaciones técnicas que deban reunir los aparatos e instalaciones afectos a las actividades objeto de la presente ley cuando comporten peligro o daño grave para personas, bienes o para el medio ambiente.”

2.1.3 Real Decreto 1955/200, de 1 de diciembre por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Este real decreto (Jefatura del Estado, Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre) tiene como objeto desarrollar el marco normativo en el que han de consolidarse las actividades relacionadas con el sector eléctrico bajo la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del sector eléctrico. En el nuevo modelo, la planificación eléctrica tiene carácter indicativo, salvo en lo que se refiere a instalaciones de transporte de energía eléctrica, que será realizada por el Estado, con la participación de las Comunidades Autónomas. Quedan

mencionados los criterios medioambientales para minimizar el impacto y se presenta una *Disposición adicional* donde se menciona por primera vez la protección de las líneas para prevenir daños a la avifauna.

En el siguiente apartado se incluyen extractos del R.D. 1955/2000 que son de interés.

“(...) Artículo 9. Principios generales

1. El desarrollo de la red cumplirá los requisitos de seguridad y fiabilidad para las futuras configuraciones de la red, los cuales serán coherentes con los criterios técnicos establecidos en los procedimientos de operación del sistema.

Asimismo, el desarrollo de la red atenderá a criterios económicos de forma que las nuevas inversiones puedan justificarse por:

a) Los beneficios derivados de una eficiente gestión del sistema resultante de:

1.º La reducción de las pérdidas de transporte.

2.º La eliminación de restricciones que pudieran generar un coste global más elevado de la energía suministrada.

3.º La incorporación eficiente al sistema de nuevos generadores.

b) Los beneficios derivados de una operación más segura que minimice la energía no servida.

Los criterios de planificación tendrán en cuenta la existencia de obligación de suministro por parte de los distribuidores, sin perjuicio de la asignación de costes que sea aplicable en cada caso.

En la selección de las opciones de refuerzo de la red, se integrarán criterios medioambientales, de forma que los planes de desarrollo procuren la minimización del impacto medioambiental global.

(...)

Disposición adicional undécima. Protección de la avifauna.

Al objeto de prevenir daños a la avifauna, a propuesta de los Ministerios de Economía y Medio Ambiente, se establecerán las medidas de carácter técnico que se deberán adoptar para evitar la colisión y electrocución de las aves con las líneas eléctricas.”

2.1.4 Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero por el que se aprueban el reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09

Este reglamento (Jefatura del Estado, Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero) contiene las disposiciones técnicas y administrativas generales de seguridad en líneas eléctricas y en el que se establecen las instrucciones técnicas complementarias denominadas como ITC-LAT que, entre otros aspectos, dispone la obligación de realizar inspecciones cada 3 años de las líneas eléctricas en relación con la seguridad por parte de los organismos de control autorizados o técnicos titulados competentes.

En la *ITC-LAC 05 Verificación e inspecciones* se detalla el proceso que deberá seguirse para las inspecciones periódicas. En esta misma instrucción se clasifican los defectos leves, graves y muy graves.

Además, en este R.D. se recogen las clasificaciones de las instalaciones eléctricas según su tensión nominal.

“(…) Artículo 3. Tensiones nominales. Clasificación de las instalaciones.

Las instalaciones eléctricas incluidas en este reglamento se clasificarán, atendiendo a su tensión nominal, en las categorías siguientes:

a) Categoría especial: Las instalaciones de tensión nominal igual o superior a 220 kV y las de tensión inferior que formen parte de la Red de

Transporte de acuerdo con lo establecido en la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

b) Primera categoría: Las de tensión nominal inferior a 220 kV y superior a 66 kV.

c) Segunda categoría: Las de tensión nominal igual o inferior a 66 kV y superior a 30 kV.

d) Tercera categoría: Las de tensión nominal igual o inferior a 30 kV y superior a 1 kV.

Si en una instalación existen circuitos o elementos en los que se utilicen distintas tensiones, el conjunto de la instalación se considerará, a efectos administrativos, referido al de mayor tensión nominal.”

2.1.5 Real Decreto 337/2014 de 9 de mayo, por el que se aprueban el reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 01 a 23

El Real Decreto 337/2014 de 9 de mayo, introduce un marco regulador en el ámbito de la seguridad industrial, en forma de reglamento que recoge tanto disposiciones generales de carácter técnico y administrativo como una serie de Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-RAT). Estas instrucciones tienen como finalidad concretar los requisitos normativos en aspectos específicos del sector eléctrico.

El Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, aprobado a través de este real decreto, constituyen los requisitos mínimos exigibles conforme al estado actual de la técnica. Sin embargo, permite la implementación de soluciones alternativas, siempre que se garantice un nivel de seguridad equivalente o superior al previsto en la normativa. Asimismo, impone el cumplimiento obligatorio de ciertas normativas, con especial énfasis en aquellas que regulan

el diseño y fabricación de materiales y equipos utilizados en instalaciones eléctricas de alta tensión.

2.1.6 Real Decreto 542/2020 de 26 de mayo por el que se modifican y derogan diferentes disposiciones en materia de calidad y seguridad industrial

En el Real Decreto 542/2020 de 26 de mayo se modifican y derogan disposiciones previas en materia de seguridad industrial y calidad de suministros. Ante la entrada en vigor de diferentes reglamentos europeos, este R.D. busca simplificar el marco normativo existente. Entre las modificaciones se encuentran normativas modificadas como el Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero de manera que se incorporan exigencias como el cumplimiento del Real Decreto 1432/2008 de 29 de agosto.

Extractos de interés en el Real Decreto 525/2020, de 26 de mayo:

“(…) Artículo noveno. Modificación del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y de sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 03 sobre instaladores y empresas instaladoras de líneas de alta tensión, ITC-LAT 04 sobre documentación y puesta en servicio de las líneas de alta tensión, e ITC-LAT 05 sobre verificaciones e inspecciones, aprobados por el Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero.

(…)

Dos. El artículo 10. «Infracciones y sanciones», queda modificado como sigue:

(…)

No obstante, aquellas infracciones que se deriven del incumplimiento de lo dispuesto en el Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta



estarán sometidas al régimen sancionador establecido en el artículo 10 de dicho real decreto.

Tres. El apartado 2 del artículo 13. «Proyecto de las líneas», queda redactado como sigue:

2. La definición y contenido mínimo de los proyectos y anteproyectos, se determinará en la correspondiente ITC, sin perjuicio de la facultad de la Administración para solicitar los datos adicionales que considere necesarios.

Cuando se trate de líneas, o parte de las mismas, de carácter repetitivo, propiedad de las empresas de transporte y distribución de energía eléctrica, o para aquellas de los clientes que vayan a ser cedidas, los proyectos tipo podrán ser aprobados y registrados por los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, en caso de que se limiten a su ámbito territorial, o por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, en caso de aplicarse en más de una comunidad autónoma. Estos proyectos tipo incluirán las condiciones técnicas de carácter concreto que sean precisas para conseguir mayor homogeneidad en la seguridad y el funcionamiento de las instalaciones, sin hacer referencia a prescripciones administrativas o económicas. En su caso, establecerán las prescripciones técnicas necesarias para asegurar el cumplimiento del Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

(...)

Cuatro. El artículo 15. «Especificaciones particulares de transporte y distribución de energía eléctrica», queda modificado como sigue:

(...)

2. Dichas especificaciones particulares deberán ajustarse, en cualquier caso, a los preceptos del reglamento sobre condiciones y



garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, así como del Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, y previo cumplimiento del procedimiento de información pública, deberán ser aprobadas y registradas por los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, en caso de que se limiten a su ámbito territorial, o por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, en caso de aplicarse en más de una comunidad autónoma.

(...)

4.2 Defecto grave.

Es el que no supone un peligro inmediato para la seguridad de las personas, de los bienes o del medioambiente, pero puede serlo al originarse un fallo en la instalación. También se incluye dentro de esta clasificación, el defecto que pueda reducir de modo sustancial la capacidad de utilización de la instalación eléctrica.

(...)

l) El incumplimiento de las prescripciones técnicas establecidas en el Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, cuando el tendido hubiera sido notificado como peligroso o causante de incendio forestal o electrocución de avifauna protegida, fuera de zonas de protección, o cuando los elementos instalados de acuerdo a las prescripciones técnicas que se establecen en este real decreto estuvieran en un estado deficiente.”

2.2 Normativa medioambiental

2.2.1 Ley 47/2007 de 13 de diciembre del patrimonio natural y de la biodiversidad.

La Ley 42/2007, de 13 de diciembre, regula el marco jurídico fundamental para la conservación, el uso sostenible, la mejora y la restauración del patrimonio natural y la biodiversidad. Sus principios se basan en la protección de los procesos ecológicos esenciales, la conservación de la

diversidad biológica, genética y de especies, así como en la preservación de la singularidad y belleza de los ecosistemas y el paisaje.

El *Título III* aborda específicamente la conservación de la biodiversidad en su entorno natural, estableciendo la responsabilidad de las Comunidades Autónomas en la adopción de medidas para su protección. Se pone énfasis en la preservación de los hábitats y en la creación de mecanismos específicos de resguardo para aquellas especies que lo necesiten. Asimismo, se contempla la elaboración del Listado de Especies en Régimen de Protección Especial, dentro del cual se integra el Catálogo Español de Especies Amenazadas. Este catálogo clasifica a las especies en función del grado de amenaza documentado mediante estudios científicos o técnicos, incluyendo categorías como "en peligro de extinción" o "vulnerable".

El artículo 57 del texto original, publicado el 14 de diciembre de 2007, subraya la importancia de desarrollar estrategias para mitigar las principales amenazas que afectan a la biodiversidad, como la electrocución y la colisión de aves con infraestructuras.

Finalmente, la ley tipifica las infracciones y establece sanciones en los artículos 79, 80 y 81. Con la modificación de 2015, se introduce una referencia a la Ley 26/2007 de Responsabilidad Medioambiental, en la cual se define la metodología para evaluar los daños ambientales y determinar las sanciones correspondientes, además de especificar los procedimientos para la reparación de los daños ocasionados.

2.2.2 Ley 26/2007 de 23 de octubre de responsabilidad medioambiental

Esta ley actuó como transposición de la Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del consejo de 21 de abril de 2004, sobre la responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales. Se aplica a actividades económicas que puedan causar daños significativos al medio ambiente, como industrias o instalaciones

energéticas entre otras, independientemente de la existencia de culpa o negligencia. Esta ley tiene como propósito asegurar que las personas físicas o jurídicas que causen daños significativos al medio asuman la responsabilidad de su reparación. Aunque esta ley no referencia explícitamente la electrocución de la avifauna. Los tendidos eléctricos que representen un riesgo en zonas habitadas por aves vulnerables a la electrocución están sujetos a esta ley y deben ser adaptados, incluso si no se han registrado daños. En los últimos años, se han presentado denuncias por la muerte de aves en estas infraestructuras, lo que ha derivado en sanciones y sentencias condenatorias.

Seguidamente se citan unos extractos de la Ley 26/2007 de 23 de octubre:

“(...) El artículo 45 de la Constitución reconoce el derecho de los ciudadanos a disfrutar de un medio ambiente adecuado como condición indispensable para el desarrollo de la persona, al tiempo que establece que quienes incumplan la obligación de utilizar racionalmente los recursos naturales y la de conservar la naturaleza estarán obligados a reparar el daño causado con independencia de las sanciones administrativas o penales que también correspondan.

Este mandato ha sido objeto de desarrollo a través de diferentes normas jurídicas que, pese a su extensión y actualización, no han sido capaces de prevenir la producción reiterada de accidentes de diversa naturaleza que han tenido gravísimas consecuencias para el entorno natural. Ello pone de manifiesto la necesidad de contar con una legislación ambiental que instrumente nuevos sistemas de responsabilidad que prevengan eficazmente los daños medioambientales y, para los casos en los que estos lleguen a producirse, aseguren una rápida y adecuada reparación.

(...)

Artículo 1. Objeto.

Esta ley regula la responsabilidad de los operadores de prevenir, evitar y reparar los daños medioambientales, de conformidad con el artículo 45 de la Constitución y con los principios de prevención y de que «quien contamina paga»»

2.2.3 Real Decreto 1432/2008 de 29 de agosto por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución de líneas eléctricas de alta tensión.

El Real Decreto 1432/2008 aprobado el 29 de agosto establece medidas destinadas a la protección de la avifauna frente a los riesgos de electrocución y colisión en líneas eléctricas de alta tensión. Su propósito principal consiste en reducir la mortalidad de las aves, especialmente las catalogadas como “especies amenazadas” promoviendo un equilibrio entre la infraestructura energética y la conservación de la biodiversidad.

Este reglamento se publicó en el año 2008 y tal como la Exposición de motivos indica, tiene como origen normativas medioambientales y normativas del sector eléctrico industrial, dado que en él se refleja la necesidad de adoptar medidas de índole electro-técnicas.

Por un lado, se hace referencia a la Ley 42/2007 de 13 de diciembre, destacando la necesidad de adoptar medidas para asegurar la conservación de especies silvestres. Por otro se menciona la ley 21/1992 de 16 de julio y la Ley 54/1997 de 27 de noviembre del Sector Eléctrico, leyes anteriores a la Ley 24/2013 de 26 de diciembre mencionada en este documento, que regulan la necesaria compatibilidad con el medio ambiente, afirmando que la seguridad de una instalación debe de garantizar, no solo la protección contra accidentes que puedan afectar a las personas, sino también a la flora y la fauna adyacente a estas infraestructuras.

Es por todo esto que se puede afirmar que el Real Decreto 1432/2008 de 29 de agosto es una norma de desarrollo de la Ley 42/2007 de 13 de diciembre y de las leyes del Sector Eléctrico y de Industria, ya que se está

ante una disposición normativa transversal e integradora de políticas ambientales en el sector eléctrico.

Es importante aclarar el ámbito de aplicación de las prescripciones especificadas en este decreto, ya que sólo son aplicables a líneas aéreas de alta tensión con conductores desnudos de segunda y tercera categoría, tanto de nueva construcción como líneas ya existentes situadas en zonas de protección. Para las líneas existentes las medidas de protección contra la electrocución son obligatorias mientras que las medidas de protección contra la colisión son voluntarias.

Una de las innovaciones más importantes que aporta este real decreto es la delimitación de las zonas de protección, o las mejor llamadas “zonas ZEPA (Zonas de Especial Protección para las Aves)”. Las zonas de protección y cómo actuar en ellas quedan definidas en el siguiente extracto del texto:

“(…) Artículo 4. Zonas de protección.

1. A efectos de este real decreto, son zonas de protección:

a) Los territorios designados como Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), de acuerdo con los artículos 43 y 44 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

b) Los ámbitos de aplicación de los planes de recuperación y conservación elaborados por las comunidades autónomas para las especies de aves incluidas en el Catálogo Español de Especies Amenazadas o en los catálogos autonómicos.

c) Las áreas prioritarias de reproducción, alimentación, dispersión y concentración local de aquellas especies de aves incluidas en el Catálogo Español de Especies Amenazadas, o en los catálogos autonómicos, cuando dichas áreas no estén ya comprendidas en las correspondientes a los párrafos a) o b) de este artículo.

Previo informe de la Comisión Estatal para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad y mediante resolución motivada, el órgano competente

de cada comunidad autónoma delimitará las áreas prioritarias de reproducción, de alimentación, de dispersión y de concentración local correspondientes a su ámbito territorial.

2. El órgano competente de cada comunidad autónoma dispondrá la publicación, en el correspondiente diario oficial, de las zonas de protección existentes en su respectivo ámbito territorial en el plazo de un año a partir de la entrada en vigor del presente real decreto. “

Este artículo supuso un gran avance en la materia ya que referencia los territorios más propensos a dañar a la avifauna y centra sus esfuerzos en corregirlos. Aunque, pasado el tiempo, en la práctica, se ha descubierto que corregir sólo estos territorios resulta insuficiente. Es por esto que distintas CCAA han ampliado sus zonas ZEPA, o como es el caso de la Comunidad Autónoma de Aragón, directamente buscan recoger todo su territorio como Zona de Protección Especial para la Avifauna.

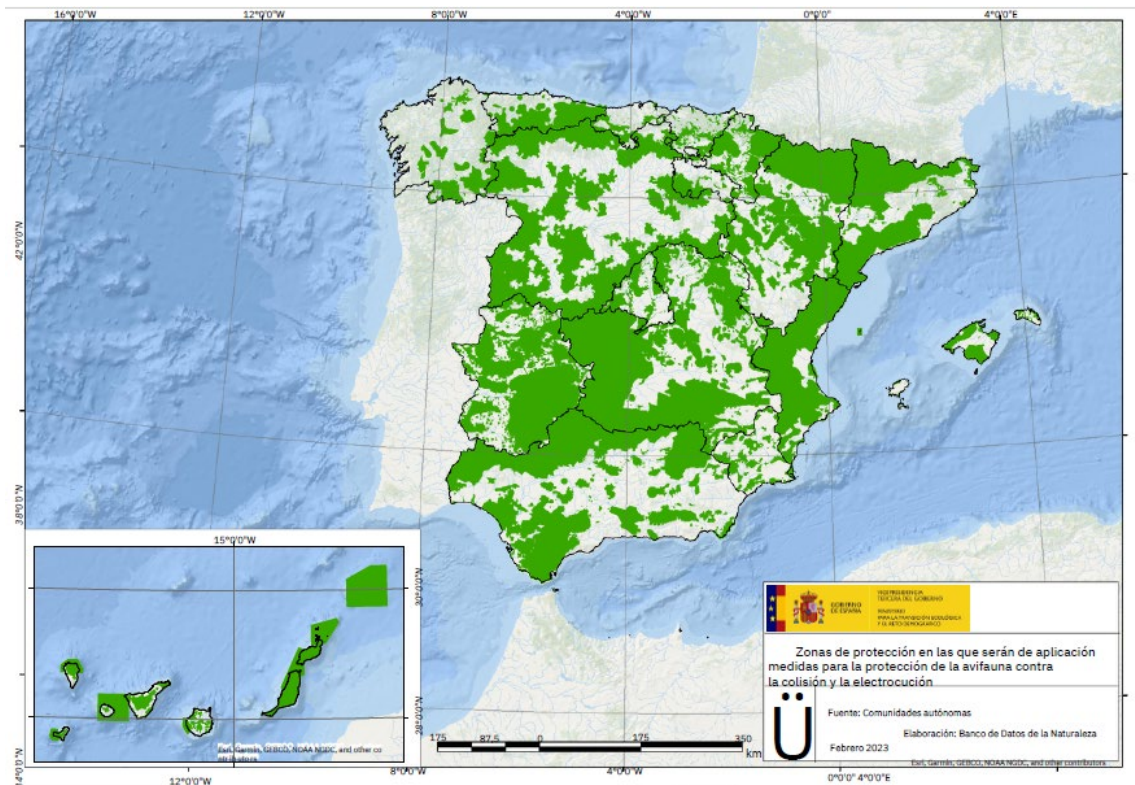


Figura 8. Zonas de protección en las que serán de aplicación medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y electrocución. (MITECO, Febrero 2024)

Las exigencias técnicas propuestas en este documento residen principalmente en cuatro argumentos:

- Diseño seguro de los nuevos tendidos eléctricos: Se han de utilizar estructuras que imposibiliten el contacto simultáneo con elementos conductores.
- Aislamiento y protección de conductores desnudos: Se exige el uso de dispositivos dieléctricos, salvapájaros y elementos disuasorios.
- Corrección de infraestructuras existentes: Las compañías y dueños particulares de líneas con las características descritas deben de adaptar las líneas en zonas críticas para evitar los riesgos de electrocución.
- Mantenimiento de las líneas eléctricas: Periodos donde se prohíben trabajos de mantenimientos no esenciales durante épocas de nidificación, reproducción y crianza.

A continuación, se enumerarán y ejemplificarán las medidas de prevención contra la electrocución descritas en el *Artículo 6* de este real decreto:

- a) *Las líneas han de construirse con cadenas de aisladores suspendidos, evitándose en los apoyos de alineación la disposición de los mismo en posición rígida.*



Figura 9. Apoyo no corregido



Figura 10. Mismo apoyo corregido según R.D. 1432/2008

- b) *Los apoyos con puentes, seccionadores, fusibles, transformadores de distribución, de derivación, anclaje, amarre, especiales, ángulo, fin de línea, se diseñarán de forma que se evite sobrepasar con elementos en tensión las crucetas o semicrucetas no auxiliares de los apoyos. En cualquier caso, se procederá al aislamiento de los puentes de unión entre los elementos en tensión.*



Figura 11. Apoyo no aislado



Figura 12. Apoyos aislados según R.D. 1432/2008

- c) *En el caso del armado canadiense y tresbolillo (atirantado o plano), la distancia entre la semicruceta inferior y el conductor superior no será inferior a 1,5 m.*
- d) *Para crucetas o armados tipo bóveda, la distancia entre la cabeza del fuste y el conductor central no será inferior a 0,88 m, o se aislará el conductor central 1 m a cada lado del punto de enganche.*
- e) *Los diferentes armados han de cumplir unas distancias mínimas de seguridad «d», tal y como se establece en el cuadro que se contiene en el anexo. Las alargaderas en las cadenas de amarre deberán diseñarse para evitar que se posen las aves. En el caso de constatarse por el órgano competente de la comunidad autónoma que las alargaderas y las cadenas de amarre son utilizadas por las aves para posarse o se producen*

electrocuciones, la medida de esta distancia de seguridad no incluirá la citada alargadera.

- f) *En el caso de crucetas distintas a las especificadas en el cuadro de crucetas del apartado e), la distancia mínima de seguridad «d» aplicable será la que corresponda a la cruceta más aproximada a las presentadas en dicho cuadro.*

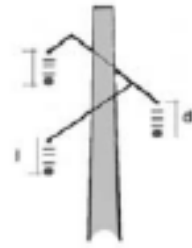
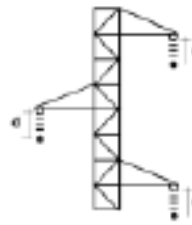

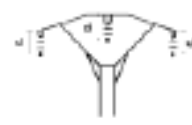
| Tipo de cruceta | Distancias mínimas de seguridad en las zonas de protección |
|--|--|
|  <p>Canadiense</p> | <p>cadena en suspensión $d = 478 \text{ mm}$</p> <p>cadena de amarre $d = 600 \text{ mm}$</p> |
|  <p>Tresbolillo atirantado</p> | <p>cadena en suspensión $d = 600 \text{ mm}$</p> <p>cadena de amarre $d = 1.000 \text{ mm}$</p> |
|  <p>Tresbolillo plano</p> | <p>cadena en suspensión $d = 600 \text{ mm}$</p> <p>cadena de amarre $d = 1.000 \text{ mm}$</p> |
|  <p>Bóveda</p> | <p>cadena en suspensión $d = 600 \text{ mm}$ y cable central aislado 1 m a cada lado del punto de enganche.</p> <p>cadena de amarre $d = 1.000 \text{ mm}$ y puente central aislado.</p> |

Figura 13. Anexo del RD 1432/2008, donde se especifican las distancias a cumplir en diferentes tipologías de apoyos

En el Artículo 7 se establecen las medidas de prevención contra la colisión.

“(…) En las líneas eléctricas de alta tensión con conductores desnudos de nueva construcción, se aplicarán las siguientes medidas de prevención contra la colisión de las aves:

a) Los nuevos tendidos eléctricos se proveerán de salvapájaros o señalizadores visuales cuando así lo determine el órgano competente de la comunidad autónoma.

b) Los salvapájaros o señalizadores visuales se han de colocar en los cables de tierra. Si estos últimos no existieran, en las líneas en las que únicamente exista un conductor por fase, se colocarán directamente sobre aquellos conductores que su diámetro sea inferior a 20 mm. Los salvapájaros o señalizadores serán de materiales opacos y estarán dispuestos cada 10 metros (si el cable de tierra es único) o alternadamente, cada 20 metros (si son dos cables de tierra paralelos o, en su caso, en los conductores). La señalización en conductores se realizará de modo que generen un efecto visual equivalente a una señal cada 10 metros, para lo cual se dispondrán de forma alterna en cada conductor y con una distancia máxima de 20 metros entre señales contiguas en un mismo conductor. En aquellos tramos más peligrosos debido a la presencia de niebla o por visibilidad limitada, el órgano competente de la comunidad autónoma podrá reducir las anteriores distancias.

Los salvapájaros o señalizadores serán del tamaño mínimo siguiente:

Espirales: Con 30 cm de diámetro × 1 metro de longitud.

De 2 tiras en X: De 5 × 35 cm.

Se podrán utilizar otro tipo de señalizadores, siempre que eviten eficazmente la colisión de aves, a juicio del órgano competente de la comunidad autónoma.

Sólo se podrá prescindir de la colocación de salvapájaros en los cables de tierra cuando el diámetro propio, o conjuntamente con un cable adosado de fibra óptica o similar, no sea inferior a 20 mm.”

En el Artículo 8 se recoge el contenido que han de tener los proyectos de construcción, modificación, ampliación o adaptación de líneas eléctricas amparadas bajo este real decreto y teniendo en cuenta lo exigido por el Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero y añadiendo, especificando y describiendo las medidas concretas dispuestas a minimizar los accidentes de electrocución y colisión de la avifauna.

Los proyectos deben contar con al menos:

- a) Descripción del trazado y plano a escala al menos 1:25.000.
- b) Tipos de apoyos y armados a instalar.
- c) Características de los sistemas de aislamiento.
- d) Descripción de las instalaciones de seccionamiento, transformación e interruptores con corte en intemperie.
- e) Características de los dispositivos salvapájaros a instalar y la ubicación de los mismos, en su caso, así como las medidas anticolidión y las medidas anti nidificación en las líneas.

Y por último en los Artículos 9 y 10 se exponen las medidas de mantenimiento de las líneas eléctricas y el régimen sancionador aplicable respectivamente.

“(…) Artículo 9. Mantenimiento de las líneas eléctricas.

1. En la época de nidificación, reproducción y crianza quedan prohibidos los trabajos de mantenimiento de las partes de los tendidos eléctricos que soporten nidos o que en sus proximidades nidifiquen aves incluidas en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial, de acuerdo con los artículos 53 y 54 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

2. Excepcionalmente, se autorizará la realización de reparaciones en la época de nidificación, reproducción y crianza, siempre que se trate de corregir averías que perturben el normal suministro de energía. Estas reparaciones habrán de realizarse previa notificación fehaciente del

programa de trabajo al órgano competente de la comunidad autónoma, que podrá exigir la adopción de medidas concretas para asegurar que la ejecución de las reparaciones no implica riesgo para la avifauna. No obstante y cuando por razones de urgencia se deba actuar para garantizar la calidad o continuidad del suministro eléctrico, y no pudiera realizarse la previa notificación fehaciente del programa de trabajo anteriormente referido, estas reparaciones se podrán llevar a cabo minimizando el impacto sobre la avifauna que pudiera existir e informando en un plazo máximo de 72 horas al órgano competente de la comunidad autónoma de los trabajos realizados y de las medidas tomadas para asegurar la protección de la avifauna.

Artículo 10. Régimen sancionador.

Las infracciones cometidas contra lo dispuesto en este real decreto estarán sometidas al régimen sancionador establecido en el título X de la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, así como en la normativa medioambiental que, en su caso, resulte de aplicación.”

2.2.4 Nuevas normativas de interés

En el R.D 1432/2008 quedan excluidas de su ámbito de aplicación líneas que constituyen el tendido de tracción – línea de contacto – de ferrocarriles u otros medios de transporte electrificados. Estos tendidos, por su tipología y distancias, también son causantes de un elevado número de electrocuciones de aves, además de defectos fase-tierra que también podrían solucionarse con el forrado de partes en tensión con dispositivos aislantes. Ante esta problemática y los inconvenientes que ésta causaba a las instalaciones, provocando fallos en el sistema y retrasos en sus servicios, la empresa ADIF redacta la norma *NAE 121 Medidas para la protección de la avifauna en la línea aérea de contacto* (ADIF, Mayo 2023).

El propósito de esta norma es definir una metodología para evaluar los riesgos y establecer medidas y acciones dirigidas a la protección de la avifauna en la Línea Aérea de Contacto, tanto en sistemas de corriente alterna como continua, dentro de ADIF y ADIF AV.

El documento plantea soluciones técnicas orientadas a minimizar el riesgo de electrocución y colisión de las aves con los cables desnudos que componen la línea aérea de contacto. Asimismo, propone estrategias para

evitar la nidificación en postes y pórticos rígidos, contribuyendo simultáneamente a la protección de las instalaciones frente a posibles averías por derivaciones.

Esta norma será de aplicación a todos los proyectos que contemplen la renovación completa de la catenaria, nuevas electrificaciones y a las líneas electrificadas en servicio, así como a otras intervenciones.

Los incidentes por electrocución pueden ocurrir de dos maneras: cuando hay contacto entre conductores o terminales de diferentes fases (defecto fase-fase) o cuando un conductor en tensión entra en contacto con otro elemento conectado a tierra (defecto fase-tierra).

En la Línea Aérea de Contacto, la electrocución entre fases es poco probable, ya que solo podría darse en electrificaciones con el sistema 2x25kV y en puntos donde la distancia entre fases sea menor que la envergadura de las aves. Por el contrario, la electrocución entre fase y tierra representa un riesgo mayor en estas instalaciones, pues en todas las tecnologías de catenaria existen puntos críticos donde la distancia de aislamiento es insuficiente respecto al tamaño o envergadura de las aves.

Los componentes de la catenaria con mayor riesgo de electrocución incluyen los conductores, aisladores y pararrayos de óxidos metálicos, ya que están ubicados en las zonas donde las aves suelen posarse, es decir, en las partes más elevadas de la catenaria.

El riesgo de electrocución entre fase y tierra se clasifica en tres niveles, los cuales se describen a continuación en las *Figuras 14, 15 y 16* donde las partes en tensión se resaltan en color rojo.

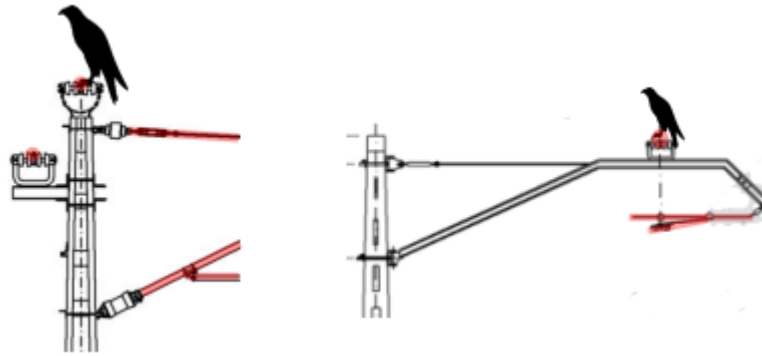


Figura 14. Elementos de la catenaria en tensión con riesgo alto de electrocución. (ADIF, Mayo 2023)

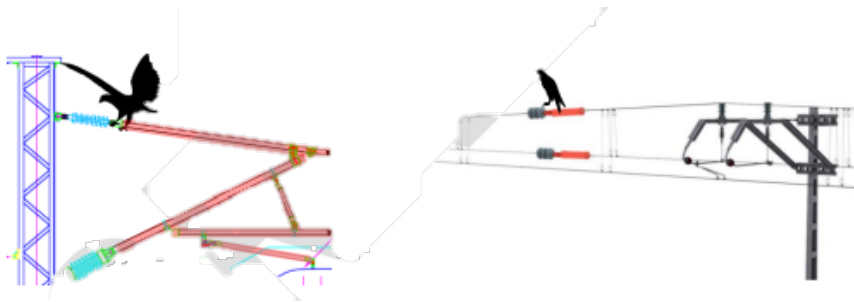


Figura 15. Elementos de la catenaria en tensión con riesgo medio de electrocución. (ADIF, Mayo 2023)

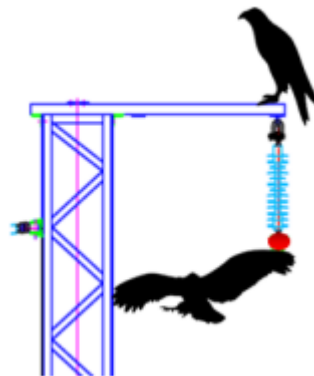


Figura 16. Elementos de la catenaria en tensión con riesgo bajo de electrocución. (ADIF, Mayo 2023)

Finalmente se enumeran las correspondientes medidas mitigadoras, dependiendo del tipo de riesgo localizado. Estas medidas se basan en la utilización de forros de protección y equipos de alta visibilidad.

La normativa sobre la protección de la avifauna sigue evolucionando constantemente. La actualización más reciente es el “Proyecto de Real Decreto por el que se establecen medidas para la protección de avifauna

contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión y para la prevención de la mortalidad en aerogeneradores”, el cual introduce nuevas directrices para minimizar el impacto en estas instalaciones.

El nuevo real decreto pretende derogar el Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión; articulando un nuevo texto actualizado y acorde con los desarrollos tecnológicos acontecidos durante los últimos años. El texto propuesto se estructura en una exposición de motivos, catorce artículos, tres disposiciones adicionales, una disposición transitoria única, una disposición derogatoria única, dos disposiciones finales y dos anexos.

3. Estrategias según normativa para la adaptación de tendidos eléctricos en defensa de la Avifauna

3.1 Pautas generales para la corrección de los apoyos eléctricos del riesgo de electrocución

En el marco de la Estrategia Nacional de lucha contra la electrocución y colisión de avifauna en tendidos eléctricos, deben establecerse criterios unificados para la corrección de los apoyos. En esta sección se presentan pautas de carácter general en la actuación destinadas a homogeneizar los procedimientos de identificación y mitigación de los potenciales peligros en las infraestructuras eléctricas.

Para la elaboración de estas pautas, se ha tomado como referencia la normativa estatal vigente, el Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto. No obstante, algunas comunidades autónomas cuentan con regulaciones más restrictivas en ciertos aspectos, como es el caso de Navarra, Murcia, Castilla-La Mancha, Extremadura, Madrid, Aragón, La Rioja, Andalucía y Cataluña, cuyas particularidades se detallan al final de este punto. Además, si bien la Guía de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 05 (publicada en junio de 2021 por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo) establece procedimientos de verificación e inspección de tendidos eléctricos, su enfoque se centra exclusivamente en la funcionalidad eléctrica y no aborda aspectos

medioambientales. Por ello, seguidamente se presentan las revisiones necesarias desde una perspectiva de conservación de la avifauna, quedando como complemento a las normativas existentes.

De manera general, los incumplimientos de las prescripciones del Real Decreto se basan en dos aspectos fundamentales: El incumplimiento de las distancias de seguridad mínimas y los elementos en tensión por encima de las crucetas.

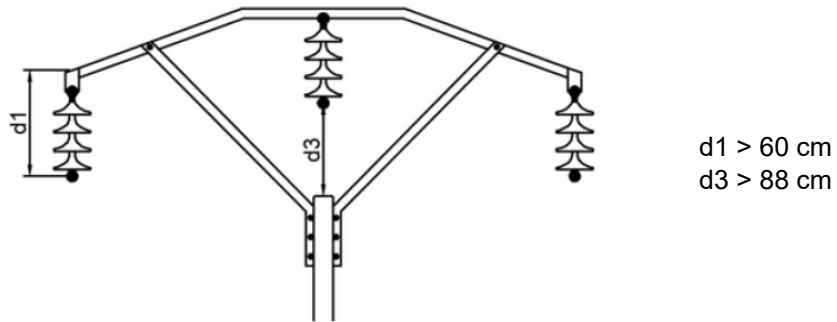
3.1.1 Distancias mínimas

En el Artículo 6 del R.D. 1432/2008 de 29 de agosto, se establecen las distancias mínimas entre la punta de la cruceta y la grapa, excluyendo esta, que el diseño de los apoyos debe de cumplir para que no resulten peligrosos para la avifauna. Estas distancias de seguridad han sido diseñadas teniendo en cuenta criterio medioambientales, pero sin dejar de lado los criterios eléctricos establecidos en el R.D. 223/2008 de 15 de febrero.

Las distancias de seguridad se establecerán según la disposición de la cadena de aisladores en el apoyo, cuando las cadenas de aisladoras están dispuestas en tipo amarre, la mínima distancia entre cruceta y grapa debe de ser de, al menos, 100 centímetros (siendo 60 centímetros en crucetas de tipo canadiense) para las cadenas en disposición suspensión, la distancia debe de ser 60 centímetros (47.8 centímetros en crucetas tipo canadiense).

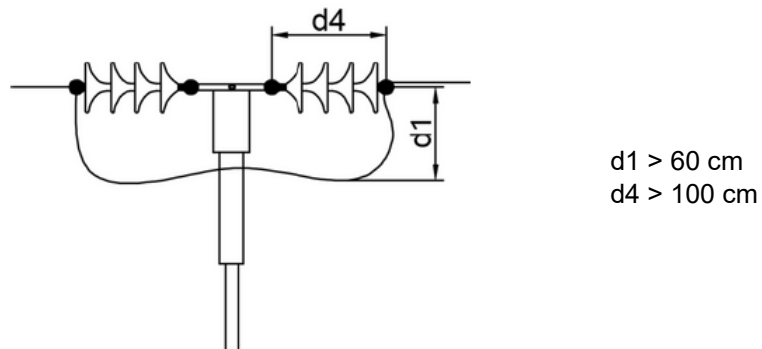
Según la tipología de las crucetas del apoyo, se distinguen distancias específicas:

- **Bóveda:** Este tipo de apoyos deben de cumplir la distancia de 88 centímetros entre la cabeza del fuste y el conductor central, además, este último debe de ir aislado. Ejemplificado en las *Figuras 17 y 18* para el apoyo bóveda clásico, *Figuras 19 y 20* para apoyo bóveda plana y *Figuras 21 y 22* para montaje en 1.



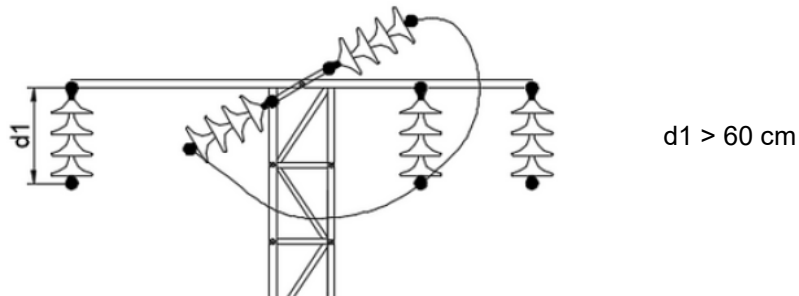
$d1 > 60 \text{ cm}$
 $d3 > 88 \text{ cm}$

Figura 17. Bóveda clásico con cadenas de aisladores en suspensión



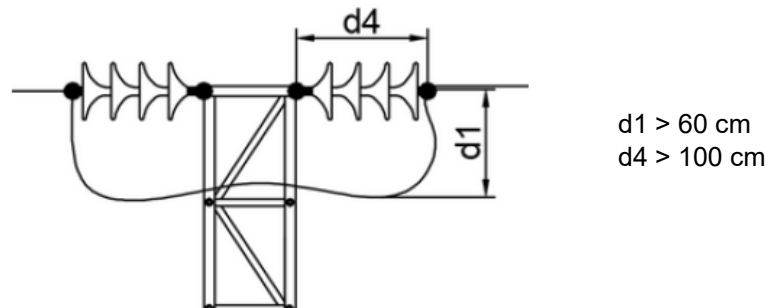
$d1 > 60 \text{ cm}$
 $d4 > 100 \text{ cm}$

Figura 18. Bóveda clásico con cadenas de aisladores en amarre



$d1 > 60 \text{ cm}$

Figura 19. Bóveda plana con cadenas de aisladores en suspensión



$d1 > 60 \text{ cm}$
 $d4 > 100 \text{ cm}$

Figura 20. Bóveda plana con cadenas de aisladores en amarre

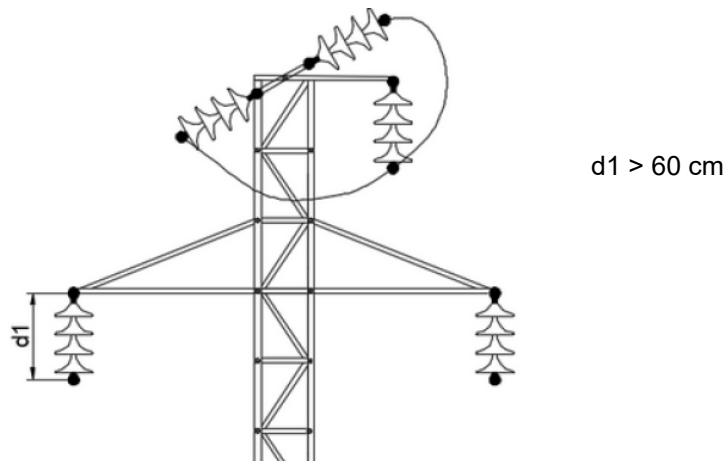


Figura 21. Montaje en 1 con cadenas de aisladores en suspensión

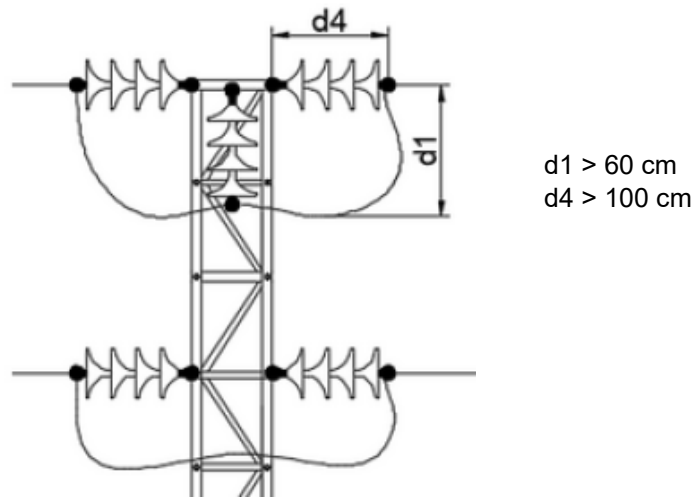


Figura 22. Montaje en 1 con cadenas de aisladores en amarre

- Canadiense: La distancia entre la punta de la cruceta y la grapa de suspensión debe de ser mayor a 47,8 centímetros, misma distancia que debe de equidistar la punta de la cruceta y la parte inferior del puente flojo. Por último, la distancia entre la cruceta y la grapa de amarre debe de ser mayor a 60 centímetros. Estas distancias quedan ejemplificadas en las Figuras 23 y 24.

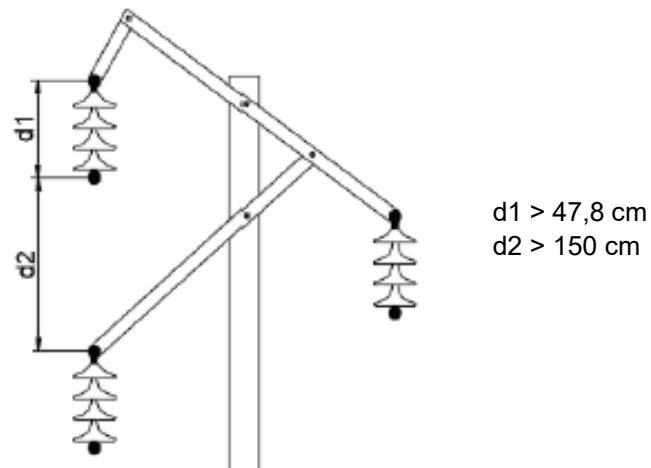


Figura 23. Canadiense con cadenas de aisladores de suspensión

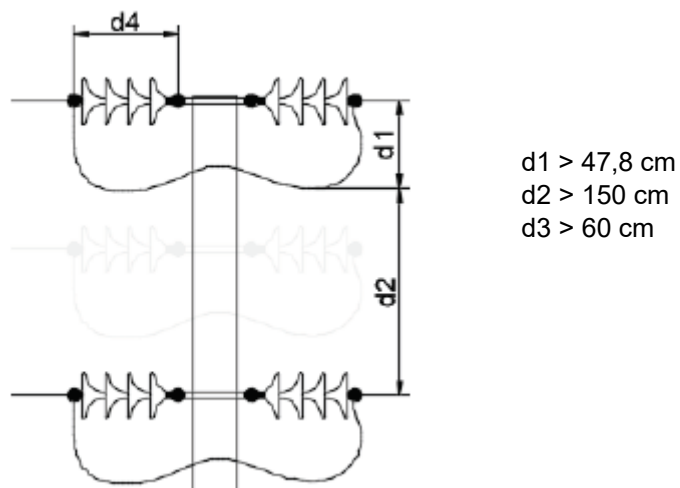


Figura 24. Canadiense con cadenas de aisladores en amarre

- Tresbolillo: En este apoyo se han de cumplir una distancia de 150 centímetros entre la semicruceta inferior y el conductor superior. Figuras 25 y 26 representan las medidas para tresbolillo clásico, Figuras 27 y 28 disposición en bandera y Figuras 29 y 30 bandera doble.

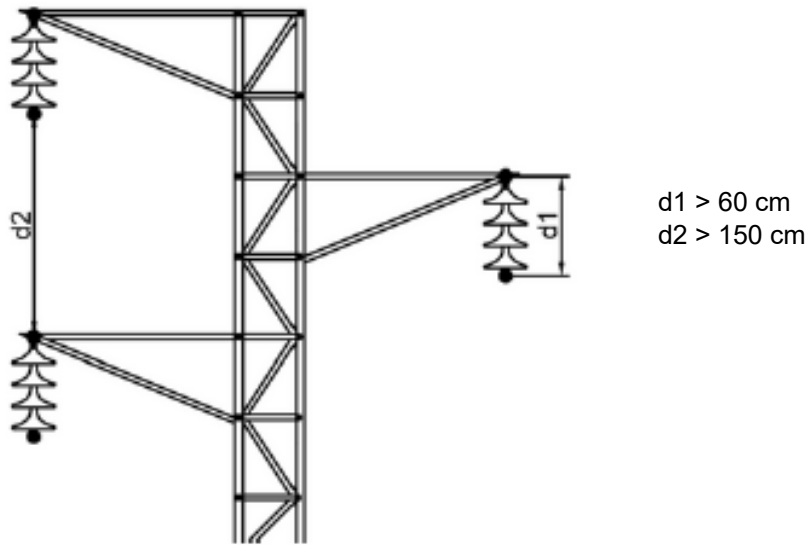


Figura 25. Tresbolillo clásico con cadena de aisladores en suspensión

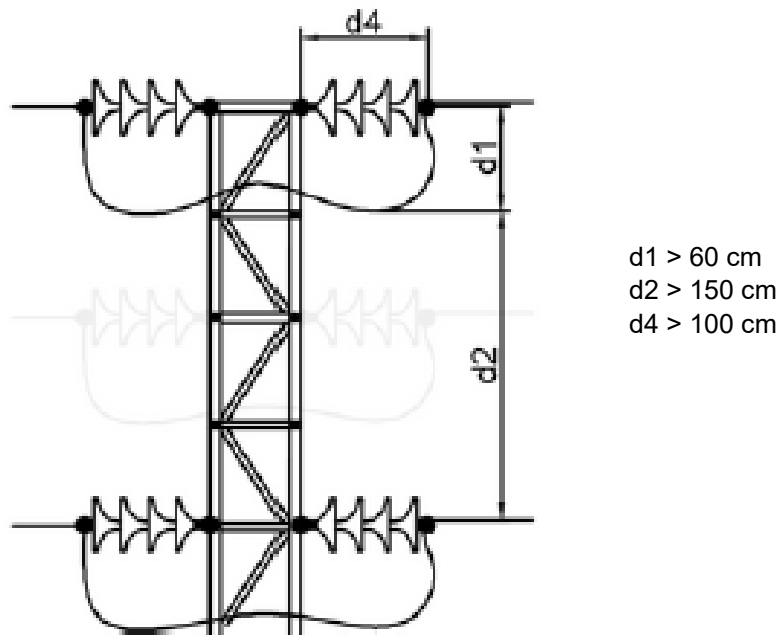
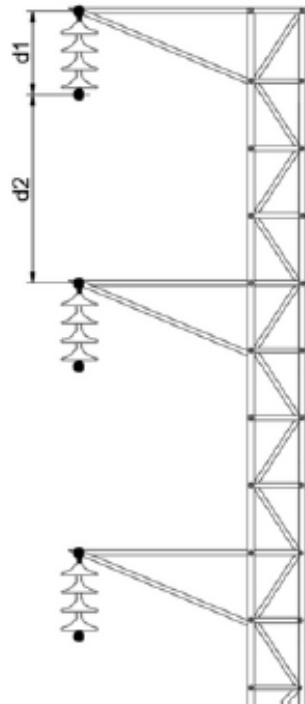
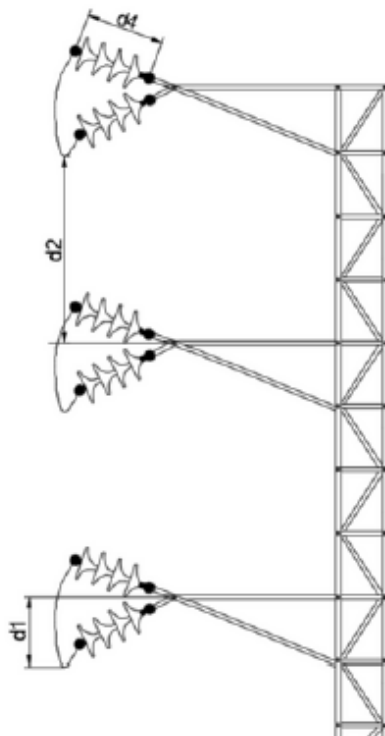


Figura 26. Tresbolillo clásico con cadena de aisladores en amarre



$d1 > 60 \text{ cm}$
 $d2 > 150 \text{ cm}$

Figura 27. Bandera con cadena de aisladores en suspensión



$d1 > 60 \text{ cm}$
 $d2 > 150 \text{ cm}$
 $d4 > 100 \text{ cm}$

Figura 28. Bandera con cadena de aisladores en amarre

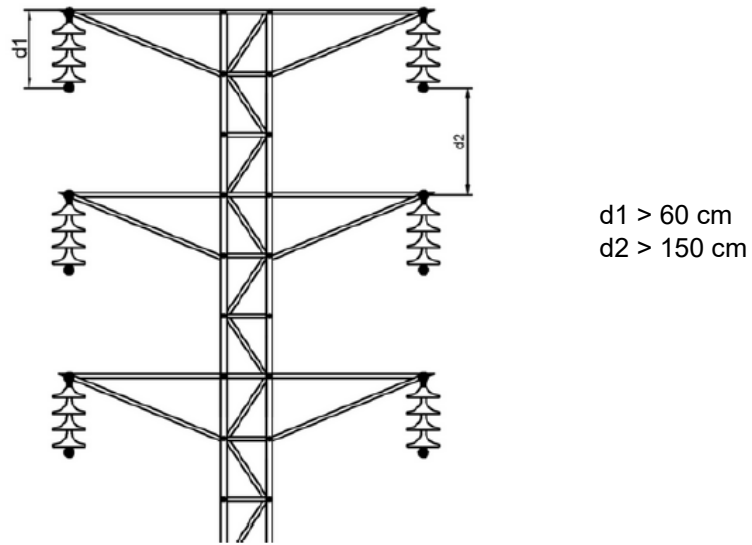


Figura 29. Bandera doble con cadena de aisladores en suspensión

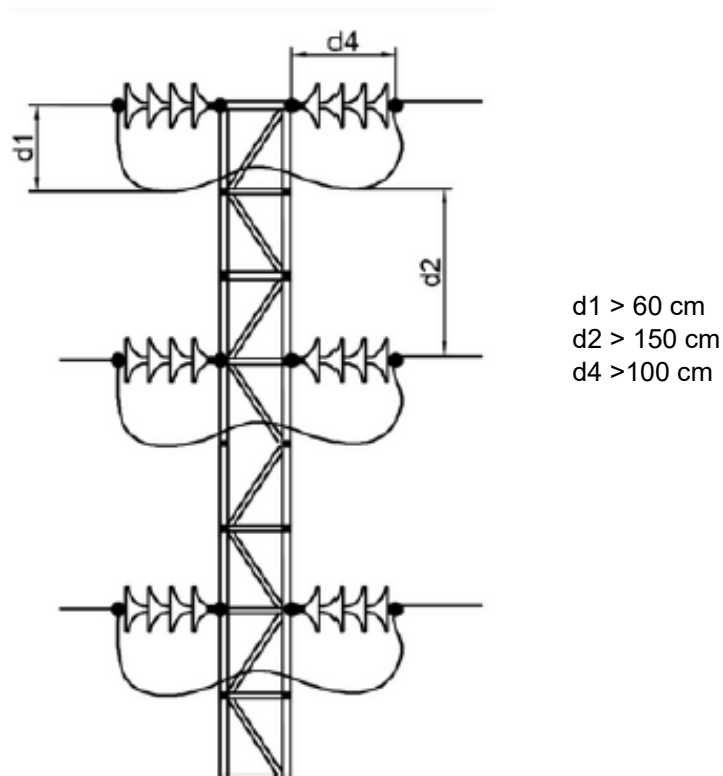


Figura 30. Bandera doble con cadena de aisladores en amarre

3.1.2 Elementos en tensión encima de crucetas y puentes no aislados

Según las exigencias del R.D. 1432/2008 todo elemento en tensión debe de quedar situado sistemáticamente por debajo de la cruceta principal. Para los nuevos tendidos, este requerimiento debe de tenerse en cuenta en la fase de diseño de la infraestructura, pero en tendidos antiguos, se deberán de llevar a cabo diversas adaptaciones para desplazar estos elementos. Esta situación suele darse en apoyos que cuentan con aisladores de tipo rígido, principalmente fabricados en vidrio, que son situados en los apoyos tal como se ejemplifica en las *Figuras 31 y 32*, y en apoyos de derivación, fin de línea o con elementos especiales (Centros de Transformación aéreos, seccionadores, cortocircuitos y autoválvulas principalmente), ilustrado en *Figura 33*, elementos que deben de ser cubiertos con material aislante para hacerlos seguros. También han de adaptarse los puentes flojos de estos apoyos, convirtiéndolos en elementos aislados.

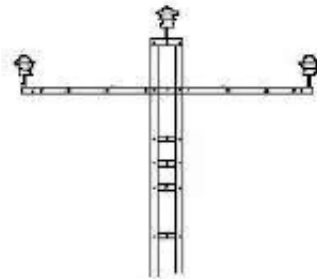


Figura 31. Apoyo tipo cruceta CC



Figura 32. Apoyo en plano horizontal PH

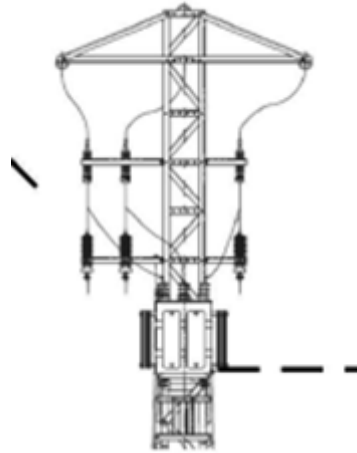


Figura 33. Apoyo con CT aéreo, cortacircuitos y autoválvulas

3.2 Medidas específicas de las Comunidades Autónomas más restrictivas que el R.D. 1432/2008 de 29 de agosto

3.2.1 Andalucía

Según el Decreto 178/2006 de 10 de octubre aprobado por la Junta de Andalucía, las medidas establecen que la distancia entre conductores no aislados debe de ser superior a 145 centímetros. Además, las cadenas de suspensión deben tener una longitud mínima de 75 centímetros, y en las cadenas de amarre se deben aislar los puentes flojos sin excepciones.

3.2.2 Aragón

El Decreto 34/2005 establece una separación mínima entre conductores no aislados de 150 centímetros (Gobierno de Aragón, Decreto 34/2005, de 8 de febrero). También regula las cadenas de suspensión, que deben tener al menos 70 centímetros de longitud.

3.2.3 Castilla y León

El documento “Manual de correcciones de tendidos eléctricos para la protección de la avifauna y tarifas asociadas” recoge medidas obligatorias para las correcciones financiadas con el marco del Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia. Se recomienda aplicar las “Recomendaciones técnicas” del MITERD y las derivadas de este manual, lo que permite el uso

de aislamientos, pero no permite el uso de alargaderas metálicas en apoyos con aisladores en disposición de amarre.

3.2.4 Castilla-La Mancha

En el Decreto 5/1999 aprobado por la Consejería de Agricultura y medio ambiente de Castilla-La Mancha, se establece que la distancia entre conductores no aislados debe superar los 150 centímetros. Asimismo, las cadenas de suspensión deben contar con un aislamiento de 20 centímetros a cada lado, y en las cadenas de amarre se debe garantizar el aislamiento de los puentes flojos.

3.2.5 Cataluña

Según el Consenso con Endesa de enero de 2013, la distancia entre el cable central y el apoyo de bóveda debe ser mayor a 150 centímetros.

3.2.6 Extremadura

El Decreto 47/2004 aprobado por la Junta de Extremadura exige que la distancia entre conductores no aislados sea mayor a 150 centímetros. Sumado a esto se requiere que las cadenas de amarre incluyan el aislamiento de los puentes flojos.

3.2.7 La Rioja

Con base en el Decreto 32/1998 (Gobierno de La Rioja, Decreto 32/1998, de 30 de abril), se establece que la separación mínima entre conductores no aislados debe ser de 150 centímetros. También se obliga a aislar los puentes flojos en las cadenas de amarre.

3.2.8 Madrid

El Decreto 40/1998 aprobado por la Comunidad de Madrid el 5 de marzo fija una distancia mínima de 150 centímetros entre conductores no aislados, con el objetivo de reducir el riesgo de electrocución.

3.2.9 Murcia

El Decreto 89/2012 establece una separación de 145 centímetros entre conductores no aislados. Asimismo, las cadenas de suspensión deben contar

con una longitud mínima de 70 centímetros. (Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, Decreto n.º 89/2012, de 28 de junio)

3.2.10 Navarra

De acuerdo con el Decreto Foral 129/1991, se exige que la distancia entre conductores no aislados sea de al menos 150 centímetros. Adicionalmente, las cadenas de suspensión deben tener una longitud de 70 centímetros. (Gobierno de Navarra, Decreto Foral 129/1991, de 4 de abril)

3.3 Elementos específicos para la adaptación de tendidos

3.3.1 Soluciones estructurales

Estas soluciones se basan en cambiar la estructura del apoyo para poder adaptarlo según normativa. Habitualmente, para cumplir con las distancias exigidas, se suelen sustituir cadenas de aisladores de vidrio por aisladores de naturaleza polimérica. Los aisladores poliméricos o también llamados aisladores de composite, representan la innovación más reciente en el ámbito de los aisladores, surgen como evolución de los aisladores de vidrio, ofreciendo mejoras significativas en sus prestaciones como una reducción del peso y facilidad en su transporte e instalación. Igualmente, presentan una mayor resistencia mecánica y un mejor comportamiento frente a la contaminación. Para la problemática de la electrocución de aves, se han diseñado modelos específicos de aisladores poliméricos integrando elementos disuasorios de posada entre sus aletas, además de cumplir con las distancias requeridas midiendo más de un metro para su uso en amarres y alrededor de 40 centímetros para su uso en suspensión.

Otro cambio estructural algo controvertido son las crucetas aislantes, en los últimos tiempos se ha introducido en el paradigma de la adaptación de tendidos crucetas que toda su estructura está fabricada de material no conductor de la electricidad, y además deben de contar con las mismas prestaciones mecánicas que las crucetas habituales fabricadas en acero. De momento esta solución se encuentra en fase de experimentación ya que se debe de garantizar un alto nivel de seguridad frente a esfuerzos de tracción elevados.

Dado que la normativa vigente está diseñada para crucetas de naturaleza conductora, la sustitución de estas por crucetas de material aislante implica una variación significativa en criterios de seguridad, particularmente en las distancias mínimas de las cadenas de aisladores. Esta solución reduce drásticamente el riesgo de contactos fase-tierra pero los contactos fase-fase siguen siendo un factor de alto riesgo a considerar. En este contexto, se han identificado incumplimientos normativos aplicables a las crucetas aislantes, como que las cadenas de aisladores podrían no cumplir con las distancias mínimas establecidas por el R.D. 1432/2008, siendo más acertado la evaluación de la distancia entre conductores o el punto más cercano donde pueda posarse un ave.

Por otro lado, para evitar el contacto fase-fase, sigue siendo necesario reducir la altura de las fases y cualquier elemento situado por encima de la cruceta, así como garantizar el aislamiento de los puentes de enlace. Es por todo esto que actualmente resulta imprescindible la realización de estudios detallados para poder establecer una normativa específica para estos casos.

3.3.2 Soluciones reactivas

La utilización de prefabricados sirve para recubrir y aislar los elementos en tensión de los apoyos, haciendo de esta manera, que las distancias requeridas se cumplan y la aparatada instalada resulte segura. Aunque siempre que sea necesaria una adaptación se priorizará la corrección estructural, estos elementos aislantes pueden ser un recurso viable en solitario o complementando y perfeccionando las adaptaciones de carácter estructural.

Existe una diversa gama de protecciones con diferentes diseños para adaptarse al elemento que se desea proteger. Además, existen diferentes tipos de forros según la tensión que deban de soportar.

Estas cubiertas se suelen encontrar en fabricadas en dos tipos de materiales, material termoplástico o caucho de silicona (High Temperature Vulcanized), aunque deben de presentar las mismas características dieléctricas para poder soportar la tensión de la red donde se colocan, estos

materiales tienen comportamientos muy diferentes a la hora de su instalación, interacción con el medio y durabilidad.

3.4 Ejemplos de deficiencias en adaptaciones realizadas

No todos los dispositivos diseñados cumplen con los requisitos exigidos una vez instalados en campo. La fuerte competitividad entre las empresas dedicadas al diseño y optimización de estos dispositivos, con el objetivo de ajustarse a lo establecido en el Real Decreto 1432/2008, impulsa una constante búsqueda de soluciones que sean tanto rentables como ampliamente aplicables. Sin embargo, la breve pero intensa trayectoria de estas adaptaciones ha demostrado que algunas soluciones, aunque inicialmente prometedoras, han resultado en consecuencias indeseadas, llegando en ciertos casos a generar incidentes desafortunados o, en el mejor de los escenarios, quedando simplemente como experiencias anecdóticas.

3.4.1 Aisladores poliméricos tipo PECA 700 y 1000

Se trata de un diseño comercializado por la empresa OLVAL junto a grupo Iberdrola entorno al año 2011, cuya idea inicial consistía en combinar la funcionalidad de un aislador con una distancia de 120 centímetros, cumpliendo así con las especificaciones normativas, junto con un elemento disuasorio antiposada compuesto por una espiral de PVC fijada a ambos extremos del aislador, tal como se describe en la *Figura 32*.

Sin embargo, se comprobó que algunas aves quedaban atrapadas en la espiral antiposada, lo que no solo reducía su efectividad, sino que la convertía en un peligro potencial, funcionando más como una trampa para aves rapaces. Además, el bastón de composite que conformaba el aislador parecía incentivar a las aves a posarse, agravando aún más el problema.



Figura 34. Aislador PECA 1000 (OLVAL, 2023)

A esta problemática se sumaba un riesgo aún mayor: la posibilidad de que el material de la espiral generara un camino conductor, puenteando el aislador. Esto resulta extremadamente peligroso en un apoyo de alta tensión, ya que, al anular la función aislante del dispositivo, se facilita la conducción de corriente no deseada, lo que incrementa el riesgo de cortocircuitos, fallos en la red eléctrica y, en el peor de los casos, electrocuciones fatales y la seguridad de la línea en su totalidad.

3.4.2 Alargaderas

Desde el primer momento este elemento resulta controvertido en la corrección de tendidos ya que, por un lado, invita a las aves a posarse sobre él y por otro lado, aunque su función es obtener una mayor distancia fase-tierra, reduce considerablemente la distancia de seguridad. A simple vista, da la impresión de que el problema de la distancia ha sido resuelto. Sin embargo, las alargaderas consiguen únicamente extender la cruceta, sin eliminar realmente el riesgo. En consecuencia, el peligro persiste, haciendo que, en esencia, no se haya logrado ninguna solución efectiva.

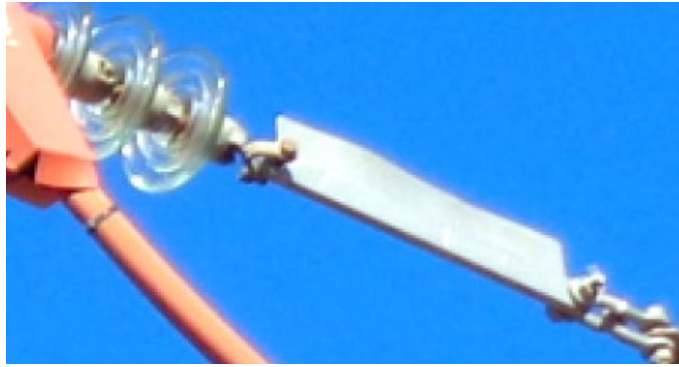


Figura 35. Alargadera instalada en cadena de amarre

3.4.3 Forros aislantes perforados

Muchas de las marcas que diseñan y fabrican elementos para el forrado de las partes en tensión con el objetivo de erradicar la electrocución de aves en los dispositivos en tensión que han de forrarse, disponen de forros en forma de mallado, tal como se expone en la *Figura 36*.

La idea principal es intentar mantener fuera del alcance de la avifauna estos dispositivos, pero más allá de una solución se ha convertido en un peligro para estos animales.

La exigente norma AENOR EA0058:2016 (AENOR, Diciembre 2016), impide taxativamente que los forros puedan ser perforados. Tras muchas simulaciones de laboratorio, se estimó que existen probabilidades de que un animal que esté pisando o posado sobre una parte de la estructura aterrizada, y en condiciones de lluvia o alta humedad, con el pelo o plumaje húmedos rozase el forro con diseño de malla, podría producirse un cebamiento y descarga a masa a través del animal, provocando la electrocución y la falla en la instalación, con los daños correspondientes que esto supondría.

El argumento es simple, ¿en condiciones de lluvia, ustedes tocarían con las manos desnudas un forro perforado que “protege” una pieza en tensión, viva, mientras pisan descalzos sobre la parte de la estructura conectada a tierra?



Figura 36. Modelo “CSELE” Pieza con forma de abanico para separar físicamente las partes metálicas de la cruceta del conductor. (Conectores y Sistemas, 2024)

3.4.4 Forros aislantes con efecto inhabilitante

La dificultad en el diseño de piezas para el forrado de elementos de corte y maniobra reside en que estos forros no pueden intervenir en el normal funcionamiento de estos equipos para poder así asegurar la seguridad y continuidad del servicio eléctrico.

El forrado de elementos móviles tales como corta-circuitos y seccionadores, que componen dos de los elementos más usados en las líneas de distribución eléctrica, suponen un gran reto. Por ello, en ocasiones, seguir estrictamente las recomendaciones de los organismos medioambientales, que promueven el uso de recubrimientos cada vez más extensos, no siempre resulta viable ni seguro para la red eléctrica.

En España, se presentan ambos problemas: por un lado, algunas empresas, por evitar complicaciones, comercializan aislamientos incompletos que dejan expuestos a la intemperie elementos en tensión, manteniendo así el riesgo para la avifauna. Por otro lado, hay compañías que, en su afán por lanzar rápidamente soluciones al mercado, terminan desarrollando protecciones para seccionadores unipolares que, en la práctica, inutilizan por completo el dispositivo. Como fue el caso de un modelo de cobertor termoplástico comercializado entorno al año 2019. Lo más preocupante de este caso es que estos dispositivos llegaron a ser instalados, lo que derivó en

fallos en las líneas e incluso en incendios forestales, ya que no solo el mal diseño de la protección afectó al dispositivo que pretendía cubrir, sino que el material en el que estaba fabricado no cuenta con la categoría de ignífugo.



Figura 37. Cubierta para seccionador dañada por el roce contra la cuchilla seccionadora

4. Estudio de mercado actual en cuanto a dispositivos avifauna

En este apartado se analiza el panorama actual del mercado español en relación a los dispositivos destinados a la protección avifauna en tendidos eléctricos. Se ha llevado a cabo un estudio de las empresas fabricantes de aisladores poliméricos y dispositivos de protección contra la electrocución y colisión. A continuación, se presenta un listado de las empresas identificadas hasta la fecha y las características de sus dispositivos, seguidamente se realiza una comparación entre ellas basado en los aspectos técnicos más significativos.

4.1 Fabricantes y distribuidores de aisladores poliméricos avifauna

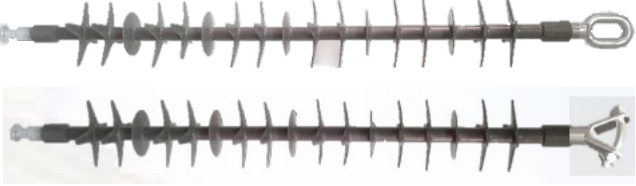


4.1.1 Envertec

Envertec S.L. es una empresa con sede en Granada que se dedica casi en exclusiva a la fabricación de protecciones para avifauna.

Cuenta con un catálogo de elementos muy completo, que a menudo acompaña con videos de instalación de dichos elementos, información de gran interés para una correcta colocación de los mismos. Además, cuenta con manuales de instalación y fichas técnicas fácilmente accesible desde su página web y catálogos.

Sus aisladores poliméricos están comercializados bajo la marca CAON-KORWI® y cuenta con una línea exclusiva de aisladores para uso avifauna los cuales incluyen elementos antiposada compuestos del mismo material aislantes del recubrimiento que compone el aislador. (ENVERTEC S.L., 2025)

Sus modelos más relevantes quedan expuestos en la *Tabla 3*.

| Modelo y descripción | Imagen ilustrativa |
|---|--|
| <p>C3670EBAV_AR, C3670YBAV_AR</p> <p>Aisladores poliméricos de superficie longitudinalmente aislada > 1m</p> |  |
| <p>U70YB30P_AL, U70YB66P_AL</p> <p>Aisladores poliméricos de superficie longitudinalmente aislada > 1m</p> |  |
| <p>U70YB30P_ALA, U70YB66P_AL</p> |  |

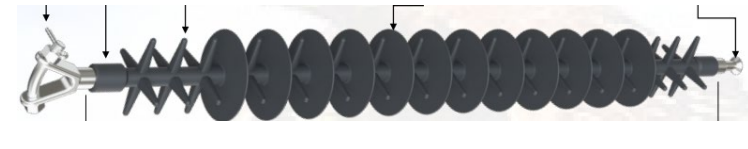
| | |
|--|--|
| <p>Aisladores poliméricos de superficie longitudinalmente aislada > 1.25m</p> |  |
|--|--|

Tabla 3. Modelos de aisladores poliméricos más relevantes comercializados por la empresa ENVERTEC

4.1.2 INAEL

INAEL es una empresa fundada en el año 1977 con sede en Toledo, enfocada principalmente en la fabricación de apartamento para alta tensión. Aun así, en su catálogo incluyen aisladores de naturaleza polimérica, los cuales quedan representados en la *Tabla 4*.



| Modelo y descripción | Imagen ilustrativa |
|---|--|
| <p>CS70AB30AV 170/1250- 1150 30KV 70KV AVIFAUNA ENEL Aislador polimérico homologado para ENEL</p> |  |
| <p>AISLADOR CS70YB30AV- 1170 AVIFAUNA IBERDROLA Aislador polimérico homologado para Iberdrola.</p> |  |

Tabla 4. Modelos de aisladores poliméricos comercializados por la empresa INAEL (INAEL, 2004)

4.1.3 Olval

Olval es una empresa con sede en Jaén la cual, al igual que INAEL, se especializa en apartamento eléctrica de alta tensión. Aunque ha intentado incluir dispositivos para la protección de la avifauna en tendidos eléctricos, su éxito en este ámbito ha sido escaso. Aun así, cuenta con algunos aisladores poliméricos que cumplen con las distancias para este propósito, aunque no disponen de elementos antiposada. Algunos ejemplos de aisladores comercializados bajo su marca se recogen en la *Tabla 5*.

| Modelo y descripción | Imagen ilustrativa |
|---|--|
| <p>AMARRE O SUSPENSIÓN</p> <p>Aisladores de poliméricos para Amarre o Suspensión con Distintos Herrajes para Tensiones de 15 a 220 kV.</p> |  |
| <p>PIN</p> <p>Aisladores de poliméricos con Distintos Herrajes para Tensiones de 15 a 36 kV.</p> |  |

Tabla 5. Modelos de aisladores poliméricos más relevantes comercializados por la empresa Olval

4.2 Fabricantes y distribuidores de dispositivos avifauna en España

4.2.1 Conectores y sistemas

Conectores y Sistemas S.L. es una empresa con sede en Granada que se dedica a la fabricación de cubiertas de material termoplástico para la protección avifauna. Para poder acceder a las fichas técnicas de sus productos al igual que a los manuales de instalación de cada elemento comercializado por esta empresa, es necesario crear una cuenta y registrarse en su página web, por lo que la información técnica no es tan accesible como en otras marcas. Esto dificulta poder conocer las características eléctricas de el material utilizado en sus forros al igual que dificulta conocer el modo de instalación de sus dispositivos.

En la *Tabla 6* se recogen las cubiertas para conductores, grapas de amarre y suspensión, protectores para bornes y elementos especiales junto a sus referencias e imagen ilustrativa.

| Modelo y descripción | Imagen ilustrativa |
|--|---|
| <p>CSMVL31116-17 Cubierta para el forrado de puentes y conductores</p> |  |
| <p>CSAMA31116-031 Pieza de protección para cubrir grapas de amarre. Se emplea con grapas tipo GA-1 y GA-2, rótula corta y aislador de vidrio.</p> |  |
| <p>CSSUS116180 Pieza de protección de material polimérico para cubrir sujeción de apoyo eléctrico. Emplea con grapas tipo GS-1 y GS-2, rótula corta y aislador de vidrio.</p> |  |
| <p>CSPARPOL Pieza de protección para cubrir transformadores y pararrayos.</p> |  |
| <p>CSXSIB Pieza de protección para cubrir Cortacircuitos (CUT-OUT) Polimérico.</p> |  |
| <p>CSXSIBIN Pieza de protección para cubrir Cortacircuitos (CUT-OUT) Cerámico y Polimérico</p> |  |

Tabla 5. Modelos de protectores avifauna más relevantes comercializados por la empresa Conectores y Sistemas

Esta empresa cuenta con una amplia gama de dispositivos muy específicos a los elementos que se desean cubrir, por ejemplo, en el caso de las grapas cuentan con diferentes modelos dependiendo no solo del tipo de

grapa sino también del tipo de aislador y rótula que se haya empleado en esa cadena. Este aspecto presenta tanto ventajas como inconvenientes; por un lado, contar con una amplia gama de productos ofrece seguridad, ya que garantiza la existencia de un dispositivo específico para cada tipo de formación, sin embargo, esta diversidad puede deberse a la limitada adaptabilidad del material termoplástico, lo que obliga a tener que conocer en detalle toda la gama de productos disponibles. Como consecuencia, la selección del modelo adecuado puede volverse compleja aumentando así el riesgo de cometer errores en la elección.

4.2.2 Envertec

Empresa previamente mencionada en el apartado de aisladores poliméricos, también desarrolla dispositivos de protección para la avifauna, utilizando la misma silicona que compone la envolvente polimérica de sus aisladores. Estos dispositivos están diseñados para proporcionar una solución eficaz a las electrocuciones en tendidos eléctricos, aprovechando las propiedades de la silicona, como su resistencia, flexibilidad y durabilidad.

En la *Tabla 6* se recogen los modelos más utilizados en las líneas de tercera categoría comercializados por Envertec.

| Modelo y descripción | Imagen ilustrativa |
|---|--|
| <p style="text-align: center;">SWP</p> <p>Forro protector para conductores en redes M.T. / A.T 15kV – 45 kV</p> <p>Se han diseñado cuatro referencias con diámetros interiores de 12, 16, 22 y 38mm.</p> |  |
| <p style="text-align: center;">STSC</p> <p>Diseñado para cubrir las rótulas metálicas y las grapas de amarre del tipo GA-1 y GA-2, con rango de conductores de diámetro 6 a 16mm, en líneas de distribución de hasta 36kV.</p> |  |

| | |
|---|---|
| <p>SPSC</p> <p>Diseñado para cubrir de modo eficaz las rótulas metálicas y las grapas de suspensión del tipo GS-1 y GS-2, con rango de conductores de diámetro 5 a 17mm, en líneas de distribución de hasta 36kV.</p> |  |
| <p>SPSA</p> <p>Diseñado para ser un dispositivo de uso universal en su cometido de cubrir el herraje metálico y tornillería superior de la mayoría de tipos de Autoválvulas Poliméricas y Cerámicas de MT existentes en el mercado</p> |  |
| <p>KIT SCUP – SCDW</p> <p>Diseñado para forrar tanto el borne superior como el inferior de los Cortacircuitos en línea de tipo cerámico o polimérico.</p> |  |
| <p>2P1MLAXX</p> <p>Espiral anticolidión.</p> <p>Tamaño según cable donde se instale</p> |  |
| <p>DPG-CROCFAST</p> <p>Dispositivo anticolidión. Baliza rotativa, reflectante y foto-luminiscente</p> |  |


| | |
|---|--|
| <p style="text-align: center;">DP-MAG</p> <p>Dispositivo antiposada tipo paraguas.</p> |  |
|---|--|

Tabla 6. Modelos de protectores avifauna más relevantes comercializados por la empresa Envertec

4.2.3 RH

RH corporative international se define como un grupo de empresas que nace en el año 2005 en Madrid, las cuales se dedican principalmente a la fabricación de protecciones avifauna, todas en material termoplástico.

Como se puede observar en la *Tabla 7*, se presentan algunos de los elementos más representativos de esta marca. Del mismo modo, se puede observar que su dispositivo para el forrado de cortocircuitos, se limita a reducir o mitigar el riesgo de electrocución en las aves puesto que no recubre completamente las partes en tensión. Al dejar ciertas zonas sin aislamiento, no garantiza una protección total frente a este peligro, aunque compañías como Iberdrola lo aceptan como medida antielectrocución.

| Modelo y descripción | Imagen ilustrativa |
|--|--|
| <p style="text-align: center;">RH-PLARH0</p> <p>Perfil para protección de conductor desnudo o embarrados hasta 36 kV. Disponible para cubrir diámetros de conductores hasta 14.5 mm</p> |  |

| | |
|--|---|
| <p>RH-PGA Protector para grapas de amarre (GA1/GA2).</p> |  |
| <p>RH-PAUT-EXT Protector hasta 36 kV para grapas de suspensión GS1 sobre aisladores poliméricos.</p> |  |
| <p>RH-PAUT Protector diseñado para proteger los puntos en tensión de las autoválvulas convencionales de Clase 1, tanto con envolventes poliméricas como de porcelana hasta 36 kV.</p> |  |
| <p>RH-PXS-IB-SC Conjunto de protectores apropiados para ser aplicados tanto para cabeza de porta fusibles de expulsión con aisladores poliméricos como con aisladores de porcelana hasta 36 kV.</p> |  |
| <p>BIRDMARK Dispositivo anticolidión diseñado para mantener un giro constante una vez.</p> |  |


| | |
|---|---|
| <p style="text-align: center;">FIREFLY</p> <p style="text-align: center;">Dispositivo anticolidión diseñada para mantener un giro constante una vez.</p> |  |
|---|---|

Tabla 7. Modelos de protectores avifauna más relevantes comercializados por RH

4.3 Comparación de especificaciones técnicas

4.3.1 Normativas y ensayos aplicables

En materia de dispositivos antielectrocución, la normativa base de la cual se han nutrido las compañías eléctricas que disponen de redes España para elaborar sus normativas propias, tales como la norma NI 52.59.03 de I-DE o la norma BNA001 de e-distribución, es la norma EA0058 Forros de protección antielectrocución de la avifauna en líneas eléctricas aéreas de distribución (AENOR, Diciembre 2016). Esta especificación aplica a los forros utilizados en las líneas eléctricas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV e inferior a 66kV quedando diferenciadas en dos grupos recogidos en la *Tabla 8*.

| Clase | Tensión nominal (kV) |
|-------|----------------------|
| 0 | >1 y ≤ 30 |
| 1 | >30 y ≤ 66 |

Tabla 8. Clase de los forros en función de la tensión nominal

En esta norma se encuentran apartados de interés tales como los requisitos generales donde se describe la manera en la que los forros han de diseñarse; los cuales deben de disponer de evacuación de agua para evitar la acumulación de humedad en su interior, deben asegurar la permanencia en la misma posición en condiciones ambientales razonablemente previsibles y sus dimensiones deben de ajustarse lo máximo posible a la pieza que han de cubrir.

También deben de disponer de los elementos y documentos necesarios para comprobar la trazabilidad del material. Estos elementos se componen de un marcado indeleble y fácilmente legible con el nombre del fabricante, la

referencia del modelo dada por el fabricante, el nivel de tensión que puede soportar (U_m), la fecha de fabricación y el símbolo de reciclabilidad. Adicionalmente debe de contar con unas instrucciones de instalación que permitan la correcta colocación del forro.

Además cada número de lote de estos dispositivos que se suministren deben de contar con, como mínimo, la siguiente información a solicitud por el usuario final:

- Fabricante y centro de producción.
- Marca.
- Representante o agente del fabricante en España.
- Descripción del producto, planos e indicación de sus características nominales, partes y materiales.
- Referencia del modelo y número de lote.
- Protocolo de ensayos de rutina realizados a los elementos suministrados.
- Protocolos de ensayos de muestreo realizados a los elementos suministrados.
- Descripción de los embalajes utilizados: tipo, materiales y requisitos especiales.
- Programa de reciclaje para el dispositivo suministrado y sus componentes, al final de su ciclo de vida, así como para los embalajes utilizados.

Cada unidad mínima de embalaje debe ir acompañada de, al menos, la siguiente información:

- Fabricante, marca y modelo/tipo de forro.
- Representante o agente del fabricante en España.
- Descripción y campo de aplicación del forro.
- Listado de componentes.
- Instrucciones de montaje, indicando en su caso, si se puede instalar con técnicas de trabajo en tensión a distancia.

- Instrucciones para el correcto tratamiento de los residuos generados durante el proceso de instalación.

Los forros deben de ser seguros para utilizarse entre temperaturas comprendidas entre -25°C y 105°C , para verificar el cumplimiento de estas directrices se realizarán ensayos mecánicos a bajas temperaturas para temperaturas mínimas y, en el caso de la temperatura máxima se contará con la declaración de material por parte del fabricante. Así mismo se realizarán ensayos de muestreo tal como se indica en la *Tabla 9*.

| Tamaño del lote suministrado | Muestra | Tamaño de la muestra (%) | Nº de defectos para aceptar | Nº de defectos para rechazar |
|---|---------|--------------------------|---|------------------------------|
| 20 a 500 | Única | 2** | 0 | ≥ 1 |
| 500 a 1 000 | Primera | | 0* | ≥ 2 |
| 500 a 1 000 | Segunda | | 0 | ≥ 1 |
| > 1 000 | Primera | | Sujeto a acuerdo entre cliente y fabricante | |
| * En caso de 1 fallo no se rechaza la muestra, pero se deben repetir los ensayos con las mismas pautas; si vuelve a aparecer un fallo se rechaza el lote. | | | | |
| ** Con un mínimo de 5 muestras. | | | | |

Tabla 9. Número de muestras para ensayos de muestreo (AENOR, Diciembre 2016)

Los forros, además deben de pasar ensayos de diferente tipología, los cuales quedan recogidos en la *Tabla 10*.

| Descripción de los ensayos | Apartado | Ensayo de tipo | Ensayo individual | Ensayo sobre muestras |
|--|----------|----------------|-------------------|-----------------------|
| Ensayos sobre el material: | | | | |
| Ensayo de dureza | 8.2.1 | X | | |
| Ensayo de resistencia a la tracción y alargamiento hasta la rotura | 8.2.2 | X | | |
| Ensayo de resistencia al desgarro | 8.2.3 | X | | |
| Ensayo de inflamabilidad | 8.2.4 | X | | |
| Ensayo de rigidez dieléctrica | 8.2.5 | X | | |
| Ensayo de envejecimiento climático | 8.2.6 | X | | |
| Ensayo de resistencia al ozono | 8.2.7 | X | | |
| Ensayos sobre el forro completo: | | | | |
| Verificación de las características constructivas | 8.3.1 | X | | X |
| Forma y dimensiones | 8.3.1.1 | X | | X |
| Aspecto y acabado | 8.3.1.2 | X | X | |
| Marcado | 8.3.1.3 | X | X ¹⁾ | X |
| Ensayo mecánico a baja temperatura | 8.3.2 | X | | |
| Ensayo mecánico del forro | 8.3.3 | X | | |
| Ensayo dieléctrico y medida de corriente de fuga | 8.3.4 | X | | |
| 1) Sólo inspección visual. | | | | |

Tabla 10. Listado y clasificación de ensayos

Para los aisladores de naturaleza polimérica, las normas impuestas vienen desde normativas internacionales, que son en las que se basan las compañías para redactar sus normas, normalmente, más restrictivas.

Las normas IEC (International Electrotechnical Commission) establecen estándares internacionales que garantizan la seguridad, calidad y funcionalidad de los productos eléctricos.

La norma IEC 61109 establece los requisitos para los aisladores poliméricos de tipo cadena (string insulator), a diferencia de la IEC 62217 que es general para los aisladores poliméricos para líneas de alta tensión. Estos aisladores para cumplir con lo exigido en la norma y garantizar así su funcionamiento, deben superar pruebas eléctricas como la resistencia a descargas disruptivas, con valores de 650 kV en impulsos atmosféricos; la rigidez dieléctrica, que debe alcanzar 150 kV en corriente alterna; y la realización de ensayos en ambientes contaminados, donde se evalúa su desempeño frente a niebla salina y lluvia artificial.

En el aspecto mecánico, los aisladores deben soportar cargas elevadas sin fallos ni rotura. La norma exige cumplir con ensayos donde se mide la Carga Mecánica Especificada *Specified Mechanical Load* (SML) que debe de estar en un valor comprendido entre 70 kN y 160 kN, según el tipo de aislador. También se realizan pruebas de fatiga aplicando cargas cíclicas del 50% de la SML durante 96 horas, simulando esfuerzos prolongados. Para medir su resistencia al envejecimiento, se exponen a 5.000 horas de radiación UV, humedad y cambios de temperatura; si no presentan degradación significativa se consideran aptos para su uso en redes de alta tensión.

Estas normativas sirven como base para las especificaciones técnicas de las compañías eléctricas, que añaden requisitos adicionales más restrictivos. Estas exigencias pueden incluir ensayos específicos sobre el material de recubrimiento, los herrajes y procedimientos de muestreo, junto a pruebas de rutina. Al igual que suelen establecer condiciones más restrictivas en los resultados de los ensayos definidos por las normas IEC.

En el caso de la compañía I-DE Grupo Iberdrola además de los ensayos exigidos por la IEC 62217 e IEC 61109 los fabricantes para poder homologar sus aisladores deben de superar unos ensayos tipo que se componen de Ensayo de perturbaciones radioeléctricas (UNE-EN 60437), un ensayo de torsión cuyas características vienen recogidas en la propia norma (I-DE, Mayo 2019 9ª edición) y un ensayo de rotura frágil aplicando lo indicado en el documento de IEC Project 36-6-2.

La compañía Enel en la última revisión de su norma GSCC010 requiere una cantidad significativamente mayor de ensayos conforme a más normas internacionales como las normas ISO (International Standard Organization). En la *Tabla 11* se recogen todos los ensayos que deben de cumplir los aisladores para poder ser homologados frente a esta norma. Se ha de tener en cuenta que todos los ensayos deben ser realizados en laboratorios que cuenten con las acreditaciones oportunas para la realización de tales ensayos según la normativa requerida, además de incluir un certificado de conformidad

de una empresa certificadora que actúa como *Third Party* en el proceso de homologación.

| Tests | | Generic | |
|---|---|---|------------------|
| Tests on interfaces and connections of end fittings | Pre-stressing | IEC 62217, 9.2.5 | |
| | Water immersion pre-stressing | IEC 62217, 9.2.6 | |
| | Verification tests | Visual test | IEC 62217, 9.2.7 |
| | | Steep front impulse voltage test | IEC 62217, 9.2.7 |
| | | Dry power frequency voltage test | IEC 62217, 9.2.7 |
| Tests on sheds and housing material | Hardness test (65 Shore A) | IEC 62217, 9.3.1 | |
| | Accelerated weathering test | IEC 62217, 9.3.2 | |
| | Tracking and erosion test (Class 1A 4.5) | IEC 62217, 9.3.3 | |
| | Flammability test (V0) | IEC 62217, 9.3.4 | |
| Tests on the core material | Porosity test (dye penetration test) | IEC 62217, 9.4.1 | |
| | Water diffusion test | IEC 62217, 9.4.2 | |
| Assembled core load-time | Determination of the average failing load of the core of the assembled insulator | | |
| | Control of the slope of the strength-time curve of the insulator | | |
| Additional tests on housing material | Density (1.5 g/cm ³) | ISO 2781 | |
| | Breaking stress (3.5 N/mm ²) | ISO 37 | |
| | Breaking elongation (200 %) | ISO 37 | |
| | Tear strength (12 N/mm ²) | ISO 34-1 | |
| | Tracking and erosion test (Class 1A 4.5) | IEC 60587 (sample taken from the shed of the insulator) | |
| | Volume resistivity (10 ¹⁰ Ω.m) | IEC 62631 | |
| | Low current arc discharge (más de 300s) | IEC 61621 | |
| | Silicone thickness (shed and triple point) (min. 3 mm) | IEC 61109 and IEC 61952 | |
| | Silicone Fingerprint (DSC, TGA and FTIR) | Cigre Brochure 595 2014, WG D1.27, Fingerprinting of Polymeric Insulating Materials for outdoor use | |
| | Hydrofobicity (WC1) | IEC TS 62073 | |
| Additional tests on connections | Galvanizing test (Un 100µm, av 120µm) | IEC60383-1 | |
| Additional test on the core | Test on resistance of core against stress corrosion | Described in this standard | |
| Screening test | Tracking and erosion test on tracking wheel | IEC/TR 62730 | |
| Mechanical characteristics | Damage limit proof test and test of the tightness of the interface between end fittings and insulator housing | IEC 61109 11.2 | |
| Electrical characteristics | Dry lightning impulse withstand voltage test | IEC 61109 11.1 | |
| | Wet power frequency test | IEC 61109 11.1 | |

Tabla 11. Ensayos requeridos para la homologación de aisladores por la norma GSCC010 versión 3 de ENEL.

4.3.2 Durabilidad y vida útil de los dispositivos

Para conocer la durabilidad de estos dispositivos se realizan ensayos de envejecimiento climático y resistencia al ozono los cuales consisten en un procedimiento para evaluar la resistencia de los materiales frente a condiciones ambientales adversas. A través de pruebas aceleradas en cámaras especializadas, se simula la exposición prolongada a factores como radiación UV, humedad, aspersión de agua, temperatura extrema y agentes contaminantes. Este análisis permite determinar la durabilidad de los dispositivos y prever su desempeño en el tiempo. Según la EA0058 el ensayo de envejecimiento climático debe de realizarse conforme a la norma UNE

211605 cobre una muestra de forro de las que se obtendrán cinco probetas de 6 x 6 centímetros cada una para someterlas a seis ciclos de radiación energética de 43 W/m² y temperaturas controladas de (70 ± 3)°C. Se considera superado el ensayo si las características de rigidez dieléctrica y dureza no carían más de un 15% respecto a los valores iniciales siempre y cuando sigan garantizándose el cumplimiento de los valores mínimos exigidos inicialmente.

El procedimiento del ensayo de resistencia al ozono, el cual se realiza para valorar la resistencia al agrietamiento superficial que se produce en el material por efecto del ozono, realizado según la norma UNE-EN 60811-403 requiere muestras del material del forro de unas dimensiones de 150 x 150 x 3mm, condiciones de temperatura de (25±2)°C, una concentración de ozono de 250 ± 25 ppm durante 30 horas de exposición continuada. El ensayo se considerará superado si el forro no presenta ninguna grieta tras inspección visual.

En laboratorios como CEIS, se han realizado ensayos para estimar una vida útil superior a 20 años en productos como los forros de silicona marca CAON-KORWI®. La combinación de pruebas en laboratorio y en campo garantiza resultados más precisos sobre la resistencia de estos materiales a lo largo del tiempo.

Estos dispositivos para la protección avifauna, la silicona y los termoplásticos son materiales ampliamente utilizados debido a su capacidad de soportar condiciones ambientales extremas. Los forros de silicona, como los desarrollados por Envertec, destacan por su hidrofobicidad y resistencia a la degradación por radiación UV, lo que les permite conservar sus propiedades en zonas con alta humedad o contaminación salina.

RH Corporative Internacional fabrica protecciones para avifauna utilizando material termoplástico de alta calidad, reconocido por su excelente capacidad de aislamiento dieléctrico y resistencia a condiciones meteorológicas adversas. Aunque destacan la durabilidad y facilidad de instalación de sus productos, no especifican una vida útil exacta en la

información disponible. Por otro lado, Conectores y Sistemas desarrolla dispositivos de protección avifauna con materiales, también termoplásticos, diseñados para garantizar máxima calidad y resistencia ante diversas condiciones climáticas. Sin embargo, no proporcionan detalles específicos sobre la durabilidad o vida útil de sus productos en la información disponible.

En el caso de los aisladores poliméricos, en la norma específica IEC 62217 apartado 9.3.2 también recogen protocolos de ensayos de envejecimiento acelerado para asegurar las propiedades de los materiales del aislador con el paso del tiempo. (Asociación Española de Normalización (UNE), UNE-EN 62217:2013)

4.3.3 Impacto ambiental y sostenibilidad

La seguridad en las infraestructuras eléctricas es un requisito fundamental para la protección del medio ambiente y la prevención de incendios forestales. Los forros avifauna, diseñados para evitar el contacto de las aves con líneas eléctricas, deben de ser fabricados con materiales resistentes al fuego para reducir el riesgo de ignición. El uso de materiales inflamables ha provocado incendios forestales tras la exposición a arcos eléctricos, con consecuencias devastadoras para los ecosistemas y las comunidades cercanas. Garantizar que estos recubrimientos no ardan es primordial para evitar la propagación del fuego, minimizar pérdidas económicas y proteger la biodiversidad del lugar. Por ello, es esencial que cumplan con estrictas normativas de resistencia al fuego como el ensayo de inflamabilidad. Aunque la norma EA0058 y la normativa específica de Endesa BNA001 piden claramente que se debe de cumplir con el ensayo de inflamabilidad UNE EN 60695-2-11, únicamente la norma NI 52.59.03 incluye también la necesidad de que el material cumpla con la categoría "V0".

El ensayo de inflamabilidad verifica el comportamiento del material del forro frente a la ignición y las propiedades de autoextinción. Principalmente existen dos tipos de ensayo, el ensayo de hilo incandescente según norma UNE EN 60695-2-11:2015 donde se simula las tensiones térmicas generadas por una fuente de calor eléctrica que pueda representar un riesgo de incendio.

Para ello, se emplea un hilo incandescente a 650°C. Y el ensayo de combustión vertical según norma EN 60695-11-10:2014. Esta prueba mide el tiempo de combustión de una muestra del material en que están realizados los forros

El método de ensayo del hilo incandescente/caliente permite determinar, bajo condiciones de laboratorio controladas, si el producto tiene una capacidad reducida de ignición o, en caso de arder, si la propagación de la llama es limitada. La probeta debe posicionarse de manera que la punta del hilo incandescente se aplique en la zona más expuesta a tensiones térmicas durante su uso normal, manteniendo el hilo en posición lo más horizontal posible. Si se requieren múltiples ensayos en la misma muestra, es fundamental garantizar que el deterioro de pruebas anteriores no afecte los resultados, asegurando una distancia mínima de 30 mm entre cada punto de ensayo. No obstante, esta norma no cubre el análisis del riesgo de incendio general, ni aspectos relacionados con la inflamabilidad o la propagación del fuego a otros materiales. Es por esto que se complementa con el anteriormente mencionado ensayo de combustión vertical según norma EN 60695-11-10:2014. Esta prueba mide el tiempo de combustión de una muestra del material en que están realizados los forros, la cual es fijada verticalmente, después de que haya entrado en contacto con una llama de 50W durante 10 segundos. Las pruebas V0, V1 y V2 determinan el grado de autoextinción de un material.

- Clasificación V0: El fuego se extingue en 10 segundos sin goteo.
- Clasificación V1: El fuego se extingue en 30 segundos sin goteo.
- Clasificación V2: El fuego se extingue en 30 segundos con goteo.

Otras de las partes a considerar para la elección del tipo de material a instalar en las redes de alta tensión es el comportamiento con el medio. El material debe de no emitir tóxicos al ecosistema que lo rodea y poder ser reciclado después de su vida útil.

Los fabricantes de protecciones para la avifauna buscan materiales que cumplan una doble función: proporcionar aislamiento eléctrico necesario para ser efectivos contra electrocuciones accidentales y ser sostenibles. No tendría sentido proteger la biodiversidad si, al mismo tiempo, se contribuyera a su deterioro con materiales contaminantes.

La mayoría de los fabricantes optan por la fabricación empleando moldes para plásticos termoconformados. Esta técnica utiliza materiales de origen plásticos, según estos fabricantes derivados de elementos reciclables como maderas nobles, lo que reduce el impacto ambiental. Además, las materias primas plásticas de alta calidad permiten la producción en grandes volúmenes, asegurando que estos dispositivos sean no solo sostenibles, sino también una opción práctica y eficiente para su implementación en infraestructuras eléctricas. (RH corporative international) Sin embargo, no se encuentra información disponible por parte de las empresas comercializadoras de termoplásticos respecto a sus características de garantía y durabilidad, lo que dificulta evaluar su verdadero desempeño a largo plazo.

En el caso de la silicona tipo HTV destacan por una excelente y duradera repelencia al agua, propiedad conocida como hidrofobicidad la cual perdura durante toda su vida útil, al no absorber humedad las corrientes de fuga se minimizan y se evitan las descargas por acumulación de suciedad incluso en caso de fuerte contaminación en la superficie ya que el efecto hidrófobo se transmite a la capa de contaminación (transferencia de la hidrofobicidad) además son permeables al oxígeno lo que es una característica útil para la realización de termografías.

Los forros de silicona dotados de un espesor mínimo de silicona de 3 a 3,5 milímetros (según modelos), presentan un excepcional comportamiento dieléctrico y ante la incidencia de los rayos UV, no acusando la degradación cromática ni la cristalización, y son efectivos incluso en zonas de muy alta contaminación salina.

Más allá de la materia prima de la que estén fabricados los forros existen otros factores determinantes para asegurar el rendimiento en el tiempo como son; el diseño y la geometría del dispositivo de modo que el tamaño de estos sea lo más reducido posible para mejorar el comportamiento aerodinámico frente a vientos dominantes y los sistemas de fijación y el aseguramiento de los cierres de los forros para evitar el desplazamiento u apertura de estos. (ENVERTEC S.L., 2020)

Respecto al reciclaje después de su vida útil, los termoplásticos utilizados en los dispositivos avifauna pueden reciclarse, pero con ciertas limitaciones dependiendo del tipo de material y grado de degradación. Los termoplásticos, a diferencia de los termoestables como las siliconas, pueden fundirse y reformarse varias veces sin perder sus propiedades mecánicas.

En el caso de los dispositivos avifauna, los materiales más comunes son policarbonato (PC), polipropileno (PP) y poliamida (PA), debido a su resistencia a la intemperie, los rayos UV y las variaciones térmicas. Estos plásticos pueden reciclarse mediante procesos mecánicos, como la trituración y el regranulado, siempre que no estén excesivamente degradados por la exposición prolongada a factores ambientales. Pero, si el material ha sufrido alteraciones por radiación UV o cargas mecánicas intensas, su reciclabilidad puede verse reducida o requerir procesos químicos. (Recycledplastic.com, 2025).

La silicona empleada en dispositivos para la protección de la avifauna es un elastómero termoestable reconocido por su notable resistencia a condiciones climáticas adversas, radiación ultravioleta y temperaturas extremas. Sin embargo, su reciclaje presenta desafíos debido a su estructura reticulada, que impide su fusión y remodelado sin degradación. Existen métodos de reciclaje químico que descomponen la silicona en oligómeros (siloxanos cíclicos D3, D4, D5) reutilizables para producir silicona de calidad virgen, estos procesos aún están en etapas iniciales de desarrollo y no se han implementado ampliamente a escala industrial. En consecuencia, la mayoría de los residuos de silicona se gestionan mediante incineración con

recuperación de energía o se procede a triturar la sílica para aplicaciones de menor exigencia. (TOSSIT, 2025)

5. Presentación del proceso de adecuación de una línea aérea de distribución de tercera categoría potencialmente peligrosa

La línea que se adaptará se encuentra en el Municipio de Ademuz CP: 46140, Comunidad Valenciana. Denominada con el nombre “Ademuz” e ID M15139, cuenta con 4 apoyos potencialmente peligrosos y una longitud de 340.83 metros entre ellos. Estos apoyos fueron clasificados como peligrosos, presumiblemente debido a la electrocución previa de un ave. En consecuencia, el organismo competente en materia de medio ambiente emitió el correspondiente requerimiento, solicitando su adaptación. Dicho requerimiento fue trasladado en forma de petición de medición y elaboración de oferta. La información de la que se dispone referente a la ubicación viene recogida en el *Anexo I*.

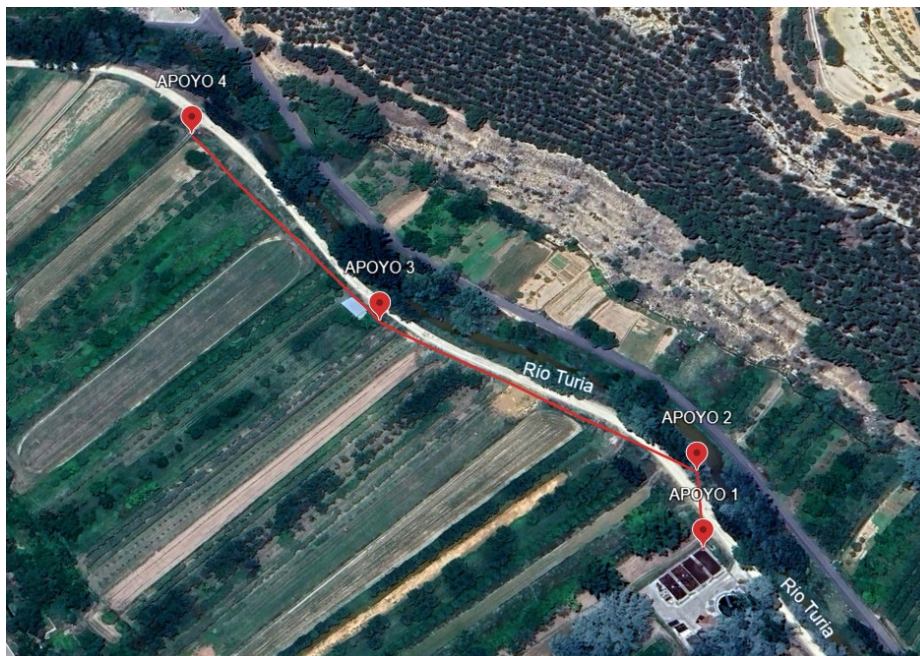


Figura 38. Trazado de la línea Ademuz a adecuar

La línea se compone de cuatro apoyos, dos de tipología horizontal 0° “bóveda plana” y dos de tipo bóveda. Aunque desconocemos el tipo de

conductor y la información referente a la tensión la tensión nominal (U_n) de la línea, podemos suponer, gracias a el número de platos de vidrio de la cadena de aisladores, que la tensión de la línea se encuentra entre 15 y 30 kilovoltios de tensión nominal (U_n) por lo que esta línea pertenecía a la categoría tercera. Información igualmente respaldada por la grapa de amarre que se observa en las fotografías, la cual dispone de únicamente dos estribos por lo que se trata de una grapa de amarre tipo GA-1, la cual puede albergar conductores de entre 6 y 10 milímetros de diámetro. Según la información disponible, no se especifica que la línea pertenezca a ninguna compañía por la que deban de estar homologados los dispositivos que se utilicen para llevar a cabo la adecuación.

El primer apoyo cuenta con un centro de transformación aéreo junto a pararrayos autovalvulares y cortacircuitos cerámicos para proteger al transformador. Elementos potencialmente peligrosos que deben de tenerse en cuenta a la hora de realizar las adaptaciones.

5.1 Medidas reactivas necesarias para la adaptación conforme al R.D. 1432/2008

Seguidamente se detalla la información con las correcciones reactivas, las cuales pueden ser instaladas sin necesidad de modificar los elementos actuales de los apoyos. Las medidas corresponden a las acciones necesarias para asegurar las distancias mínimas requeridas en el R.D. 1432/2008 para el tipo de apoyo en particular.

Se utilizarán las referencias de los modelos comercializados bajo la marca CAON-KORWI® (ENVERTEC S.L., 2025) ya que, como se ha indicado anteriormente, su material es ignífugo categoría V0.

5.1.1 Apoyo 1

El primer apoyo este compuesto de 3 amarres *Figura 37*, donde la distancia entre cruceta y conductor debe de ser mayor a 1000 milímetros. Dado que el paso de los aisladores modelo U40 utilizados para la tensión correspondiente de la línea cuentan con un paso de 110 milímetros por disco, la distancia es insuficiente a lo requerido en el R.D.1432/2008. Así que

además del aislamiento obligatorio del cable central junto a su grapa por una longitud de mínimo 1 metro se llevará acabo el forrado de las otras dos grapas laterales junto a un metro de conductor.

Para ello se utilizarán tres unidades del modelo STSC junto a aproximadamente 3 metros del cobre conductor modelo SWP-12.

Teniendo en cuenta que deben de forrarse también los puentes flojos, en los cuales se usará aproximada mente dos metros de cobre conductor por puente, se tomarán 20 metros aproximadamente de cubreconductor para la totalidad del apoyo.

Los dispositivos de corte y maniobra de aislarán con tres unidades de kit referencia SCUP-SCDW para los tres cortacircuitos “tipo XS” situados en la cruceta auxiliar media. Seguidamente se utilizarán 3 unidades del modelo SPSA para el aislamiento de los bornes de las tres autoválvulas que protegen al transformador.



Figura 39. Apoyo 1 Línea Ademuz

Aunque no se logra percibir en las imágenes, el transformador cuenta de cuatro bornas BT dispuestos linealmente con salidas verticales enfrentados a las tres bornas de AT. La totalidad de las bornas han de aislarse por lo que se usarán dos modelos diferentes para cada tipo de bornas. Para las bornas

de BT se utilizará el modelo SPEB con un diámetro más ajustado y dos salidas tanto horizontal como vertical, mientras que para las tres bornas se usará el modelo SPB similar al anterior modelo, pero con unas dimensiones mayores.

Las uniones de los distintos forros junto al cubreconductor se realizará mediante el uso de cinta de silicona de naturaleza autovulcanizable o de vulcanización en frío lo que hará que los dispositivos queden asegurados entre ellos y no se deslicen perdiendo su efectividad.

Las cintas autovulcanizables presentan propiedades autoadhesivas que permiten su aplicación directa sobre conductores rígidos o flexibles, ya sean desnudos o estén en tensión, sin necesidad de emplear herramientas adicionales ni fuentes de calor. Esta facilidad de instalación sobre elementos con geometrías irregulares constituye una ventaja, a la vez que garantiza un aislamiento dieléctrico eficaz incluso en condiciones ambientales adversas. El proceso de vulcanización se inicia en torno al primer minuto tras su aplicación, alcanzando su eficacia total tras un periodo aproximado de 24 horas.

La formulación específica de este tipo de cintas contribuye a minimizar la acumulación de humedad, a la vez que permite una permeabilidad controlada al oxígeno. Esto las hace especialmente adecuadas para su uso en entornos expuestos a una elevada contaminación salina. Asimismo, gracias a sus propiedades hidrofóbicas, se reduce de forma notable la aparición de corrientes de fuga. Debido a su composición, estas cintas pueden retirarse de forma más sencilla que otros materiales utilizados para funciones similares, evitando daños en el conductor o componente protegido y facilitando las labores de mantenimiento o sustitución.



Figura 40. Colocación de la cinta de silicona autobulcanizable (ENVERTEC S.L., 2020)



Figura 41. Representación de un apoyo de similares características al apoyo 1 aislado con el material expuesto

5.1.2 Apoyo 2

El segundo apoyo corresponde a un tipo bóveda plano, presenta una configuración de fases en amarre, lo que implica mayores exigencias tanto mecánicas como eléctricas en comparación con los apoyos en suspensión. Se optará por aislar el conductor, el puente flojo y la grapa de amarre.

Para ello se usarán tres unidades de kit CKST1.1 el cual se compone de los materiales necesarios para el forrado completo de una fase en disposición de amarre. Está compuesto de dos unidades del modelo STSC,

cinco metros del modelo SWP-12 que se distribuyen estratégicamente: dos metros se emplean para aislar el puente flojo, es decir, el tramo de conductor



entre la grapa y la cadena de aisladores, y un metro adicional se solapa a partir de la grapa hacia el conductor para asegurar la continuidad del aislamiento. Para el forrado del puente flojo (dos metros) más un metro adicional a partir de la grapa de amarre y los elementos de fijación, una unidad de rollo de cinta de silicona autovulcanizable modelo ENV-25/50R y seis unidades de bridas de acero inoxidable.

Figura 42. Apoyo 2 línea Ademuz

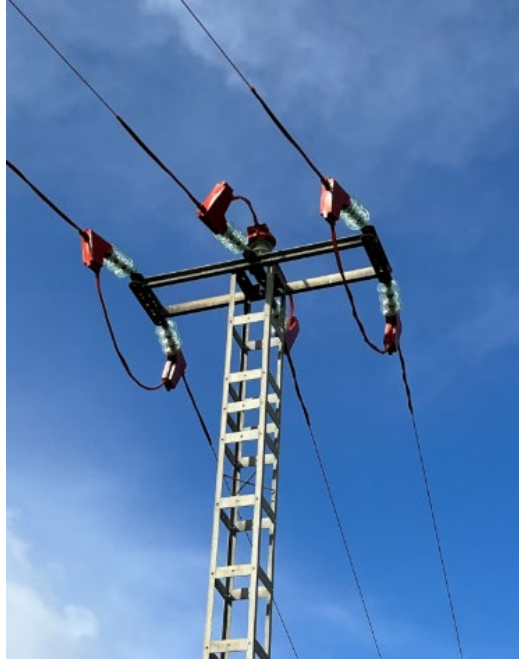


Figura 43. Representación de un apoyo de similares características al apoyo 2 aislado con el material expuesto

5.1.3 Apoyo 3

Para la adaptación del tercer apoyo se emplearán los mismos dispositivos que en el *Apoyo 2*, tres unidades de kit CKST1.1, ya que ambos comparten la misma tipología de elementos y una disposición en amarre. Aunque el tercero introduce un ángulo en el trazado, su estructura es la misma.

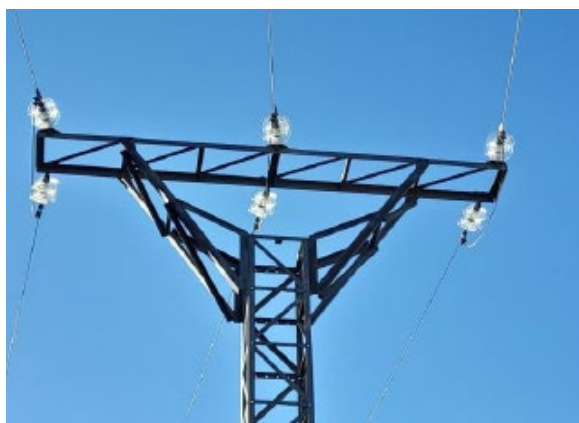


Figura 44. Apoyo 3 línea Ademuz

5.1.4 Apoyo 4



Figura 45. Apoyo 3 línea Ademuz

El último apoyo es de tipo amarre y cuenta con un corta circuito cerámico en cada fase, equipos que deben quedar completamente aislados.

En este caso se aislará mediante forrado las 6 grapas de amarre usando el modelo STSC, metro y medio de conductor a partir de la grapa y puentes flojos con el cubreconductor modelo SWP-12 y los tres cortacircuitos con el modelo KIT SCUP-SCDW.

5.1.5 Medidas anticollisión

Aunque el Real Decreto 1432/2008 no establece medidas de obligatorio cumplimiento en materia de colisión a líneas ya existentes, sí contempla medidas para las líneas de conductores desnudos de nueva construcción. En el caso de la línea que se está adecuando, se seguirán las medidas recomendadas, las cuales se basan en la colocación de balizamiento salvapajaros o señalizadores visuales cada 20 metros de cable de manera alternativa entre fases para que visualmente se perciban cada 10 metros y así se aumente la visibilidad del cableado. Una de las soluciones más utilizadas son las espirales anticollisión, pero no es la elección más segura para la fauna, ya que, en caso de colisión podrían quedar atrapadas en la espiral *Figura 46*.



Figura 46. Espiral anticolidión poco eficaz (Garrido, 2015)

Es por eso que se instalarán dispositivo anticolidión CROCFAST®, diseñados para tener una vida útil de 20 años, construido en nylon 6 UV, fácilmente instalable a distancia con pértiga o control remoto con drones. Está constituido por unas mordazas de elastómeros antideslizamiento respetuosas con el cable con capacidad hasta 30 mm y una superficie circular fotoluminiscente contrapuesta a otra reflectante *Figura 47*.



Figura 47. Dispositivos CROCFAST siendo instalados

5.1.6 Disuasores de posada

En el Artículo 6 del RD 1432/2008 se nombran a los disuasores de posada como dispositivos a tener en cuenta, ya que, si su eficiencia está

reconocida por el órgano competente de la comunidad autónoma, puede exonerar ciertas prescripciones dispuestas en el mismo artículo.

A pesar de que la eficacia de los dispositivos antiposada esté reconocida por el órgano medioambiental competente, no puede garantizarse con certeza su funcionalidad absoluta en la prevención de electrocuciones. Estos dispositivos están diseñados para impedir la posada de aves sobre los apoyos, pero no necesariamente sobre los conductores, lo que limita su efectividad real. Por tanto, su instalación debe considerarse como una medida complementaria a las prescripciones técnicas establecidas en el Real Decreto 1432/2008.



Figura 48. Dispositivos ÁGUILA instalados incorrectamente (Garrido, 2015)

Estos dispositivos pueden desempeñar un papel útil como medida antinidificación. No obstante, su efectividad también depende de la manera en la que se instalen, ya que una incorrecta instalación como la apertura inadecuada del dispositivo puede anular totalmente su efectividad y utilizarse como posadero para las aves, tal como se representa en la *Figura 48*, o

suponer un peligro si no se respetan las distancias mínimas de seguridad a masa recomendadas conforme al Real Decreto 223/2008 (Jefatura del estado, Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero). La falta de atención a estos parámetros puede comprometer la seguridad de la instalación y la protección efectiva de la avifauna.

Se colocarán entonces en cada uno de los cuatro apoyos de la línea a adaptar dos unidades del modelo ÁGUILA. Los cuales deberán ir fijados a la parte superior del apoyo tal como se muestra en la *Figura 49*.

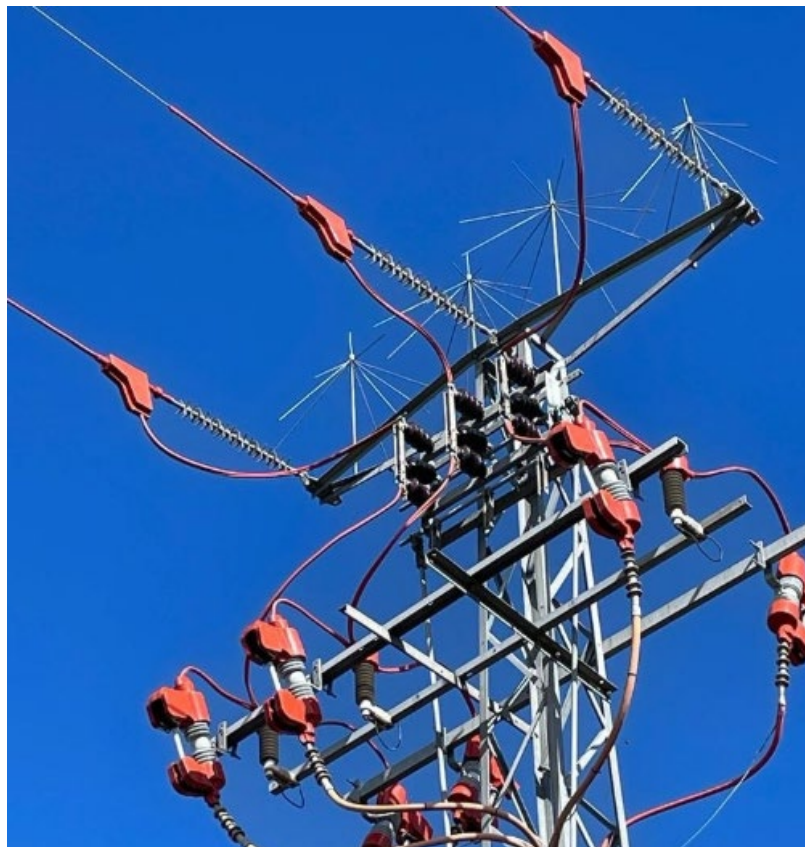


Figura 49. Dispositivos ÁGUILA instalados correctamente

5.2 Medidas estructurales para la adaptación conforme al R.D. 1432/2008

Las soluciones estructurales se basarán en el cambio de los aisladores de vidrio por aisladores poliméricos con elementos antiposada integrados que

cuenten con las distancias longitudinalmente aisladas requeridas por el R.D. 1432/2008.

5.2.1 Apoyo 1

Según las indicaciones del Real Decreto para el tipo de apoyo bóveda en disposición de amarre, las cadenas deben de contar con una longitud mínima de 1000 milímetros y el puente debe de ir aislado, es por esto que se sustituirán las tres cadenas de amarre compuestas de aisladores de vidrio por un único aislador de composite que cuente con una longitud mínima de 1000 milímetros aislados, como el modelo C3670EBAV_AR, que además de contar con una distancia longitudinalmente aislada de un metro dispone de aletas con función disuasoria de posada. Los puentes flojos deberán de aislarse con cubreconductor sin excepción, es por esto que para mayor seguridad se propone una solución mixta/integrada compuesta de soluciones estructurales y reactivas, donde se aíslen igualmente las grapas.

En relación al transformador aéreo y la aparamenta, el Real Decreto dispone que estos equipos deben de quedar aislados por lo que se utilizarán los mismos dispositivos nombrados en el apartado 5.1.1.

5.2.2 Apoyo 2 y 3

Los apoyos 2 y 3 presentan una configuración estructural idéntica, por lo que las medidas de adaptación requeridas serán exactamente iguales en ambos casos. La intervención principal consistirá en la sustitución de los aisladores actuales por un modelo de aislador polimérico que disponga de una distancia completamente aislada de un metro. Para dicha sustitución, se optará por el mismo modelo empleado previamente en el *Apoyo 1*.

Aunque con esta única modificación ya se cumplirían los requisitos normativos mínimos de aislamiento, se ha decidido aplicar una solución más completa y segura mediante la implementación de medidas mixtas. En este sentido, y teniendo en cuenta que los puentes flojos deben forrarse, se ha optado por aislar también las seis grapas de amarre junto con el metro de conductor desnudo siguiente, Esta solución se llevará a cabo conforme a las especificaciones establecidas en los kits CKST1.1.

5.2.3 Apoyo 4

El último apoyo a corregir corresponde a un tipo de amarre y cuenta, además, con un set de tres cortacircuitos cerámicos, cada uno dispuesto en cada una de las fases. Dado que estos equipos deben quedar completamente aislados para garantizar la seguridad, se ha diseñado una solución integral que combina las medidas aplicadas en los apoyos anteriores con actuaciones específicas adaptadas a esta configuración particular.

Siguiendo la misma línea de actuación que en el *Apoyo 1*, se sustituirán los aisladores existentes por modelos con un metro completamente aislado. Asimismo, se llevará a cabo el forrado de las seis grapas de amarre mediante el modelo STSC, junto con un metro y medio de conductor a partir de cada una de ellas. Los puentes flojos también serán protegidos utilizando el cubreconductor modelo SWP-12, incluidos ambos materiales dentro de los correspondientes kits de aislamiento.

Los tres cortacircuitos cerámicos serán completamente aislados mediante el modelo KIT SCUP-SCDW, incluyendo también el aislamiento de los tramos de conductor que los conectan. Esta medida asegura la continuidad del aislamiento a lo largo de todo el sistema, sin puntos débiles ni interrupciones.

Finalmente, en caso de que se encuentren empalmes del tipo AMPAC o GRIMPI, estos deberán ser igualmente protegidos mediante el modelo SAP-110, asegurando así que todos los elementos sensibles de la línea queden aislados frente a posibles contactos.

6. Conclusiones

La adaptación de los tendidos eléctricos conforme al Real Decreto 1432/2008 ha sido un gran paso en la protección de la avifauna en España. Gracias a esta normativa España se ha posicionado entre los países más comprometidos a abordar esta problemática. Las empresas propietarias de líneas eléctricas han mostrado, en general, una actitud responsable hacia el cumplimiento de la normativa, aunque también se han detectado errores en

su aplicación que ponen de manifiesto la necesidad de un mayor control y seguimiento de las medidas adoptadas.

A pesar de los progresos realizados, el marco normativo sigue presentando vacíos importantes. Resulta preocupante que no se contemplen infraestructuras tan críticas como las subestaciones eléctricas o las líneas de tracción, lugares donde también se registran incidentes con fauna silvestre en esos mismos puntos. Además, resulta inaceptable que no se exija el uso obligatorio de materiales ignífugos en todos los dispositivos avifauna, ya que esto supone un alto riesgo al incrementar la posibilidad de incendios forestales.

Por otro lado, se debe de asegurar que las soluciones implementadas instaladas son eficaces y están correctamente aplicadas. En la práctica, existen casos en los que determinados proveedores de estos materiales, aprovechando el desconocimiento técnico de los propietarios de líneas, especialmente en el ámbito privado, ofrecen productos inadecuados que, lejos de solucionar el problema, pueden inutilizar dispositivos de la línea o convertirse en un foco de riesgo para personas, animales y el sistema de suministro eléctrico.

Frente a esta situación, se hace evidente la necesidad de involucrar a un mayor número de ingenieros eléctricos especializados en este tipo de adaptaciones. Porque solo mediante un enfoque técnico, riguroso y profesional es posible garantizar que las intervenciones sean tanto efectivas como seguras. Es fundamental apostar por fomentar la inversión en I+D+i y poder así mejorar las soluciones existentes y desarrollar nuevas tecnologías que aumenten la durabilidad y fiabilidad de las medidas para proteger nuestras infraestructuras.

En definitiva, la correcta adaptación de las líneas eléctricas no debe verse solo como una obligación legal, sino como una responsabilidad compartida: ambiental, técnica y ética que requiere una formación especializada.



7. Anexos

7.1 Anexo I: Planos

7.1.1 Plano de situación

7.1.2 Plano de emplazamiento

7.2 Anexo II: Medición y presupuesto

7.3 Anexo III: Fichas técnicas de los dispositivos utilizados en la adecuación

Referencias

- ADIF. (Mayo 2023). *Medidas para la protección de la avifauna en la línea aérea de contacto*. Norma adif electrificación.
- AENOR. (2014). *UNE EN 60695-11-10*.
- AENOR. (Diciembre 2016). *Forros de protección antielectrocución de la avifauna en líneas eléctricas aéreas de distribución*. Madrid.
- Asociación Española de Normalización (UNE). (2022). *UNE-EN IEC 60695-2-11: Ensayos relativos a los riesgos del fuego. Parte 2-11: Métodos de ensayo del hilo incandescente/caliente. Método de ensayo de inflamabilidad para productos acabados (GWEPT)*.
- Asociación Española de Normalización (UNE). (UNE-EN 62217:2013). *UNE-EN 62217:2013 Aisladores poliméricos de alta tensión para uso interior y exterior. Definiciones generales, métodos de ensayo y criterios de aceptación*.
- Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. (Decreto n.º 89/2012, de 28 de junio). *Decreto n.º 89/2012, de 28 de junio, por el que se establecen normas adicionales aplicables a las instalaciones eléctricas aéreas de alta tensión con objeto de proteger la avifauna y atenuar los impactos ambientales*. BORM. Obtenido de <https://www.borm.es/#/home/sumario/02-07-2012>
- Comunidad de Madrid. (Decreto 40/1998 de 5 de marzo). *Decreto 40/1998, de 5 de marzo, por el que se establecen normas técnicas en instalaciones eléctricas para la protección de la avifauna*. Obtenido de https://gestiona.comunidad.madrid/wleg_pub/secure/normativas/contenidoNormativa.jsf?opcion=VerHtml&nmnorma=385&eli=true#no-back-button
- Conectores y Sistemas. (2024). *Catálogo 2024/ 1ª Edición*. Obtenido de <https://www.conectoresysistemas.com/wp-content/uploads/2024/05/Catalogo-2024-web.pdf>
- Consejería de Agricultura y medio ambiente de Catilla-La Mancha. (Decreto 5/1999). *Decreto 5/1999, de 02/02/1999, Consejo de Gobierno, por el que se establecen normas para instalaciones eléctricas aéreas en alta tensión y líneas aéreas en baja tensión con fines de protección avifauna*. Obtenido de <https://docm.jccm.es/docm/eli/es-cm/d/1999/02/02/5>
- Consejería de Economía y Trabajo. (Decreto 47/2004). *Decreto 47/2004, de 20 de abril, por el que se dictan Normas de Caracter Técnico de adecuación de las líneas para la protección del medio ambiente en Extremadura*. DOE. Obtenido de http://extremambiente.juntaex.es/pdf/Decreto47_2004.pdf

- Decreto 40/1998, de 5 de marzo, por el que se establecen normas técnicas en instalaciones eléctricas para la protección de la avifauna.* (Decreto 40/1998, de 5 de marzo). BOCM. Obtenido de https://gestiona.comunidad.madrid/wleg_pub/secure/normativas/contenidoNormativa.jsf?opcion=VerHtml&nmnorma=385&eli=true#no-back-button
- e-distribución. (2025). *Dónde distribuimos.* Obtenido de https://www.edistribucion.com/es/conocenos/instalaciones-distribucion-red/distribucion-electrica.html?utm_source=chatgpt.com
- Endesa. (2023). *Red de distribución eléctrica.* Obtenido de <https://www.endesa.com/es/nuestro-compromiso/transicion-energetica/red-electrica>
- ENEL. (26/07/2021 Version no. 3). *Global Infrastructure and Networks – GSCC010 Composite.*
- ENVERTEC S.L. (Junio de 2020). *ENVERTEC.* Obtenido de Informe de Garantía y Durabilidad: <https://www.envertec.es/informegarantiadurabilidad/>
- ENVERTEC S.L. (2025). *Catalogo aisladores polimericos.* Obtenido de <https://www.envertec.es/catalogo-aisladores-polimericos/>
- ENVERTEC S.L. (2025). *CATALOGO AVIFAUNA.* Obtenido de https://www.envertec.es/wp-content/uploads/2025/02/Envertec_Catalogo_Avifauna.pdf
- Fundación de Amigos del Águila Imperial, Lince Ibérico y Espacios Naturals Privados. (2018). *Informe sobre la mortalidad de aves en tendidos eléctricos en España.*
- Garrido, J. M. (2015). *Capítulo 11: Identificación de tendidos eléctricos peligrosos.* Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/304168956_Guia_de_tendidos_peligrosos_para_las_aves
- Gobierno de Aragón. (Decreto 34/2005, de 8 de febrero). *Decreto 34/2005, de 8 de febrero, por el que se establecen las normas de carácter técnico para las instalaciones eléctricas aéreas con objeto de proteger la avifauna.* BOA. Obtenido de https://www.boa.aragon.es/cgi-bin/EBOA/BRSCGI?CMD=VERDOC&BASE=BOLE&SEC=BUSQUEDA_AVANZADA&SEPARADOR=&&DOCN=000094479
- Gobierno de La Rioja. (Decreto 32/1998, de 30 de abril). *Decreto 32/1998, de 30 de abril, por el que se establecen normas de carácter técnico para las instalaciones eléctricas con objeto de proteger la avifauna.* BOR. Obtenido de <https://web.larioja.org/normativa?n=242>

- Gobierno de Navarra. (Decreto Foral 129/1991, de 4 de abril). *Decreto Foral 129/1991, de 4 de abril, por el que se establecen normas de carácter técnico para las instalaciones eléctricas con objeto de proteger la avifauna.* BON. Obtenido de <https://www.lexnavarra.navarra.es/detalle.asp?r=28712>
- Guil, M. Á. (2017). *Estimación de la mortalidad de avifauna en tendidos eléctricos de España. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).*
- Iberdrola. (2022). *Informe de biodiversidad 2022.*
- i-DE. (2023). *Principales Magnitudes.* Obtenido de <https://www.i-de.es/about-us/company-overview>
- I-DE. (Marzo 2020). *N I 52.59.03 Elementos antielectrocución para el forrado de conductores,.*
- I-DE. (Mayo 2019 9ª edición). *N I 48.08.01 Aisladores compuestos para.*
- INAEL. (2004). *Aisladores, grapas y herrajes para líneas aéreas.* Catálogo .
- INAEL. (2023). *Catalogo General.* Obtenido de https://www.inael.com/wp-content/uploads/2023/06/Catalogo_General.pdf
- Jefatura del Estado. (1992, 16 de julio). *Ley 21/1992 de Industria.* BOE. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1992-17363>
- Jefatura del Estado. (2013, de 26 de diciembre). *Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.* BOE. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-13645>
- Jefatura del Estado. (2025). *Proyecto de Real Decreto por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión y para la prevención de la mortalidad en aerogeneradores.* BOE. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/participacion-publica/ip-rd-avifauna-tendidos.html>
- Jefatura del Estado. (Ley 26/2007, de 23 de octubre). *Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.* BOE. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-18475>
- Jefatura del Estado. (Ley 47/2007 de 13 de diciembre). *Ley 47/2007 de 13 de diciembre del patrimonio natural y de la biodiversidad.* BOE. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-21490>
- Jefatura del Estado. (R.D. 1432/2008 de 29 de agosto). *Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta*



tensión. BOE. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2008-14914>

Jefatura del Estado. (R.D. 337/2014 de 9 de mayo). *Real Decreto 337/2014 de 9 de mayo, por el que se aprueban el reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 01 a 23*. BOE. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2014-6084>

Jefatura del Estado. (Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre). *Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica*. BOE. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2000-24019>

Jefatura del Estado. (Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero). *Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero por el que se aprueban el reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09*. BOE. Obtenido de https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2008-5269

Jefatura del estado. (Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero). *por el que se aprueb el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09*. BOE. Obtenido de <https://www.boe.es/boe/dias/2008/03/19/pdfs/A16436-16554.pdf>

Jefatura del Estado. (Real Decreto 542/2020, de 26 de mayo). *Real Decreto 542/2020, de 26 de mayo, por el que se modifican y derogan diferentes disposiciones en materia de calidad y seguridad industrial*. BOE. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2020-6472>

Junta de Andalucía. (Decreto 178/2006 de 10 de octubre). *Decreto 178/2006, de 10 de octubre, por el que se establecen normas de protección de la avifauna para las instalaciones eléctricas de alta tensión*. BOJA. Obtenido de <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2006/209/1>

M^a Ángeles Soria, F. G. (2017). *Primera aproximación general al impacto provocado por la electrocución de aves rapaces: incidencia sobre las aves e impacto económico asociado*. Plasencia: Conference: 7º Congreso Forestal Español.

Ministerio para la transición ecológica. (Junio 2018). *Recomendaciones técnicas para la corrección de los apoyos eléctricos del riesgo de electrocución de aves, para la adaptación de las líneas eléctricas al R.D.1432/2008*. Obtenido de

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/recomendacionesdecorrecciontendidoselectricosjunio2018_tcm30-450037.pdf

MITECO. (2024). *Antecedentes y diagnóstico de la situación de la electrocución y colisión de avifauna en España.*

MITECO. (Febrero 2024). *Manual de soluciones técnicas para la adaptación de tendidos frente al riesgo de electrocución.*

OLVAL. (2023). Obtenido de <https://www.olval.com/conjunto-aislamiento-peca-700-y1000/>

Ponce, F. (2010). *Impacto de la electrocución en aves en la península ibérica: evaluación y medidas de mitigación.* Marcy L'Étoile.

Recycledplastic.com. (2025). *Recycledplastic.com.* Obtenido de https://www.recycledplastic.com/pa-polyamide-nylon/?utm_source=chatgpt.com

Red Eléctrica de España. (2016). *Metodología y protocolos para la recogida y análisis de datos de siniestralidad de aves por colisión en líneas de transporte de electricidad.*

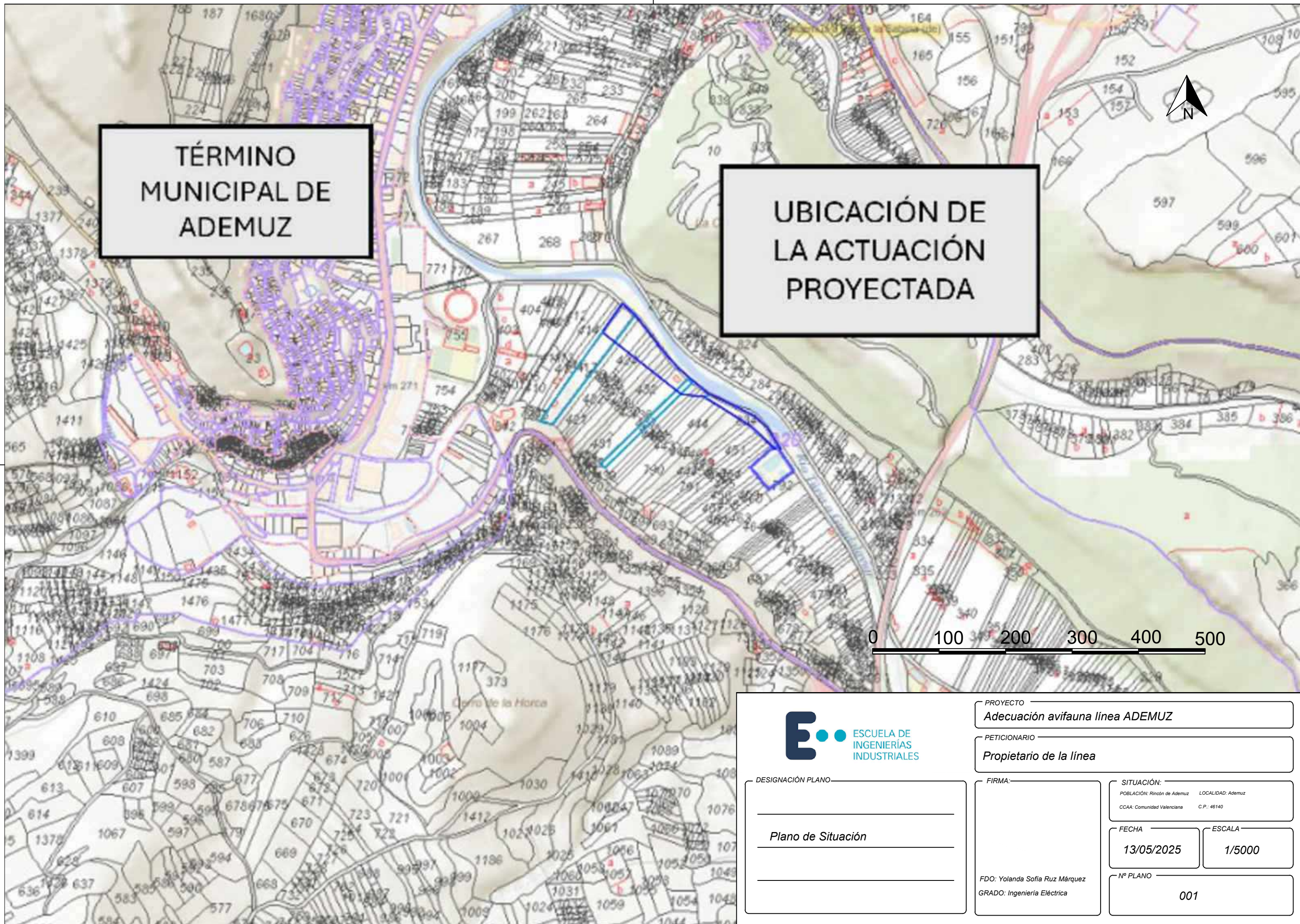
Red Eléctrica de España. (Enero de 2024). *Instalaciones de la red de transporte - Informes del sistema.* Obtenido de <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-del-sistema-electrico/transporte/instalaciones-de-la-red-de-transporte>

RH corporative international. (s.f.). Obtenido de <https://cirhe.com/>

Sociedad Española de Ornitología. (2004). *Libro Rojo de las Aves de España.* Madrid.

TOSSIT. (2025). *Reciclado de silicona: oportunidades y retos.* Obtenido de https://tossit.game/es-euf/pages/silicone-recycling-opportunities-and-challenges?srsItid=AfmBOorxFw2GLboOvSTenwoiLIITO2xwa-a_btTE-YiJgClbgSASerAh


ANEXO I: PLANOS



TÉRMINO MUNICIPAL DE ADEMUZ

UBICACIÓN DE LA ACTUACIÓN PROYECTADA

0 100 200 300 400 500

| | |
|--|---|
|  <p>ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES</p> | <p>PROYECTO</p> <p>Adecuación avifauna línea ADEMUZ</p> |
| | <p>PETICIONARIO</p> <p>Propietario de la línea</p> |
| <p>DESIGNACIÓN PLANO</p> <p>Plano de Situación</p> | <p>FIRMA:</p> <p>FDO: Yolanda Sofia Ruz Márquez GRADO: Ingeniería Eléctrica</p> |
| <p>SITUACIÓN:</p> <p>POBLACIÓN: Rincón de Ademuz LOCALIDAD: Ademuz CCAA: Comunidad Valenciana C.P.: 46140</p> | |
| <p>FECHA</p> <p>13/05/2025</p> | |
| <p>ESCALA</p> <p>1/5000</p> | |
| <p>Nº PLANO</p> <p>001</p> | |



APOYO 4

APOYO 3

APOYO 1

APOYO 2

0 50 100 150 200 250



DESIGNACIÓN PLANO

Plano de Emplazamiento

PROYECTO

Adecuación avifauna línea ADEMUZ

PETICIONARIO

Propietario de la línea

FIRMA:

FDO: Yolanda Sofia Ruz Márquez
GRADO: Ingeniería Eléctrica

SITUACIÓN:

POBLACIÓN: Rincón de Ademuz LOCALIDAD: Ademuz
CCAA: Comunidad Valenciana C.P.: 46140

FECHA

13/05/2025

ESCALA

1/2500

Nº PLANO

002



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



Adecuación de una línea
aérea de tercera categoría
conforme a R.D.1432/2008

ANEXO II: MEDICIÓN Y PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

Adecuación mixta línea ADEMUZ

| CÓDIGO | UNIDADES | DESCRUPCIÓN | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO |
|-------------------------------------|----------|--|----------|-------------------|
| ELEMENTOS | | | | |
| CAD36AVPGA1 | UD. | JUEGO CADENAS AMARRE Suministro e instalación de juego de cadenas para aislamiento del conductor en puntos de amarre de línea, formado por 3 elementos aisladores compuestos tipo C3670EBAV_AR, 3 grapas de amarre tipo GA-1, 3 rotulas cortas R16 y 3 grilletes GN-11, montado en apoyo sobre cualquier tipo de cruceta. Totalmente montado, probado y en funcionamiento. Puesta en marcha incluida. | 7 | 56,06 € |
| CUBIERTAS AISLANTES AVIFAUNA | | | | |
| KIT SCUP-SCDW | UD. | FORRO AVIFAUNA PARA CORTACIRCUITO Suministro e instalación de Kit forro para bornes E/S de cortacircuitos de cuerpo único de material con naturaleza ignifuga Clase V0. | 3 | 57,49 € |
| STSC | UD. | FORRO AVIFAUNA PARA GRAPAS DE AMARRE Suministro e instalación de forro para grapas de amarre GA-1 (25,4 mm) de metrial de naturaleza ignifuga V0 | 3 | 27,40 € |
| SPSA | UD. | FORRO AVIFAUNA PARA AUTOVALVULAS Suministro e instalación de forro para pararrayos autovalvulares de naturaleza ignifuga clase V0 | 3 | 26,00 € |
| SWP-12 | ML. | FORRO PARA CONDUCTOR LA- 56 Suministro e instalación de forro cobre conductores de naturaleza ignifuga Clase V0. | 20 | 9,11 € |
| SPB | UD. | FORRO PARA BORNES ALTA TENSION CT Suministro e instalación forro para bornas de alta tension en transformadores de distribución. | 3 | 25,49 € |
| SPEB | UD. | FORRO PARA BORNES BAJA TENSION CT Suministro e instalación de forro para bornas de baja tension en transformadores de distribución. | 4 | 25,40 € |
| CKST1.1 | UD. | KIT PROTECCIÓN CADENAS AMARRE Dispositivo de material de naturaleza ignifuga Clase V0 Suministro e instalación de kit compuesto por 2 unidades ref. STSC, 5 metros de forro con ref. SWP-12, 6 unidades de bridas de acero inox. 4.6x0.25x200mm y 1 unidad de cinta de silicona autovulcanizable de 25mmx0.5mmx3m con ref. ENV-25/10. Forros para la protección de una fase completa. Dispositivos de material de naturaleza ignifuga Clase V0. | 9 | 107,30 € |
| DISPOSITIVOS ANTICOLISIÓN | | | | |
| CROCFAST | UD. | BALIZA ANTICOLISIÓN FOTOLUMINISCENTE Y REFLECTANTE Suministro e instalación de dispositivo anticolusión Ref. DPG-CROCFAST de capacidad 30mm, superficie circular fotoluminiscente y superficie reflectante. | 33 | 62,50 € |
| DISPOSITIVOS ANTIPOSADA | | | | |
| DP-MAG | UD. | PARAGUAS ANTIPOSADA MODELO "AGUILA" Suministro e instalación de dispositivo disuasorio de posada tipo paraguas con sujeción mediante grapa. | 8 | 45,61 € |
| ESTUDIO INGENIERÍA | | | | |
| VISITA | UD. | VISITA TECNICA DE INSPECCIÓN DE APOYOS PARA DIAGNÓSTICO Visita técnica para la inspección de la línea aérea a adaptar para su diagnosticode riesto de colisión y electrocución. Incluye jornada completa de trabajo de campo por ingeniero eléctrico especializado, desplazamiento ida y vuelta Málaga- Colmenar de la Oreja, toma de datos técnicos y fotografías. | 1 | 750,00 € |
| INFORME | UD. | INFORME TÉCNICO CONFORME R.D. 1432/2008 Análisis técnico de campo, interpretación normativa, planos esquematicos e inclusión de medidas recomendadas. | 1 | 500,00 € |
| PROYECTO | UD. | PROYECTO TÉCNICO COMPLETO DE ADAPTACIÓN Incluye memoria descriptiva, justificación normativa, planos, presupuesto y pliego de condiciones. | 1 | 900,00 € |
| TOTAL (sin IVA): | | | | 2.592,36 € |
| IVA: | | | | 544,39 € |
| TOTAL: | | | | 3.136,75 € |



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



Adecuación de una línea
aérea de tercera categoría
conforme a R.D.1432/2008

ANEXO III: FICHAS TÉCNICAS DE LOS DISPOSITIVOS UTILIZADOS EN LA ADECUACIÓN



Dispositivos de Protección Avifauna
CAON-KORWI®



**KIT PROTECTORES DE SILICONA PARA
USO EN CUT-OUT IEC 60282-2_COLUMNA
SIMPLE - CERÁMICOS/POLIMÉRICOS**

SCUP-SCDW

**FICHA TECNICA DE PRODUCTO
INSTRUCCIONES DE MONTAJE**

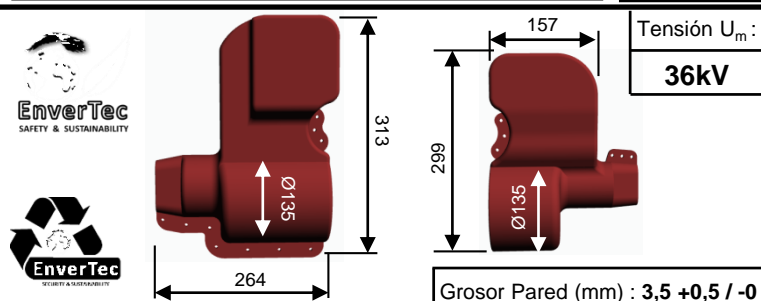
| CARACTERÍSTICAS NOMINALES DEL MATERIAL | |
|--|--|
| Denominación | Caucho de Silicona (Negro de carbón blanco) |
| Tipo | HTV. Componente de caucho de silicona sólido con vulcanización a elevada temperatura (180°C) |
| Modelo | 110-2 (película molecular 60W a 65W) |
| Rev. Hidrofugo | Nivel Hc2 - WC2 de permeabilidad al agua |
| Color | Rojo Ral 3031 |

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS. | |
|----------------------------|-----------------------------|
| Inflamabilidad | V0 (UNE 60695-11-10) |
| Densidad | >1,1 g/cm 3 (ISO-868) |
| Dureza | >50 Shore A (ISO-868) |
| Tensión de Rotura | >4N/mm 2 (EN 60811-501) |
| Alargamiento de Rotura | >200% (EN 60811-501) |
| Resistencia al Desgarro | >10N/mm 2 (UNE-HD-605) |
| Rigidez Dieléctrica | >18kV/mm (UNE 60243-1) |
| Resistencia al Ozono | 250ppm (UNE 60811-403:2012) |
| Envejecimiento climático | 1000h (UNE EN 60243-1) |

Código BIDI-QR Video de Instalación.

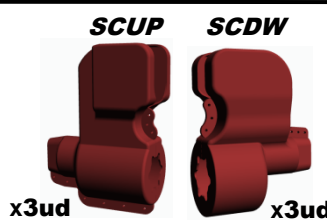


Código QR Instrucciones Aplicación Cinta Silicona versión PDF.



Tensión U_m :
36kV

CONTENIDO DEL EMBALAJE



ELEMENTOS DE FIJACIÓN.

Ref. ENV25/05

Cinta de Silicona Autovulcanizable
25mmx 0,5x 3m



x 2ud

INSTALACION DEL KIT PROTECTOR DE SILICONA MODELO SCUP - SCDW



Paso 1. Forrado de los conductores E/S.

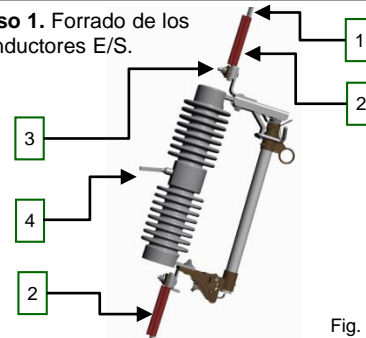
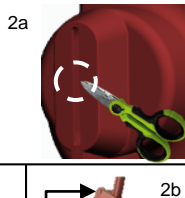
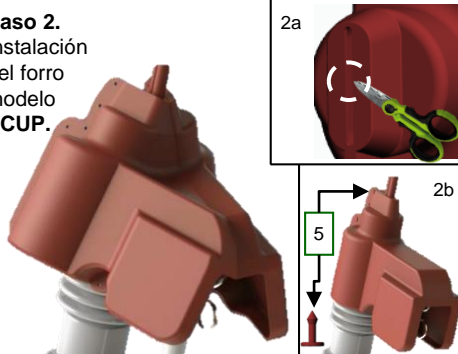


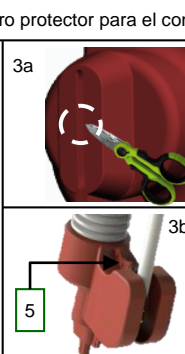
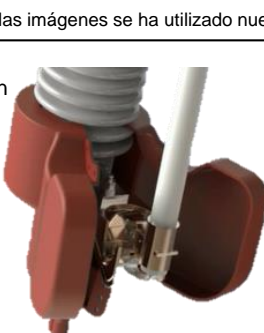
Fig. A

Este KIT de forros permite su instalación en Frío y en Tensión

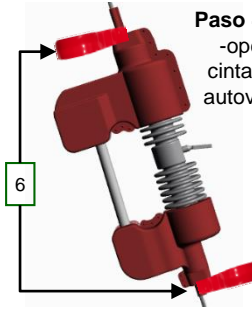
Paso 2. Instalación del forro modelo SCUP.



Paso 3. Instalación del forro modelo SCDW.



Paso 4. Aplicación -opcional- de cinta de silicona autovulcanizante



- 1º** Cubrir el conductor (1) con el forro SWP (2) adecuado y fijarlo al terminal (3), según las instrucciones proporcionadas presentes en el embalaje del forro.
- 2º** Seguidamente abrir el forro modelo SCUP en forma de concha por el lado de las solapas, liberando uno a uno los 10 PIN (5) de cierre cónicos preinstalados que incorpora (los PIN permanecen instalados sobre una de las dos solapas). Posteriormente posicionar el forro de modo que **quede alojado entre dos aletas del aislador (4)** y recortar la sección circular sobrante [2a] mediante unas tijeras para que acople sobre el forro del conductor (2). A continuación, unir ambas solapas mediante los PIN [2b] de cierre de la parte inferior y central del SCUP.
- 3º** Instalar el forro SCDW sobre el borne de Salida de Tensión de modo análogo al realizado para instalar el forro SCUP, comprobando que la parte dotada de sistema de evacuación de agua en forma de estrella **quede alojada entre dos aletas del aislador**, recortando la sección circular sobrante [3a] y uniendo las dos solapas [3b] mediante los 6 PIN (5) de cierre.
- 4º** Verificar que **no queden partes energizadas sin cubrir**, y que el aparato **permanece operativo**, realizando una maniobra de apertura y cierre completa. En caso necesario aplicar cinta de silicona (6) en la unión de los forros del KIT con el forro SWP (2) para garantizar su permanencia en la ubicación elegida incluso con meteorología adversa severa.

Antes de utilizar la cinta autovulcanizante de silicona, limpiar y desengrasar todas las superficies en contacto. Descargar instrucciones mediante el código QR del documento.

RETIRADA Y TRATAMIENTO DE RESÍDUOS

Se trata de residuos sólidos que pueden considerarse como no peligrosos. Conforme a los procedimientos habituales y perfectamente viables, su eliminación se puede llevar a cabo en el punto limpio más cercano.

ENVERTEC S.L. Telf.: +34-958-511669
Pol. La Fuente, C/ Huelva, 10 Fax.: +34-958-511669
18340 - Fuente Vaqueros nacrec@envertec.es
Granada www.envertec.es

Centro de Producción: ZGEI Ltd. China.



Dispositivos de Protección Avifauna
CAON-KORWI®



**PROTECTOR PARA BOTELLAS
TERMINALES Y BORNAS BT**

SPEB

**FICHA TECNICA DE PRODUCTO
INSTRUCCIONES DE MONTAJE**

CARACTERÍSTICAS NOMINALES DEL MATERIAL

| | |
|----------------|--|
| Denominación | Caucho de Silicona (Negro de carbón blanco) |
| Tipo | HTV. Componente de caucho de silicona sólido con vulcanización a elevada temperatura (180°C) |
| Modelo | 110-2 (película molecular 60W a 65W) |
| Rev. Hidrófugo | Nivel Hc2 – WC2 de permeabilidad al agua |
| Color | Rojo Rai 3031 |

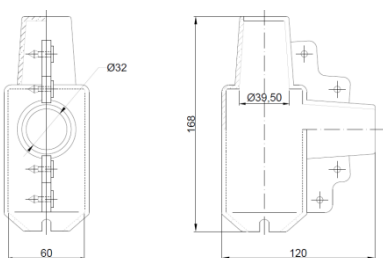
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

| | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Inflamabilidad | V0 (UNE 60695-11-10) |
| Densidad | >1,1 g/cm 3 (ISO-868) |
| Dureza | >50 Shore A (ISO-868) |
| Tensión de Rotura | >4N/mm 2 (EN 60811-501) |
| Alargamiento de Rotura | >200% (EN 60811-501) |
| Resistencia al Desgarro | >10N/mm 2 (UNE-HD-605) |
| Rigidez Dieléctrica | >18kV/mm (UNE 60243-1) |
| Resistencia al Ozono | 250ppm (UNE 60811-403:2012) |
| Envejecimiento climático | 1000h (UNE EN 60243-1) |

Código BIDI-QR Video de Instalación.



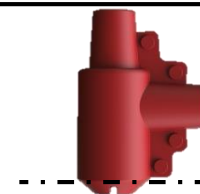
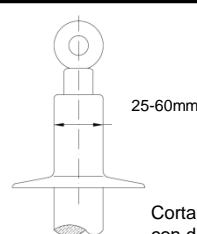
Código BIDI-QR Cinta Silicona versión PDF.



| |
|--------------------------|
| PROTECCION (kV) |
| 36 |
| GROSOR PARED (mm) |
| 3,5 +0,5 / -0,0 |

FORMATO DE SUMINISTRO: ENVASE DE CARTÓN DE 6 UDS.

Rango de Dimensiones del cuello de la Botella Terminal :
min. 25 mm - max. 60mm.

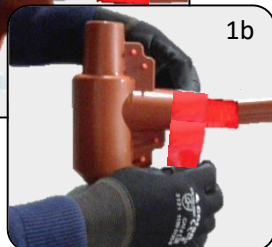
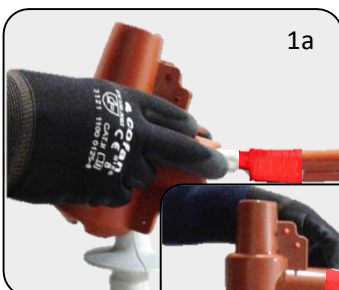
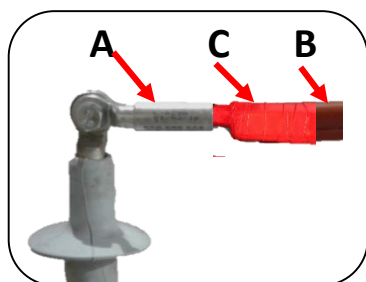


Cortar por la línea de puntos para Botellas con diámetros de cuello ≥ 40 - ≤ 60 mm.

INSTALACION DEL PROTECTOR DE SILICONA MODELO SPEB

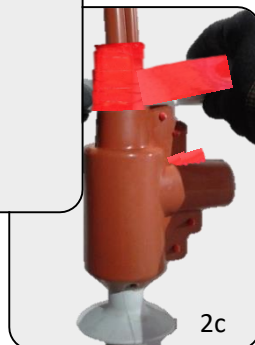
MONTAJE 1.

Salida Perpendicular del Conductor



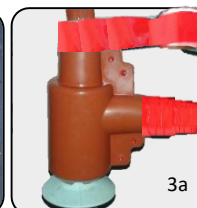
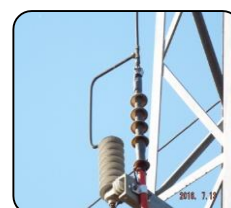
MONTAJE 2.

Salida Vertical del Conductor



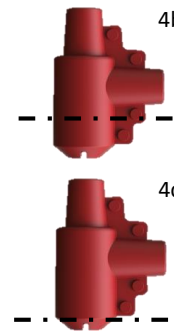
MONTAJE 3.

Salida Doble del Conductor (Bypass)



MONTAJE 4.

Instalación sobre bornas BT en Transformadores de Distribución



Instrucciones de Montaje : Una vez se ha cubierto el conductor con un protector (B) adecuado , proceder a fijar éste al mismo de modo que el conductor quede protegido hasta el terminal (A). Seguidamente abrir el dispositivo SPEB (1a – 2b), y ajustarlo sobre el cuello de la botella, de modo que cubra totalmente las partes en tensión, y fijarlo mediante los 4 bulones premontados que incorpora. Posteriormente fijar el protector (B) al cono del dispositivo SPEB mediante cinta de silicona autosoldable (C). En montajes 2 y 3, abrir previamente el cono superior cortando por la línea de puntos (2a). Una vez instalado el dispositivo, fijar el protector (B) al/los cono/s (2c – 3a) con cinta (C). Para instalar este protector sobre las Bornas BT (4 a) cortar por las líneas de puntos en función de la altura de las bornas existentes , manteniendo siempre un mínimo de 3 bulones de cierre. En las imágenes se ha utilizado nuestro protector para el conductor (B) de silicona SWP-12 y cinta de silicona autovulcanizable modelo ENV-25/05.

RETIRADA DE RESIDUOS E IMPACTO AMBIENTAL

Se trata de residuos sólidos que pueden considerarse como no peligrosos. Conforme a los procedimientos habituales y perfectamente viables, su eliminación se puede llevar a cabo en el punto limpio más cercano.

ENVERTEC S.L.
Pol. La Fuente, C/ Huelva,10
18340 - Fuente Vaqueros
Granada

Telf. : +34-958-511669
Fax...: +34-958-511669
nacrec@envertec.eu
www.envertec.es

Este modelo permite su instalación en Frío y en Tensión

Centro de Producción: ZGEL Ltd. China.



Dispositivos de Protección Avifauna
CAON-KORWI®



Referente en protecciones avifauna

**PROTECTOR BORNAS
PARARRAYOS DE 10 kV A 36 kV**

SPSA

**FICHA TECNICA DE PRODUCTO
INSTRUCCIONES DE MONTAJE**

CARACTERÍSTICAS NOMINALES DEL MATERIAL

| | |
|----------------|--|
| Denominación | Caucho de Silicona (Negro de carbón blanco) |
| Tipo | HTV. Componente de caucho de silicona sólido con vulcanización a elevada temperatura (180°C) |
| Modelo | 110-2 (película molecular 60W a 65W) |
| Rev. Hidrófugo | Nivel Hc2 – WC2 de permeabilidad al agua |
| Color | Rojo Rai 3031 |

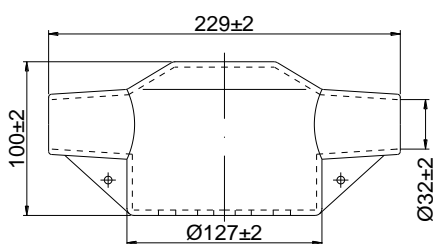
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

| | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Inflamabilidad | V0 (UNE 60695-11-10) |
| Densidad | >1,1 g/cm 3 (ISO-868) |
| Dureza | >50 Shore A (ISO-868) |
| Tensión de Rotura | >4N/mm 2 (EN 60811-501) |
| Alargamiento de Rotura | >200% (EN 60811-501) |
| Resistencia al Desgarro | >10N/mm 2 (UNE-HD-605) |
| Rigidez Dieléctrica | >18kV/mm (UNE 60243-1) |
| Resistencia al Ozono | 250ppm (UNE 60811-403:2012) |
| Envejecimiento climático | 1000h (UNE EN 60243-1) |

Código BIDI-QR Video de Instalación



Código QR Instrucción es Aplicación Cinta Silicona versión PDF.



| |
|--------------------------|
| Tensión Ur (kV) |
| ≤36 |
| GROSOR PARED (mm) |
| 3,5 +1,0 / -0,0 |

CONTENIDO DEL EMBALAJE.



x 6ud

x 6ud

ELEMENTOS DE FIJACIÓN



x 1ud

INSTALACION DEL PROTECTOR SPSA SOBRE PARARRAYOS / AUTOVÁLVULAS M.T.

Forro mod. SWP

Sellado de los conos y del tapón cegador.

Antes de utilizar la cinta autovulcanizante de silicona, limpiar y desengrasar todas las superficies en contacto.

INSTRUCCIONES DE MONTAJE

Una vez cubierto el conductor, (figura A), cerrar el protector SPSA mediante los 2 bulones premontados (Fig.B). Posteriormente sellar ambos conos usando la cinta de silicona y fijarlos al forro para el conductor modelo SWP - (figuraC) - . Si el conductor es de salida única, cubrir el cono abierto con el tapón cegador (Fig. D) - **ESTE MODELO PERMITE SU INSTALACIÓN EN FRÍO Y EN TENSIÓN.**

RETIRADA Y TRATAMIENTO DE RESÍDUOS

Se trata de residuos sólidos que pueden considerarse como **No Peligrosos**, Conforme a los procedimientos habituales y perfectamente viables, su eliminación y reciclaje se puede llevar a cabo en el Punto Limpio más cercano.

Cubrir el cono del forro SPSA que ha quedado sin uso mediante el tapón cegador de silicona incluido, fijándolo mediante el PIN de cierre más próximo. En caso de ser necesario, asegurar la fijación al cono mediante la cinta de silicona proporcionada.



Centro de Producción : Zhejiang Gaoneng Electric Installation Co.,Ltd. – CAON - China.

ENVERTEC S.L.

PoI. La Fuente- C/ Huelva,10
18340 Fuente Vaqueros- (Granada)

Telf. : +34-958 511 669

Fax.: +34-958-511669

nacrec@envertec.es
www.envertec.es



Dispositivos de Protección Avifauna
CAON-KORWI®



PROTECTOR PARA GRAPAS DE AMARRE GA-1 / GA-2

STSC

FICHA TECNICA DE PRODUCTO INSTRUCCIONES DE MONTAJE

CARACTERÍSTICAS NOMINALES DEL MATERIAL

| | |
|----------------|--|
| Denominación | Caucho de Silicona (Negro de carbón blanco) |
| Tipo | HTV. Componente de caucho de silicona sólido con vulcanización a elevada temperatura (180°C) |
| Modelo | 110-2 (película molecular 60W a 65W) |
| Rev. Hidrófugo | Nivel Hc2 – WC2 de permeabilidad al agua |
| Color | Rojo Ral 3031 |

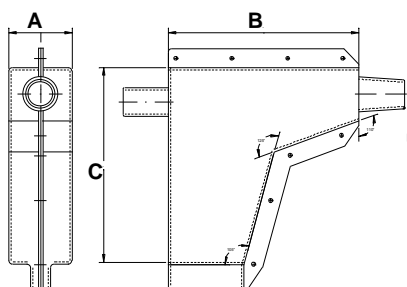
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

| | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Inflamabilidad | V0 (UNE 60695-11-10) |
| Densidad | >1,1 g/cm 3 (ISO-868) |
| Dureza | >50 Shore A (ISO-868) |
| Tensión de Rotura | >4N/mm 2 (EN 60811-501) |
| Alargamiento de Rotura | >200% (EN 60811-501) |
| Resistencia al Desgarro | >10N/mm 2 (UNE-HD-605) |
| Rigidez Dieléctrica | >18kV/mm (UNE 60243-1) |
| Resistencia al Ozono | 250ppm (UNE 60811-403:2012) |
| Envejecimiento climático | 1000h (UNE EN 60243-1) |

Código BIDI-QR Video de Instalación.



Código BIDI-QR Cinta de Silicona versión PDF.



| DIMENSIONES | PROTECCIÓN (KV) |
|------------------------------|-----------------------------|
| A = 85 mm | 36 |
| B = 270 mm | GROSOR PARED (mm) |
| C = 260 mm | 3,5 +0,5 /-0 |
| TIPO DE GRAPA | GA-1/GA-2 |
| Ø Max. Conductor (mm) | De 6 a 16 |
| FORMATO DE SUMINISTRO | ENVASES DE CARTÓN DE 6 UDS. |

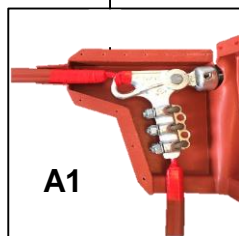
ELEMENTOS DE FIJACION .



[1]

Cinta de Silicona Autovulcanizable
2ud Modelo **ENV-25/05**
Formato de Suministro
Rollos de 25 x 0,5mm
Longitud : 3mts.

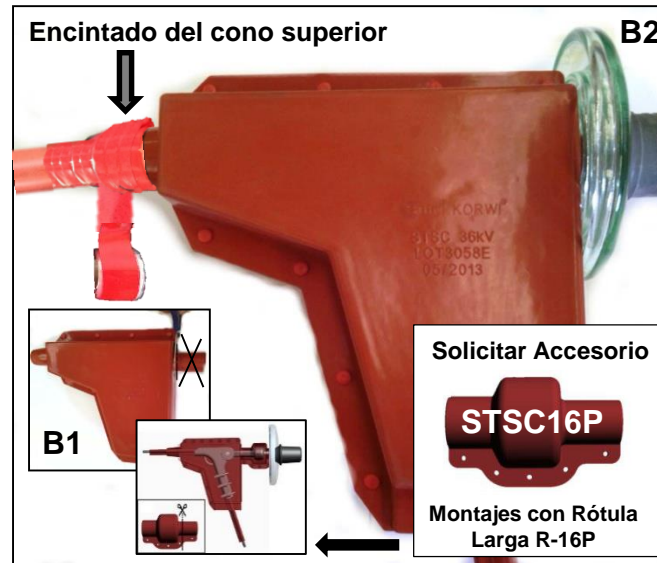
MONTAJE A : PROTECTOR STSC INSTALADO EN AISLADOR POLIMERICO CON GRAPAS DE AMARRE TIPO GA-1 y GA-2



Accesorio STSC16P sobre R-16P en cadena polimérica



MONTAJE B : PROTECTOR STSC INSTALADO EN AISLADOR DE VIDRIO CON GRAPAS DE AMARRE TIPO GA-1 y GA-2



Solicitar Accesorio

STSC16P

Montajes con Rótula Larga R-16P

INSTRUCCIONES DE MONTAJE

MONTAJE A: Una vez forrado el conductor - (figura A1) - cerrar el protector STSC mediante los 8 bulones premontados. Seguidamente **encintar el cono al forro SWP** usando la cinta de silicona ENV-25/05 [1] - (figura A2) . Posteriormente encintar la sección cilíndrica del protector STSC sobre el herraje metálico del aislador polimérico mediante la cinta ENV-25/05 [1].

MONTAJE B: Cortar la sección cilíndrica del protector STSC - (figura B1)- seguidamente , y con el conductor forrado , cerrar el protector STSC por medio los 8 bulones premontados. Seguidamente **encintar el cono al forro SWP** usando la cinta de silicona ENV-25/05 [1] - (figura B2) .

**** Solicitar el accesorio STSC16P para forrar Rótulas Largas tipo R-16P ****

RETIRADA DE RESIDUOS E IMPACTO AMBIENTAL



Se trata de residuos sólidos que pueden considerarse como no peligrosos. Conforme a los procedimientos habituales y perfectamente viables, su eliminación puede llevarse a cabo en el punto limpio más cercano.

RECOMENDACIONES DE USO

Encintar **siempre** el cono del protector STSC mediante la utilización de nuestra cinta de silicona ENV-25/05 [1], **aunque no se forre el conductor y sólo se proteja la grapa.**

Este encintado garantiza un efectivo desempeño del forro STSC y permite que - mediante el cono de acoplamiento del modelo STSC - se fije a el forro para el conductor SWP **garantizando que no se produzcan desplazamientos sobre el vano del mismo.**

Este modelo permite su instalación en Frío y en Tensión

Distribuidor :

Telf. : +34-958-511669

ENVERTEC S.L.

Fax.: +34-958-511669

Pol. La Fuente- C/ Huelva, 10

nacrec@envertec.eu

18340 Fuente Vaqueros (Granada)

www.envertec.es

Centro de Producción: ZGEI Ltd. China.



Dispositivos de Protección Avifauna
CAON-KORWI®



FORRO PARA CONDUCTORES

SWP-12 SWP-16
SWP-22 SWP-38

FICHA TECNICA DE PRODUCTO
INSTRUCCIONES DE MONTAJE

CARACTERÍSTICAS NOMINALES DEL MATERIAL

| | |
|----------------|--|
| Denominación | Caucho de Silicona (Negro de carbón blanco) |
| Tipo | HTV. Componente de caucho de silicona sólido con vulcanización a elevada temperatura (180°C) |
| Modelo | 110-2 (película molecular 60W a 65W) |
| Rev. Hidrófugo | Nivel Hc2 – WC2 de permeabilidad al agua |
| Color | Rojo Rai 3031 |

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

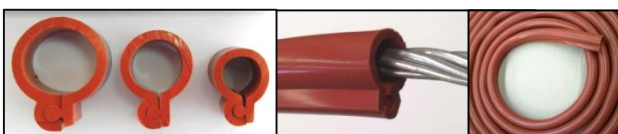
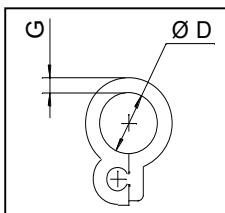
| | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Inflamabilidad | V0 (UNE 60695-11-10) |
| Densidad | >1,1 g/cm 3 (ISO-868) |
| Dureza | >50 Shore A (ISO-868) |
| Tensión de Rotura | >4N/mm 2 (EN 60811-501) |
| Alargamiento de Rotura | >200% (EN 60811-501) |
| Resistencia al Desgarro | >10N/mm 2 (UNE-HD-605) |
| Rigidez Dieléctrica | >18kV/mm (UNE 60243-1) |
| Resistencia al Ozono | 250ppm (UNE 60811-403:2012) |
| Envejecimiento climático | 1000h (UNE EN 60243-1) |

Código BIDI-QR Video de Instalación.



Código BIDI-QR Gama Completa en PDF.

DIMENSIONES



| Ref. | D | G | Formato | Um (kV) |
|---------------|------------|------------|---------|-------------------------|
| Modelo | (mm) | (mm) | Rollos | Ø Conductor |
| SWP-12 | 12 +1,5/-0 | 3 +0,5/-0 | 20m | 36kV / ≤12 |
| SWP-16 | 16 +1/-0 | 3 +0,5/-0 | 20m | 36kV / ≤16 |
| SWP-22 | 22 +2/-0 | 3,5 +1/-0 | 20m | 36kV / ≤18 |
| SWP-38 | 38 +2/-0 | 4 +/- 0,25 | 20m | 36kV / ≤32,8_45kV / ≤31 |

Comprobar que el forro para el Conductor es el recomendado : Mod. SWP-12 (LA-30 hasta LA-56), Mod. SWP-16 (LA-74/LA-145). – Mod. SWP-22 (LA-180) , Mod. SWP-38 (CONDOR-FINCH). Todos los modelos permiten su instalación en Frio y en Tensión - .

ELEMENTOS DE FIJACION.



6 a 24ud de Bridas de Acero Inox AISI-316 4,6x0.25x150mm (Modelos SWP-16 y SWP-22)



1 a 6ud rollo de Cinta de Silicona Autovulcanizable 25x0,5x3000mm Uds. Necesarias (SWP-12/16/22 : 1 rollo por cada fase.

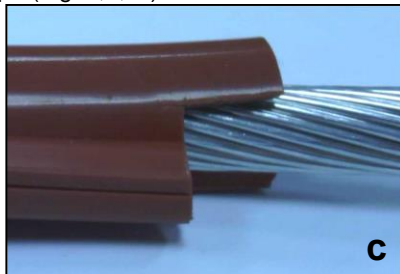
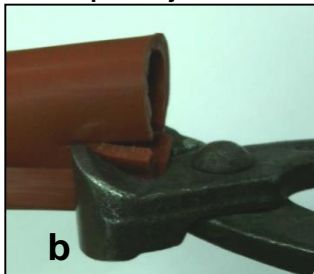
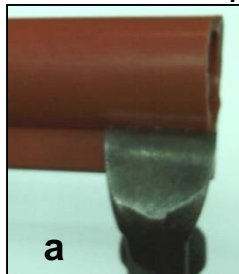
Uds. Necesarias : SWP-38 : 1 rollo de cinta cada 3m. 2ud. Por cada Grapa

1.- INSTALACION DEL FORRO PARA EL CONDUCTOR Mod. SWP :

Antes de comenzar la instalación , proceder a la limpieza y desengrasado del Conductor y Grapa,

1.1 Con el forro aún cerrado sobre sí mismo , medir y cortar mediante Tijeras ó Cutter , de un lado la longitud necesaria de forro **SWP** para cubrir al menos una longitud de 1,5m en la parte de la Grapa/Rótula , y de otro lado la longitud necesaria para cubrir totalmente el conductor que forma el puente flojo (en cadenas de amarre).

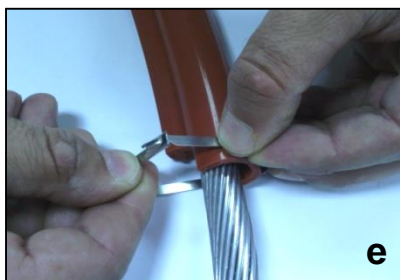
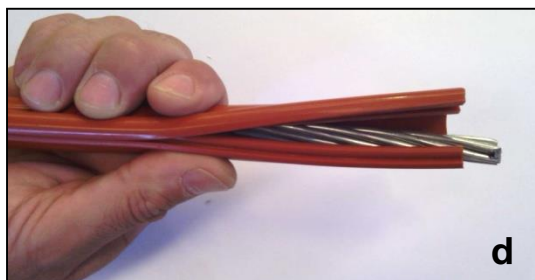
1.2 Cortar con las Tenazas aproximadamente 20mm de la zona del machiembrado del forro SWP en el extremo que debe quedar junto a la Grapa.(Fig.a , b , c).



1.3 Abrir ahora e insertar el forro SWP sobre el conductor **hasta que haga tope** con la Grapa. Cerrar el forro con un movimiento longitudinal continuo , comprobando que no quedan zonas abiertas y posteriormente girar el machiembrado para que quede mirando al suelo. (d)

1.4 En el extremo del forro que queda junto a la Grapa , insertar una brida INOX. , **de modo que abrace al conductor y al forro SWP al mismo tiempo**, y tensar sin herramientas sólo hasta la mitad de su recorrido (Fig. e) .

1.5 Introducir una segunda brida INOX. **que abrace el ojal ó abarcón de la Grapa más próximo y al mismo tiempo a la primera brida INOX.** que ya está abrazando al forro SWP y al conductor.(Fig. g , h) . >>>





Dispositivos de Protección Avifauna
CAON-KORWI®

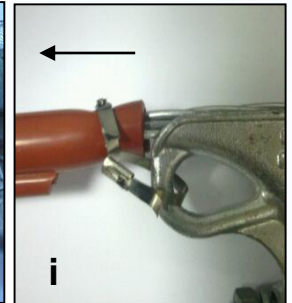
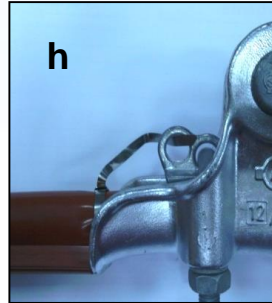
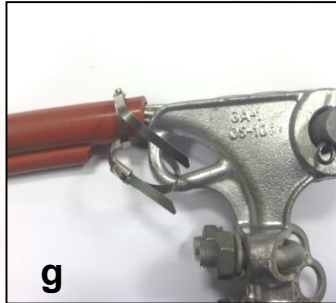


FORRO PARA CONDUCTORES

SWP-12 SWP-16
SWP-22 SWP-38

FICHA TECNICA DE PRODUCTO
INSTRUCCIONES DE MONTAJE

1.6 Con ayuda de 2 alicates tensar ambas bridas INOX. , empezando por la instalada en primer lugar. **Comprobar , con un esfuerzo de tracción moderado** en sentido contrario a la Grapa, **que el forro SWP ha quedado firmemente sujeto.** (Fig. i)



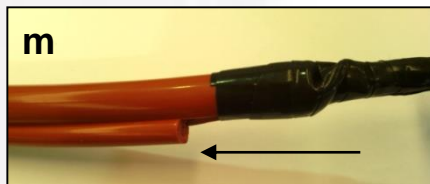
1.7 Asegurar el cierre del forro SWP **cada 40(°) ó 50cm**, mediante el uso de 2 vueltas la Cinta de Silicona Autovulcanizable , estirándola moderadamente y solapando la segunda vuelta sobre la mitad de la superficie

de la primera ; **montaje en hélice.** Previamente es necesario comprobar que **la superficie exterior del forro está desengrasada y seca.** - **Muy Importante :** Asegurar con 2 vueltas de cinta roja sobre el forro SWP el cierre del extremo opuesto a la grapa **sin cegar la salida de agua.** Si por necesidades de la instalación no fuese posible el uso de las bridas INOX. , existe la alternativa de fijar el forro SWP directamente al conductor mediante la Cinta de Silicona Autovulcanizable del sig. modo :

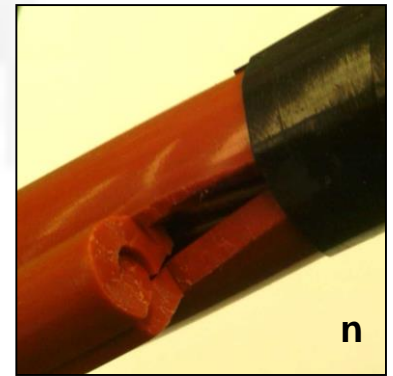
•Cortar mediante las Tenazas una sección de al menos **60mm** del machiembreado del forro.(Fig.k).



• Encintar y fijar el forro SWP al conductor **del modo descrito en el punto 1.7.** (Fig. m).



• **MUY IMPORTANTE :** Comprobar que queda una sección del machiembreado cortada **sin cubrir** por la cinta , para asegurar la libre circulación de agua. (Fig. n) . Asegurar el cierre con cinta , **sin cegar la salida** , del extremo opuesto a la Grapa de amarre del forro SWP , **para permitir** la salida de agua.



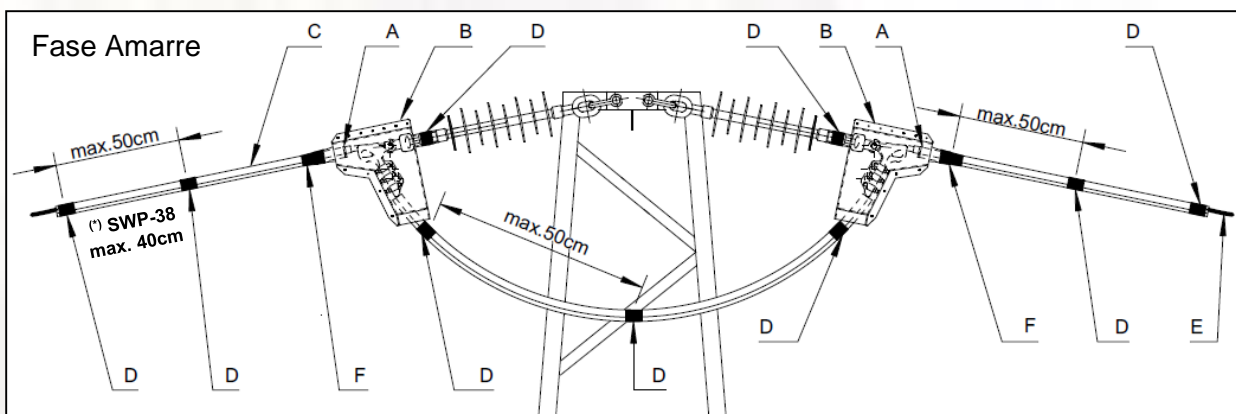
•Por último **comprobar , con un esfuerzo de tracción moderado** en sentido contrario a la Grapa, **que el forro SWP ha quedado firmemente sujeto.**(Fig. m) y proceder a asegurar el cierre del mismo **cada 40 ó 50cm**, mediante 2 vueltas de Cinta de Silicona . (Ver punto 1.7)

RETIRADA Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS .

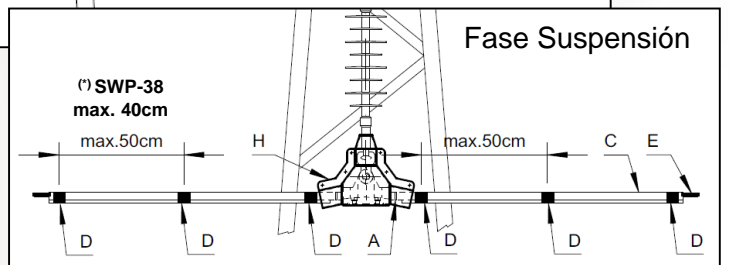
Se trata de residuos sólidos que pueden ser considerados y manipulados como **NO PELIGROSOS.** Conforme a los procedimientos habituales y perfectamente viables , su eliminación y reciclaje puede llevarse a cabo en el Punto Limpio más cercano.



FASE AISLADA Y REPRESENTACION DE LA UBICACION DE CADA ELEMENTO DE PROTECCION Y FIJACION :



| MARCA | DESCRIPCION | Uds./cm |
|-------|--------------------------------------|---------|
| A | BRIDAS ACERO INOX. 4,6x0,25x200mm | 2ud. |
| B | FORRO GRAPA AMARRE Mod. STSC | 1ud. |
| C | FORRO CONDUCTOR Mod. SWP | - |
| D | CINTA SILICONA - CIERRE SWP-12/16/22 | 20cm. |
| D | CINTA SILICONA - CIERRE SWP-38 | 36cm. |
| E | CONDUCTOR FASE | - |
| F | CINTA SILICONA - UNION STSC/SWP | 50cm. |
| H | FORRO GRAPA SUSPENSION Mod.SPSC | 1ud. |



ENVERTEC S.L.
Pol. La Fuente-C/Huelva,10
ES18340 - FUENTE VAQUEROS
GRANADA - SPAIN

Telf. : +34-958 511 669
Fax.: +34-958-511669
nacrec@envertec.eu
www.envertec.es



Centro de Producción :
ZGEI Co.,Ltd. – CAON - China.



Dispositivos de Protección Avifauna
CAON-KORWI®



PROTECTOR PARA BORNES DE ALTA TENSION DE TRAFOS.

SPB

FICHA TECNICA DE PRODUCTO INSTRUCCIONES DE MONTAJE

CARACTERÍSTICAS NOMINALES DEL MATERIAL

| | |
|----------------|--|
| Denominación | Caucho de Silicona (Negro de carbón blanco) |
| Tipo | HTV. Componente de caucho de silicona sólido con vulcanización a elevada temperatura (180°C) |
| Modelo | 110-2 (película molecular 60W a 65W) |
| Rev. Hidrófugo | Nivel Hc2 – WC2 de permeabilidad al agua |
| Color | Rojo Rai 3031 |

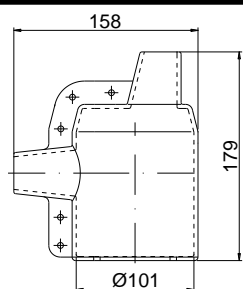
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

| | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Inflamabilidad | V0 (UNE 60695-11-10) |
| Densidad | >1,1 g/cm 3 (ISO-868) |
| Dureza | >50 Shore A (ISO-868) |
| Tensión de Rotura | >4N/mm 2 (EN 60811-501) |
| Alargamiento de Rotura | >200% (EN 60811-501) |
| Resistencia al Desgarro | >10N/mm 2 (UNE-HD-605) |
| Rigidez Dieléctrica | >18kV/mm (UNE 60243-1) |
| Resistencia al Ozono | 250ppm (UNE 60811-403:2012) |
| Envejecimiento climático | 1000h (UNE EN 60243-1) |

Código BIDI-QR Video de Instalación.



Código QR Instrucción es Aplicación Cinta Silicona versión PDF.



| | |
|-----------------------|-----------------------------|
| PROTECCIÓN | 36 KV |
| TRANSFORMADOR | Hasta 250 KVA |
| GROSOR PARED (mm) | 3,5 +0,5 /-0 |
| FORMATO DE SUMINISTRO | ENVASES DE CARTÓN DE 6 UDS. |

CONTENIDO DEL EMBALAJE



x 6ud



x 6ud



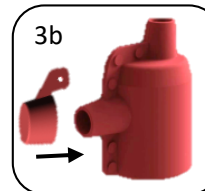
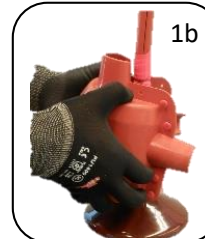
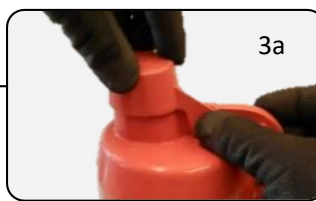
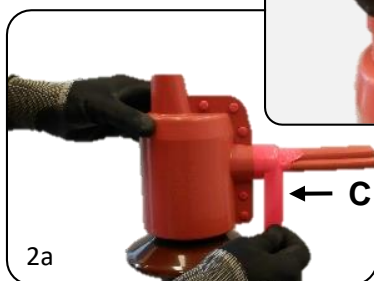
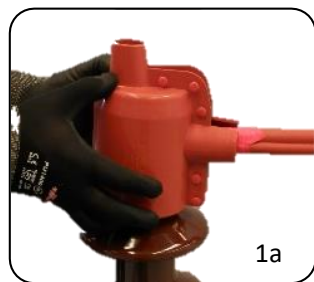
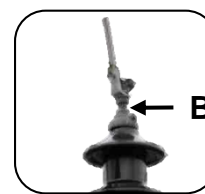
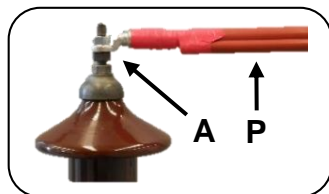
ELEMENTOS DE FIJACIÓN.

Cinta de Silicona Autovulcanizable
25mmx 0,5x 3m
x 1ud

INSTALACION DEL PROTECTOR DE SILICONA MODELO SPB

MONTAJE 1. Salida Perpendicular del Conductor

MONTAJE 2. Salida Vertical del Conductor



INSTRUCCIONES DE MONTAJE

- Una vez se ha cubierto el conductor con un forro protector (P) adecuado, proceder a fijar éste al mismo de modo que el conductor quede totalmente protegido hasta el terminal (A).
- Seguidamente abrir el dispositivo SPB y ajustarlo sobre el borne de alta tensión del TRAFIO (B) de modo que cubra totalmente las partes en tensión. Después proceder a fijarlo mediante los 5 bulones premontados que incorpora (1 a – 1 b)
- Posteriormente fijar el forro SWP (P) al cono del dispositivo SPB mediante la cinta de silicona roja autovulcanizante (C) incluida en el embalaje (2 a – 2b).
- Una vez cubierto el borne A.T. del TRAFIO, cegar con el tapón incorporado la apertura que no se utilice, utilizando el PIN y agujeros más próximos (3 a – 3b).

Antes de utilizar la cinta autovulcanizante de silicona, limpiar y desengrasar todas las superficies en contacto.

RETIRADA Y TRATAMIENTO DE RESÍDUOS

Se trata de residuos sólidos que pueden considerarse como no peligrosos. Conforme a los procedimientos habituales y perfectamente viables, su eliminación se puede llevar a cabo en el punto limpio más cercano.

En las imágenes se ha utilizado nuestro protector para el conductor de silicona Mod. SWP-12 y la cinta de silicona autovulcanizable modelo TPE-X10BRD.

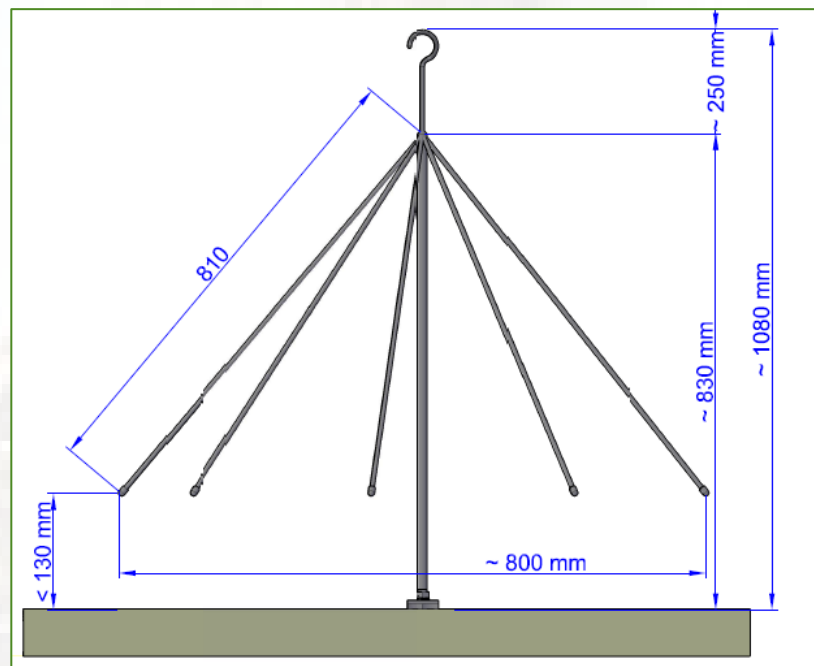
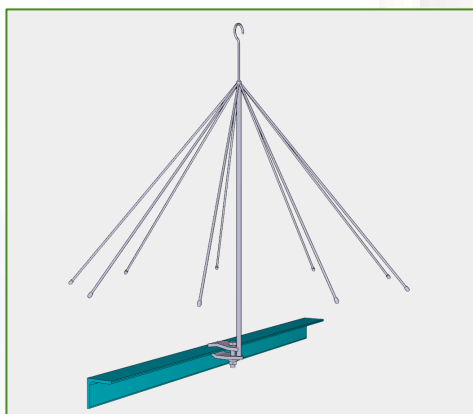
(Este modelo permite su instalación en Frio y en Tensión)

ENVERTEC S.L. Telf. : +34-958-511669
Pol. La Fuente, C/ Huelva,10 Fax.: +34-958-511669
18340 - Fuente Vaqueros nacrec@envertec.es
Granada www.envertec.es

Centro de Producción : CAON Ltd. China.

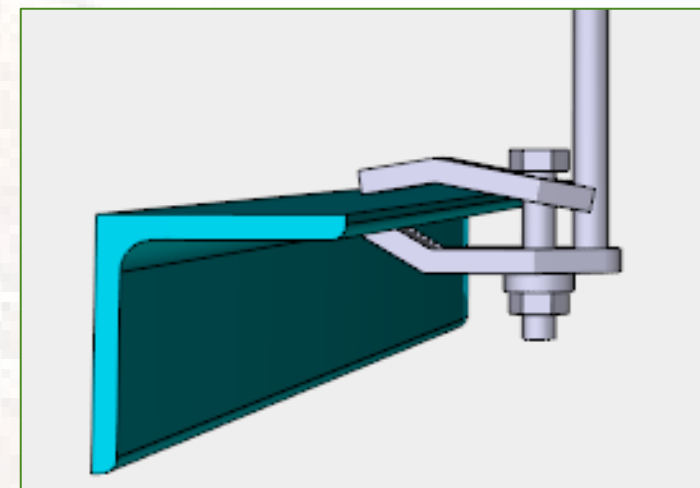
DISPOSITIVOS ANTIPOSADA : Disuasor modelo **AGUILA**

Artículo en Distribución



Instalar la sujeción del disuasor según la figura.

Se incluyen todas las piezas: Tornillo, arandela grower, arandela plana y tuerca.



Modelo AGUILA - Acero HDG - Peso 4,5 kg - Incorpora dispositivo de fijación universal.

INSTALACIÓN

- 1- Se deben de situar distribuidos linealmente o al tresbolillo,, de tal forma que evite sobre la superficie a cubrir el pose de una ave de mediano tamaño.
- 2- Una vez instalado los disuasores,, las varillas deben abrirse,, elevando estas a no más de 130 mm de la superficie del posible pose,, evitando posibles anidamiento de las aves bajo el disuasor.
- 3- Las aperturas de las varillas del paraguas,, han de separarse de los elementos en tensión la distancia a masa recomendada por R.D. 223/2008
- 4- Si no es posible cubrir la zona fácilmente,, deberán de instalarse los disuasores más próximos y aumentar su número con el fin de obstaculizar lo máximo posible la nidificación y pose de las aves.
- 5- Cuando se utilicen los disuasores de posada inmediatamente a la retirada de un nido, se aconseja colocar sobre el gancho un lazo o elemento de color llamativo de unos 200 mm y oscile con el viento.

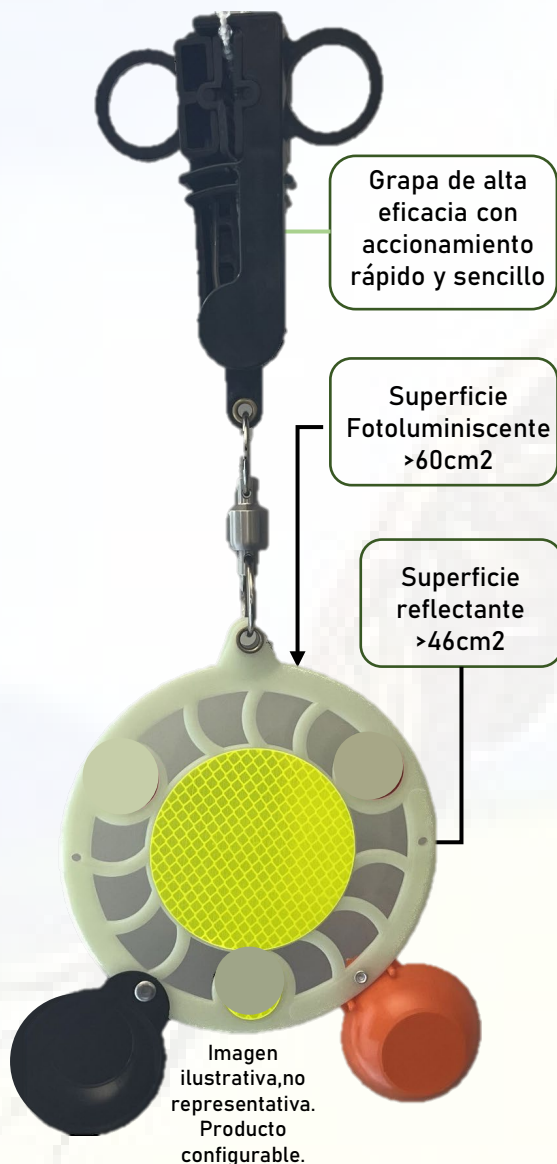
El Modelo AGUILA puede ser instalado sobre estructuras metálicas - Subestaciones y en Apoyos de líneas de MT y AT, dispuestos linealmente o al tresbolillo.

Las distancias mínimas de seguridad han de mantenerse en la instalación de modo que se eviten cebamientos a masa por distancia insuficiente a elementos en tensión. RD. 223/2008





DISPOSITIVOS ANTICOLISIÓN: **CROCFAST®** Reflectante, Giratorio y Fotoluminiscente.



> 40.600ud
Instalados
2013 - 2023



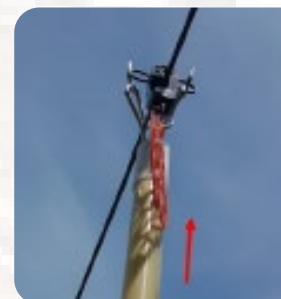
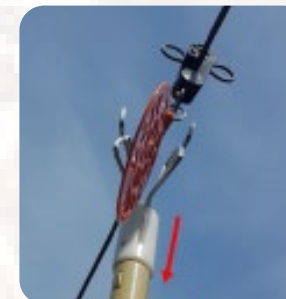
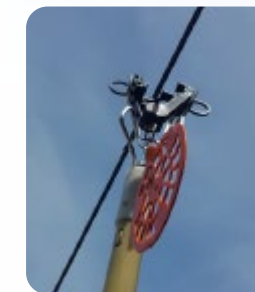
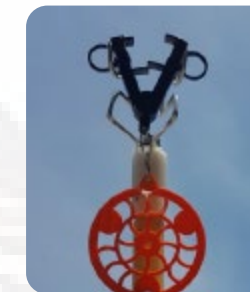
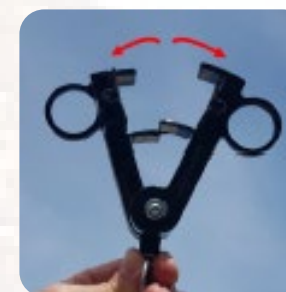
+ Ligero y fiable.

- Diseñado para durar 20 años.
- Construido en Nylon 6 UV Stable.
- 30% más ligero que otros modelos.
- Mordazas de elastómeros anti-deslizamiento respetuosas con el cable y con capacidad hasta Ø30mm.
- Rango temperaturas -40°C +140°C

+ Visible.

- Disco "Glow in the Dark" de 142mm.
- 15% más de superficie reflectante y
- 90% más de superficie Fotoluminiscente que otros modelos.

Técnicas de Instalación: Manual - A distancia con Pértiga
En remoto con Drone (UAS) para lugares inaccesibles.



1x

1x

3s





SISTEMAS DE PROTECCION DE LA AVIFAUNA EN REDES M.T. / A.T. 15kV - 36kV

> 40.000ud Instalados 2013 - 2023



Distribución en Exclusiva

DISPOSITIVOS ANTICOLISIÓN: **CROCFAST®** Reflectante, Giratorio y Fotoluminiscente.

Rapidez de Instalación

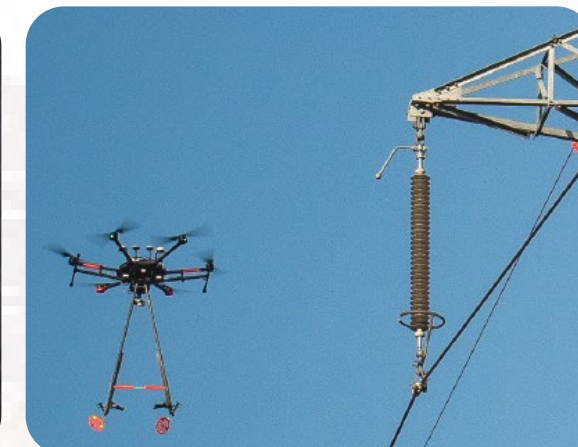
Hasta 400 Crocfast® instalados por día

Emplazamientos de Difícil Acceso

Especialmente diseñados para facilitar la instalación con Drones

Importante Ahorro de Costes

La técnica económicamente más competitiva



El mejor Laboratorio



"..del Desierto de Atacama a la Antártida.."

La mejor Garantía : El reconocimiento y la satisfacción de nuestros clientes .

