

# TRABAJO FIN DE GRADO



**UCAM**

UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE MURCIA

## ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

Grado en Ingeniería en Tecnologías de  
Telecomunicación

---

### SISTEMA DE SEGURIDAD EN INSTALACIÓN CRÍTICA CON REDUNDANCIA DE COMUNICACIONES Y ELÉCTRICA

Autor/a:

Salvador Espín Bernal

Director/a:

Dr. Ángel García Collado

Murcia, julio de 2026

Firmado por ESPIN  
BERNAL SALVADOR -  
\*\*\*9809\*\* el día  
17/07/2026 con un  
certificado  
emitido por AC



## Agradecimientos

La realización de este Trabajo Fin de Grado supone el final de una etapa muy importante de mi vida, durante la cual no solo he adquirido conocimientos técnicos, sino que también he crecido personal y profesionalmente. Este camino no habría sido posible sin el apoyo de muchas personas que me han acompañado y ayudado a seguir adelante en los momentos más difíciles.

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi director de TFG, Ángel García, por su dedicación, disponibilidad y confianza durante el desarrollo de este trabajo. Además de dirigir este proyecto, ha sido un profesor que siempre ha estado pendiente de mi evolución, preocupándose por mi aprendizaje y ofreciéndome su ayuda siempre que la he necesitado. También quiero agradecer especialmente a Cecilia, quien ha estado pendiente de mí durante toda la carrera. Desde el primer curso me animó a no rendirme cuando atravesaba momentos de duda y, desde entonces, siempre ha mostrado interés por mi progreso y me ha ofrecido su apoyo. Asimismo, quiero hacer extensivo mi agradecimiento al resto de profesores del grado, ya que todos ellos han contribuido, de una forma u otra, a mi formación académica y personal.

A mis padres y a mis hermanas, gracias por vuestra paciencia, por vuestro apoyo incondicional y por soportar conmigo los momentos de frustración cuando los exámenes no salían como esperaba. Gracias por confiar siempre en mí, incluso cuando yo mismo dudaba de mis capacidades. A mis abuelos, por animarme constantemente a continuar, por recordarme la importancia del esfuerzo y la constancia, y por enseñarme que rendirse nunca debía ser una opción. También quiero agradecer a mis tías y, en general, a toda mi familia, por estar siempre pendientes de mí, por animarme y por acompañarme durante todos estos años.

Quiero agradecer también a mi empresa y a mis compañeros de trabajo su comprensión durante estos años, especialmente en las épocas de exámenes. Gracias por enseñarme cómo funciona el mundo laboral y por la confianza depositada en mí para asumir tareas de responsabilidad, algo que me ha permitido crecer tanto profesional como personalmente.

Quiero agradecer también a los compañeros de prácticas de la Plataforma Tecnológica del 112 de la Región de Murcia, de Alterna Tecnologías, por haberme acogido desde el primer momento como un compañero más y por compartir conmigo sus conocimientos y experiencia. De manera especial, quiero agradecer a mi tutor, Mario, su dedicación y todo lo que me enseñó durante este periodo, especialmente la importancia de la recursividad en el diseño y la gestión de sistemas de comunicaciones.

También quiero dar las gracias a los amigos que he tenido la suerte de conocer durante la carrera: Marisa, Joaquín, Chema, Ana, Lucía, Javi y Manuel Galián. Gracias por compartir conmigo las horas de estudio, los trabajos, los nervios antes de cada examen y todos los momentos vividos durante estos años. Quiero hacer una mención especial a Manuel, con quien además he tenido la oportunidad de compartir la experiencia laboral. Vuestra compañía ha hecho que este camino haya sido mucho más llevadero y que la etapa universitaria me haya dejado recuerdos que van mucho más allá de lo académico.

Del mismo modo, quiero agradecer a mis amigos de toda la vida, Marta, Ángela, Adrián, Hugo y Mari P., que hayan permanecido a mi lado durante todos estos años. Gracias por vuestro apoyo, por escucharme en los momentos difíciles y por seguir acompañándome en cada etapa. También quiero mencionar a mi primo Ángel, por ser un pilar fundamental en mi vida. Saber que podía contar con todos vosotros ha sido fundamental durante este proceso.

Por último, quiero agradecer a todas las personas que, de una forma u otra, han formado parte de esta etapa. Este Trabajo Fin de Grado representa el resultado de muchos años de esfuerzo, aprendizaje y constancia, pero también el comienzo de nuevos retos profesionales. Me llevo los conocimientos adquiridos, las experiencias vividas y, sobre todo, a las personas que han hecho posible que hoy pueda cerrar esta etapa con orgullo.



# Listado de Abreviatura

## Abreviaturas

| Abreviatura | Correspondencia                                                                   |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 2G          | Segunda generación de comunicaciones móviles                                      |
| 3G          | Tercera generación de comunicaciones móviles                                      |
| 4G          | Cuarta generación de comunicaciones móviles                                       |
| 5G          | Quinta generación de comunicaciones móviles                                       |
| AES         | Advanced Encryption Standard                                                      |
| AP          | Access Point / Punto de acceso                                                    |
| APN         | Access Point Name / Nombre del punto de acceso                                    |
| BMS         | Battery Management System / Sistema de gestión de baterías                        |
| BOE         | Boletín Oficial del Estado                                                        |
| CA          | Corriente alterna                                                                 |
| CAN         | Controller Area Network                                                           |
| CC          | Corriente continua                                                                |
| CCN         | Centro Criptológico Nacional                                                      |
| CCTV        | Circuito Cerrado de Televisión                                                    |
| CLC/TS      | CENELEC Technical Specification / Especificación técnica CENELEC                  |
| CNPIC       | Centro Nacional para la Protección de las Infraestructuras Críticas               |
| CPD         | Centro de Procesamiento de Datos                                                  |
| CPE         | Customer Premises Equipment                                                       |
| CRA         | Central Receptora de Alarmas                                                      |
| DFS         | Dynamic Frequency Selection                                                       |
| DHCP        | Dynamic Host Configuration Protocol / Protocolo de configuración dinámica de host |
| DNS         | Domain Name System / Sistema de nombres de dominio                                |
| DoD         | Depth of Discharge / Profundidad de descarga                                      |
| EN          | European Norm / Norma europea                                                     |
| FAR         | False Alarm Rate / Tasa de falsas alarmas                                         |

| Abreviatura        | Correspondencia                                                                            |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>FV</b>          | Fotovoltaico / Fotovoltaica                                                                |
| <b>HR</b>          | Humedad relativa                                                                           |
| <b>HSP</b>         | Horas solares pico                                                                         |
| <b>IA</b>          | Inteligencia Artificial                                                                    |
| <b>IDAE</b>        | Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía                                   |
| <b>IP</b>          | Internet Protocol / Protocolo de Internet                                                  |
| <b>IP20 / IP66</b> | Grados de protección IP (Ingress Protection) frente a entrada de sólidos y agua            |
| <b>IPsec</b>       | Internet Protocol Security                                                                 |
| <b>IPS</b>         | Intrusion Prevention System / Sistema de Prevención de Intrusiones                         |
| <b>IR</b>          | Infrarrojos                                                                                |
| <b>ISO</b>         | International Organization for Standardization                                             |
| <b>ISO/IEC</b>     | International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission |
| <b>LAN</b>         | Local Area Network / Red de área local                                                     |
| <b>LEO</b>         | Low Earth Orbit / Órbita terrestre baja                                                    |
| <b>LiDAR</b>       | Light Detection and Ranging                                                                |
| <b>LiFePO4</b>     | Litio-ferrofosfato                                                                         |
| <b>MAC</b>         | Media Access Control / Control de acceso al medio                                          |
| <b>MAGERIT</b>     | Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información                |
| <b>MPPT</b>        | Maximum Power Point Tracking / Seguimiento del punto de máxima potencia                    |
| <b>MU-MIMO</b>     | Multi-User Multiple Input Multiple Output                                                  |
| <b>NAT</b>         | Network Address Translation / Traducción de direcciones de red                             |
| <b>NGFW</b>        | Next-Generation Firewall / Firewall de nueva generación                                    |
| <b>NIST</b>        | National Institute of Standards and Technology                                             |
| <b>NTP</b>         | Network Time Protocol / Protocolo de tiempo de red                                         |
| <b>NVR</b>         | Network Video Recorder / Grabador de Vídeo en Red                                          |
| <b>OT</b>          | Operational Technology / Tecnología operacional                                            |
| <b>Pd</b>          | Probabilidad de detección                                                                  |

| Abreviatura       | Correspondencia                                                                |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PIN</b>        | Personal Identification Number / Número de identificación personal             |
| <b>PIRE</b>       | Potencia Isotrópica Radiada Equivalente                                        |
| <b>PIR</b>        | Passive Infrared / Infrarrojo pasivo                                           |
| <b>PLC</b>        | Programmable Logic Controller / Autómata programable                           |
| <b>PoE / PoE+</b> | Power over Ethernet / Alimentación a través de Ethernet                        |
| <b>PtMP</b>       | Point-to-Multipoint / Punto a multipunto                                       |
| <b>PVGIS</b>      | Photovoltaic Geographical Information System                                   |
| <b>QoS</b>        | Quality of Service / Calidad de Servicio                                       |
| <b>RFID</b>       | Radio Frequency Identification / Identificación por radiofrecuencia            |
| <b>RS485</b>      | Recommended Standard 485 / Estándar de comunicación serie RS-485               |
| <b>RSSI</b>       | Received Signal Strength Indicator / Indicador de intensidad de señal recibida |
| <b>Rx</b>         | Receptor                                                                       |
| <b>SAI</b>        | Sistema de Alimentación Ininterrumpida                                         |
| <b>SCADA</b>      | Supervisory Control and Data Acquisition                                       |
| <b>SIM</b>        | Subscriber Identity Module                                                     |
| <b>SM</b>         | Subscriber Module / Módulo suscriptor                                          |
| <b>SPOF</b>       | Single Point of Failure / Punto único de fallo                                 |
| <b>TFG</b>        | Trabajo Fin de Grado                                                           |
| <b>TPC</b>        | Transmit Power Control                                                         |
| <b>Tx</b>         | Transmisor                                                                     |
| <b>UCAM</b>       | Universidad Católica de Murcia                                                 |
| <b>UNE</b>        | Norma UNE / estándar español de normalización                                  |
| <b>UNE-EN</b>     | Norma UNE que adopta un estándar europeo EN                                    |
| <b>UTP</b>        | Unified Threat Protection                                                      |
| <b>VLAN</b>       | Virtual Local Area Network / Red de Área Local Virtual                         |
| <b>VPN</b>        | Virtual Private Network / Red Privada Virtual                                  |
| <b>WAN</b>        | Wide Area Network / Red de área amplia                                         |

| Abreviatura | Correspondencia                                              |
|-------------|--------------------------------------------------------------|
| WHO         | World Health Organization / Organización Mundial de la Salud |
| WiMAX       | Worldwide Interoperability for Microwave Access              |
| WISP        | Wireless Internet Service Provider                           |

## Símbolos técnicos y unidades

| Símbolo                 | Correspondencia                             |
|-------------------------|---------------------------------------------|
| A                       | Amperios                                    |
| Ah                      | Amperios hora                               |
| dB                      | Decibelios                                  |
| dBi                     | Decibelios respecto a una antena isotrópica |
| dBm                     | Decibelios referidos a 1 mW                 |
| F1                      | Primera zona de Fresnel                     |
| GHz                     | Gigahercios                                 |
| h                       | Horas                                       |
| h/día                   | Horas por día                               |
| kg                      | Kilogramos                                  |
| km                      | Kilómetros                                  |
| kVA                     | Kilovoltamperios                            |
| kW                      | Kilovatios                                  |
| kWh                     | Kilovatios hora                             |
| kWh/día                 | Kilovatios hora por día                     |
| kWh/m <sup>2</sup> /mes | Kilovatios hora por metro cuadrado y mes    |
| kWp                     | Kilovatios pico                             |
| m                       | Metros                                      |
| m <sup>2</sup>          | Metros cuadrados                            |
| mA                      | Miliamperios                                |
| Mbps                    | Megabits por segundo                        |
| MHz                     | Megahercios                                 |

| Símbolo        | Correspondencia               |
|----------------|-------------------------------|
| <b>mm</b>      | Milímetros                    |
| <b>MP</b>      | Megapíxeles                   |
| <b>ms</b>      | Milisegundos                  |
| <b>TB</b>      | Terabytes                     |
| <b>V</b>       | Voltios                       |
| <b>Vca</b>     | Voltios en corriente alterna  |
| <b>Vcc</b>     | Voltios en corriente continua |
| <b>W</b>       | Vatios                        |
| <b>Wh</b>      | Vatios hora                   |
| <b>Wh/día</b>  | Vatios hora por día           |
| <b>Wp</b>      | Vatios pico                   |
| <b>°</b>       | Grados                        |
| <b>°C / °C</b> | Grados Celsius                |

**Nota:** No se han incluido como abreviaturas las marcas, nombres comerciales, modelos de equipos ni nombres propios de herramientas/protocolos cuando actúan como denominaciones comerciales o referencias de producto.



## ÍNDICE

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>                                                          | <b>23</b> |
| <b>2. JUSTIFICACIÓN.....</b>                                                          | <b>25</b> |
| <b>3. MARCO TEÓRICO .....</b>                                                         | <b>27</b> |
| 3.1. Infraestructuras críticas y normativa aplicable .....                            | 27        |
| 3.1.1. Normativa grado 3 .....                                                        | 31        |
| 3.2. Seguridad integral en instalaciones .....                                        | 33        |
| 3.3. Tipos de amenazas: físicas, tecnológicas y energéticas.....                      | 34        |
| 3.4. Principios de diseño de sistemas redundantes .....                               | 35        |
| 3.5. Tecnologías actuales aplicadas a la protección de depósitos de agua potable..... | 37        |
| <b>4. OBJETIVOS.....</b>                                                              | <b>41</b> |
| 4.1. Objetivos generales.....                                                         | 41        |
| 4.2. Objetivos específicos .....                                                      | 41        |
| <b>5. METODOLOGÍA .....</b>                                                           | <b>43</b> |
| 5.1. Enfoque metodológico.....                                                        | 43        |
| 5.2. Desarrollo del trabajo .....                                                     | 43        |
| <b>6 ANÁLISIS DE RIESGOS EN EL DEPÓSITO DE AGUA POTABLE.....</b>                      | <b>45</b> |
| 6.1 Identificación de activos y vulnerabilidades.....                                 | 45        |
| 6.1.1 Activos físicos .....                                                           | 45        |
| 6.1.2 Activos tecnológicos .....                                                      | 46        |
| 6.1.3 Activos de información.....                                                     | 48        |
| 6.1.4 Activos energéticos.....                                                        | 48        |
| 6.2 Evaluación de amenazas físicas, tecnológicas y eléctricas .....                   | 49        |
| 6.2.1 Amenazas físicas.....                                                           | 49        |
| 6.2.2 Amenazas tecnológicas .....                                                     | 51        |
| 6.2.3 Amenazas eléctricas.....                                                        | 52        |

|          |                                                                    |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6.3      | Análisis de impacto y priorización de riesgos.....                 | 52        |
| 6.4      | Metodología empleada para el análisis de riesgos. ....             | 54        |
|          | .....                                                              | 55        |
| <b>7</b> | <b>DISEÑO DEL SISTEMA FÍSICO DE SEGURIDAD .....</b>                | <b>57</b> |
| 7.1      | Central de intrusión y gestión de alarmas .....                    | 59        |
| 7.1.1    | Selección de la central de intrusión .....                         | 62        |
| 7.2      | Sistema de detección de intrusión .....                            | 63        |
| 7.2.1    | Sistema de detección por anillos .....                             | 63        |
| 7.2.2    | Criterios de selección de las tecnologías de detección .....       | 67        |
| 7.2.3    | Selección de dispositivos.....                                     | 71        |
| 7.3      | Sistema de videovigilancia y análisis de video.....                | 73        |
| 7.3.1    | Selección de los equipos de videovigilancia.....                   | 75        |
| 7.4      | Sistema de control de accesos .....                                | 77        |
| 7.4.1    | Selección de los equipos de control de accesos .....               | 77        |
| 7.5      | Elementos auxiliares del sistema de seguridad .....                | 81        |
| 7.5.1    | Iluminación infrarroja auxiliar .....                              | 81        |
| 7.5.2    | Protección del cableado .....                                      | 81        |
| 7.5.3    | Sirena exterior de alta potencia .....                             | 82        |
| 7.5.4    | Armario de seguridad para la electrónica del sistema .....         | 82        |
| 7.6      | Respuesta operativa del sistema de seguridad.....                  | 83        |
| <b>8</b> | <b>REDUNDANCIA EN TELECOMUNICACIONES .....</b>                     | <b>85</b> |
| 8.1      | Requisitos de disponibilidad y continuidad de comunicaciones ..... | 85        |
| 8.2      | Diseño de red redundante (arquitectura, equipos y protocolos)..... | 86        |
| 8.2.1    | 1ª Vía, Radioenlace 5Ghz.....                                      | 87        |
| 8.2.2    | 2º Vía, Comunicación 4G/5G.....                                    | 99        |
| 8.2.3    | 3º Vía, Starlink .....                                             | 102       |
| 8.3      | Router con rutas recursivas y configuración de respaldo.....       | 104       |



|           |                                                                       |            |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| 8.4       | Integración con sistemas de seguridad .....                           | 108        |
| <b>9</b>  | <b>REDUNDANCIA ELÉCTRICA Y AUTONOMÍA ENERGÉTICA .....</b>             | <b>111</b> |
| 9.1       | Requisitos de autonomía eléctrica del sistema .....                   | 111        |
| 9.2       | Consumo de los dispositivos utilizados .....                          | 112        |
| 9.2.1     | Consumo de los dispositivos de seguridad.....                         | 113        |
| 9.2.2     | Consumo el sistema de comunicaciones.....                             | 116        |
| 9.2.3     | Consumo total de las cargas .....                                     | 118        |
| 9.3       | Instalación fotovoltaica.....                                         | 119        |
| 9.3.1     | Emplazamiento, orientación e inclinación de los módulos.....          | 119        |
| 9.3.2     | Dimensionamiento de la potencia del generador fotovoltaico.....       | 123        |
| 9.4       | Dimensionado de baterías y componentes auxiliares .....               | 127        |
| 9.4.1     | Dimensionamiento del banco de baterías.....                           | 128        |
| 9.4.2     | Requisitos del sistema de almacenamiento.....                         | 130        |
| 9.4.3     | Selección del sistema de almacenamiento .....                         | 131        |
| 9.4.4     | Selección de inversor híbrido .....                                   | 138        |
| 9.5       | Integración con la red eléctrica y verificación de la autonomía ..... | 145        |
| <b>10</b> | <b>FUNCIONAMIENTO GLOBAL Y RESPUESTA PREVISTA DEL SISTEMA</b>         | <b>149</b> |
| 10.1      | Funcionamiento en condiciones normales .....                          | 149        |
| 10.2      | Actuación ante una intrusión.....                                     | 149        |
| 10.3      | Actuación ante un fallo de comunicaciones .....                       | 150        |
| 10.4      | Actuación ante un fallo del suministro eléctrico .....                | 150        |
| 10.5      | Respuesta ante incidencias simultáneas .....                          | 151        |
| <b>11</b> | <b>CONCLUSIONES .....</b>                                             | <b>153</b> |
| <b>12</b> | <b>REFERENCIAS .....</b>                                              | <b>155</b> |
| <b>13</b> | <b>ANEXOS.....</b>                                                    | <b>159</b> |
| 13.1      | Anexo 1. Fichas técnicas del sistema de intrusión.....                | 159        |

|           |                                                              |            |
|-----------|--------------------------------------------------------------|------------|
| 13.1.1    | PACOM 8002. ....                                             | 159        |
| 13.1.2    | DAVANTIS DFusion Mini DF04MR. ....                           | 160        |
| 13.1.3    | Takex PB-100HFA-KH. ....                                     | 161        |
| 13.1.4    | Aritech DC111. ....                                          | 162        |
| 13.1.5    | Honeywell Dual Tec Grado 3.....                              | 163        |
| 13.1.6    | Honeywell SC100.....                                         | 164        |
| 13.1.7    | Optex RLS-3060V. ....                                        | 165        |
| 13.1.8    | Optex HX80-DAM.....                                          | 166        |
| 13.1.9    | Optex FTN-AM. ....                                           | 167        |
| 13.1.10   | HID ProxPoint Plus 6005.....                                 | 168        |
| 13.1.11   | PACOM 8303 .....                                             | 169        |
| 13.2      | Anexo 2. Fichas técnicas del sistema de videovigilancia..... | 170        |
| 13.2.1    | Cámaras. Hikvision DS-2CD2647G2HT-LIZS .....                 | 170        |
| 13.2.2    | NVR. Hikvision DS-7608NXI-K2/8P .....                        | 171        |
| 13.2.3    | Iluminadores infrarrojos.....                                | 172        |
| 13.3      | Anexo 3. Fichas técnicas de comunicaciones.....              | 173        |
| 13.3.1    | MikroTik RB5009UPr+S+IN.....                                 | 173        |
| 13.3.2    | Cambium Force 300-25.....                                    | 174        |
| 13.3.3    | Teltonika RUTX50 .....                                       | 175        |
| 13.3.4    | Starlink Estándar .....                                      | 176        |
| 13.3.5    | Tenda TEG1016D .....                                         | 177        |
| 13.3.6    | Cambium ePMP 3000 .....                                      | 178        |
| 13.3.7    | Fortinet 60F .....                                           | 179        |
| 13.4      | Procedimientos de equipos.....                               | 180        |
| 13.4.1    | Configuración Teltonika RUTX50 con doble sim .....           | 180        |
| 13.4.2    | Configuración failover MikroTik RB5009UPr+S+IN .....         | 183        |
| <b>14</b> | <b>REFLEXIÓN Y VALORACIÓN PERSONAL .....</b>                 | <b>193</b> |





## ÍNDICE DE ELEMENTOS GRÁFICOS

### **FIGURA**

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 6-1 Metodología empleada para el análisis de riesgos. ....      | 55  |
| Figura 7-1 Anillos de protección del depósito de agua .....            | 58  |
| Figura 7-2 Esquema equipos de videovigilancia .....                    | 76  |
| Figura 7-3 Esquema equipos control de accesos .....                    | 79  |
| Figura 7-4 Esquema protocolo control de accesos .....                  | 80  |
| Figura 8-1 Esquema equipos conexión redundante .....                   | 87  |
| Figura 8-2 Conexión radioenlace .....                                  | 91  |
| Figura 8-3 Conmutación automática entre las vías de comunicación. .... | 107 |
| Figura 8-4 Esquema arquitectura de red. Fuente: .....                  | 108 |
| Figura 9-1 Esquema sistema eléctrico redundante .....                  | 146 |

### **TABLA**

|                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 6-1 Relación entre los riesgos prioritarios identificados y las medidas de mitigación adoptadas ..... | 53  |
| Tabla 7-1 Requisitos funcionales de la central de intrusión y gestión de alarmas. ....                      | 61  |
| Tabla 7-2 Correspondencia entre los requisitos definidos y la central seleccionada. ....                    | 63  |
| Tabla 7-3 Dispositivos seleccionados para el sistema de detección de intrusión .....                        | 73  |
| Tabla 8-1 Parámetros radioenlace .....                                                                      | 92  |
| Tabla 8-2 Parámetros simulación radioenlace .....                                                           | 97  |
| Tabla 8-3 Prioridad de rutas en router MikroTik .....                                                       | 105 |
| Tabla 8-4 Características router MikroTik RB5009UPr+S+IN .....                                              | 106 |
| Tabla 9-1 Consumo sistema de seguridad .....                                                                | 115 |
| Tabla 9-2 Consumo de los dispositivos del sistema de comunicaciones .....                                   | 117 |
| Tabla 9-3 Relación inclinación con irradiación .....                                                        | 120 |
| Tabla 9-4 Requisitos del sistema de almacenamiento .....                                                    | 130 |
| Tabla 9-5 Características sistema de almacenamiento seleccionado .....                                      | 132 |
| Tabla 9-6 Parámetros sistema de almacenamiento .....                                                        | 137 |

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| Tabla 9-7 Parámetros inversor seleccionado .....    | 139 |
| Tabla 9-8 Comprobaciones inversor seleccionado..... | 144 |

## **ILUSTRACIÓN**

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| Ilustración 1 Central Pacom 8002. ....                                | 62  |
| Ilustración 2 Distancia entre barreras de detección .....             | 68  |
| Ilustración 3 Sistema de seguridad .....                              | 84  |
| Ilustración 4 Posición antenas en Radio Mobile .....                  | 96  |
| Ilustración 5 Simulación enlace en Radio Mobile .....                 | 97  |
| <i>Ilustración 6 Cantidad de antenas por compañía en Murcia</i> ..... | 100 |
| Ilustración 7 Antenas más cercanas a la instalación .....             | 101 |
| Ilustración 8 Ilustración 7 Parámetros antena Movistar .....          | 101 |
| Ilustración 9 Parámetros antena Vodafone .....                        | 101 |
| Ilustración 10 Ubicación de la planta solar en el depósito .....      | 122 |
| Ilustración 11 Simulación en PVGIS con una inclinación de 40º .....   | 122 |
| Ilustración 12 Imagen del inversor seleccionado.....                  | 145 |

## RESUMEN

Las infraestructuras críticas constituyen un elemento esencial para garantizar la prestación de servicios básicos a la sociedad, siendo las instalaciones destinadas al abastecimiento de agua potable una de las infraestructuras que requieren un mayor nivel de protección debido al impacto que cualquier incidente podría tener sobre la continuidad del servicio y la salud de la población. En este contexto, el presente Trabajo Fin de Grado tiene como objetivo diseñar un sistema integral de seguridad para infraestructuras críticas, tomando como caso de estudio un depósito de agua potable, con el propósito de mejorar la protección física de la instalación, garantizar la disponibilidad de las comunicaciones y asegurar la continuidad del suministro eléctrico mediante sistemas redundantes. Para ello, se ha llevado a cabo un análisis cualitativo de los activos y de las principales amenazas físicas, tecnológicas y energéticas que pueden afectar a este tipo de infraestructuras, identificando los riesgos prioritarios sobre los que fundamentar el diseño de la solución propuesta. A partir de dicho análisis se ha desarrollado una arquitectura de seguridad basada en la integración de sistemas de detección de intrusión, videovigilancia inteligente, comunicaciones redundantes y una infraestructura de alimentación autónoma, incorporando además medidas de ciberseguridad orientadas a incrementar la resiliencia de la instalación. Como resultado, se obtiene una solución escalable y adaptable a otras infraestructuras críticas con características similares, capaz de reducir los puntos únicos de fallo y mejorar la continuidad operativa del sistema. En síntesis, el diseño propuesto demuestra que la integración coordinada de medidas de seguridad física, comunicaciones resilientes y autonomía energética constituye una estrategia eficaz para aumentar el nivel de protección y garantizar la continuidad de un servicio esencial como es el abastecimiento de agua potable.

Palabras claves:

Infraestructuras críticas, abastecimiento de agua potable, seguridad física, detección de intrusión, videovigilancia, comunicaciones redundantes, ciberseguridad, autonomía energética.





## ABSTRACT

Critical infrastructures play a fundamental role in ensuring the provision of essential services to society. Among them, drinking water supply facilities require a particularly high level of protection due to the potential impact that any incident may have on service continuity and public health. In this context, the main objective of this **Bachelor's Thesis** is to design an integrated security system for critical infrastructures, using a drinking water reservoir as a case study. The proposed solution aims to enhance the physical protection of the facility, ensure the availability of communications and maintain power supply continuity through redundant systems. To achieve these objectives, a qualitative risk analysis was carried out by identifying the main assets and assessing the physical, technological and electrical threats that may affect this type of infrastructure. Based on this analysis, a security architecture integrating intrusion detection systems, intelligent video surveillance, redundant communications and an autonomous power supply was designed, together with cybersecurity measures intended to improve the resilience of the installation. As a result, a scalable and adaptable security solution suitable for other critical infrastructures with similar characteristics is proposed, reducing single points of failure and improving operational continuity. In summary, the proposed design demonstrates that the integration of physical security measures, resilient communications and autonomous power systems significantly enhances the protection and resilience of critical infrastructures, ensuring the continuity of essential services such as drinking water supply.

### Keywords:

Critical infrastructures, drinking water supply, physical security, intrusion detection, video surveillance, redundant communications, cybersecurity, energy autonomy.



## 1. INTRODUCCIÓN

La seguridad ha sido históricamente un elemento fundamental en el desarrollo de las sociedades, constituyendo un pilar básico para garantizar la protección de personas, bienes e infraestructuras. Desde sus orígenes, el ser humano ha implementado diferentes mecanismos de defensa frente a amenazas externas, evolucionando progresivamente hacia sistemas cada vez más complejos y especializados.

En la actualidad, el concepto de seguridad ha adquirido una relevancia aún mayor debido al incremento de la criminalidad y a la creciente sofisticación de las amenazas. Este contexto ha provocado que tanto a nivel particular como empresarial se destinen cada vez más recursos a la protección de activos, infraestructuras y servicios críticos, con el objetivo de garantizar su continuidad operativa y minimizar posibles riesgos.

Tradicionalmente, la seguridad se ha centrado principalmente en el ámbito físico, mediante la implementación de medidas como sistemas de videovigilancia, control de accesos o protección perimetral. Sin embargo, la transformación digital y la creciente interconexión de sistemas han introducido nuevos vectores de riesgo asociados al ámbito tecnológico. Como consecuencia, ha surgido la necesidad de proteger no solo los elementos físicos, sino también la información y las comunicaciones, dando lugar al concepto de ciberseguridad.

[1]

En este nuevo escenario, la seguridad debe abordarse desde una perspectiva integral, combinando medidas físicas, tecnológicas y organizativas que permitan hacer frente a amenazas cada vez más diversas. Este enfoque resulta especialmente crítico en el caso de las infraestructuras consideradas esenciales para el funcionamiento de la sociedad, como es el caso de los sistemas de abastecimiento de agua potable. Este tipo de infraestructuras presentan un carácter especialmente sensible, ya que el agua suministrada está directamente destinada al consumo humano. Por ello, cualquier alteración, contaminación o interferencia derivada de un fallo, sabotaje o ciberataque puede tener consecuencias directas sobre la salud de la población, lo que refuerza la necesidad de implementar sistemas de seguridad robustos y altamente fiables.

En este contexto, el presente Trabajo Fin de Grado se centra en el diseño de un sistema de seguridad para una instalación crítica, integrando mecanismos de protección física, redundancia en las comunicaciones y autonomía energética, con el objetivo de garantizar la disponibilidad, integridad y continuidad del servicio ante diferentes escenarios de fallo o ataque.

## 2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, los sistemas de seguridad implementados en infraestructuras críticas han alcanzado un alto grado de madurez, incorporando tecnologías avanzadas tanto en el ámbito físico como en el digital. Estos sistemas suelen cumplir con la normativa vigente y ofrecen niveles elevados de protección frente a amenazas convencionales. Sin embargo, a pesar de su robustez, presentan ciertas limitaciones en términos de resiliencia, especialmente en lo relativo a la continuidad de las comunicaciones y el suministro energético.

La creciente dependencia de sistemas interconectados y la necesidad de supervisión remota hacen que las comunicaciones se conviertan en un elemento crítico dentro de la arquitectura de seguridad. En muchos casos, estas infraestructuras dependen de una única vía de comunicación o de soluciones de respaldo limitadas, lo que puede provocar la pérdida de conectividad ante fallos técnicos, fenómenos naturales o acciones intencionadas. Esta situación compromete la capacidad de monitorización y respuesta ante incidentes, reduciendo significativamente la eficacia del sistema de seguridad. Asimismo, la protección de dichas comunicaciones desde el punto de vista de la ciberseguridad adquiere un papel fundamental, siendo necesario garantizar la confidencialidad, integridad y autenticidad de la información transmitida.

De forma similar, el suministro eléctrico representa otro punto crítico. Aunque existen soluciones de respaldo como sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI), en numerosos casos estas están diseñadas para cubrir interrupciones de corta duración, no siendo suficientes ante fallos prolongados o escenarios de mayor gravedad. La falta de autonomía energética puede dejar inoperativos tanto los sistemas de seguridad física como las infraestructuras de comunicación, anulando por completo las medidas de protección implementadas.

Ante este contexto, resulta necesario plantear soluciones que no solo cumplan con los requisitos establecidos por la normativa actual, sino que vayan más allá, incorporando criterios de diseño orientados a la resiliencia y la continuidad del servicio. En el ámbito de las infraestructuras críticas, donde las

consecuencias de un fallo pueden afectar directamente a la población, este enfoque cobra especial relevancia.

El presente Trabajo Fin de Grado surge como respuesta a esta necesidad, proponiendo el diseño de un sistema de seguridad para una instalación crítica que integra mecanismos avanzados de redundancia en las comunicaciones, medidas de protección en el ámbito de la ciberseguridad y autonomía energética. El objetivo es garantizar el funcionamiento ininterrumpido del sistema incluso ante escenarios adversos, superando los requisitos mínimos normativos y adoptando un enfoque proactivo basado en la anticipación de fallos y la eliminación de puntos únicos de fallo.

De este modo, el proyecto no solo busca mejorar la protección de la instalación desde un punto de vista técnico, sino también contribuir a la seguridad global del servicio prestado, reforzando la fiabilidad de infraestructuras esenciales como el abastecimiento de agua potable, cuyo correcto funcionamiento es fundamental para la salud y el bienestar de la población.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Infraestructuras críticas y normativa aplicable

Las infraestructuras críticas se definen como aquellos sistemas, instalaciones y redes cuya operación es esencial para el funcionamiento de la sociedad y la economía. Su interrupción, degradación o destrucción podría tener un impacto significativo en la seguridad, la salud, el bienestar de la población o el correcto funcionamiento de los servicios básicos. [2] Por este motivo, su protección constituye una prioridad estratégica en los países desarrollados.

En el contexto actual, caracterizado por una creciente interconexión de sistemas y una mayor exposición a amenazas tanto físicas como tecnológicas, las infraestructuras críticas requieren un enfoque de protección integral que garantice su funcionamiento continuo incluso en situaciones adversas. Este enfoque debe contemplar no solo la seguridad física de las instalaciones, sino también la protección de las comunicaciones, los sistemas de información y el suministro energético, con el objetivo de asegurar la continuidad del servicio.

Dentro de este conjunto, los sistemas de abastecimiento de agua potable ocupan un papel especialmente relevante, ya que el agua es un recurso esencial para la vida y su suministro continuo es indispensable para la población. Cualquier alteración, contaminación o interrupción del servicio puede tener consecuencias directas sobre la salud pública, lo que incrementa la necesidad de implementar medidas de seguridad especialmente rigurosas. [3] [4]

En España, la protección de las infraestructuras críticas se encuentra regulada principalmente por la Ley 8/2011, de 28 de abril, que establece el marco legal para la identificación, designación y protección de aquellas infraestructuras cuya afectación podría comprometer la seguridad nacional. Esta ley define los principios organizativos, la coordinación entre organismos públicos y operadores privados, así como la obligación de desarrollar planes de seguridad basados en análisis de riesgos. Asimismo, el Centro Nacional para la Protección de las Infraestructuras Críticas (CNPIC) actúa como organismo encargado de coordinar dichas actuaciones. [2] [5]

Sin embargo, es importante destacar que la Ley 8/2011 no define medidas técnicas concretas, ni especifica qué dispositivos deben emplearse, cómo deben instalarse o qué nivel de protección debe aplicarse en cada caso. Su función es establecer el marco estratégico y organizativo, es decir, determinar qué debe hacerse, pero no cómo debe implementarse técnicamente la seguridad.

Para concretar estas medidas, es necesario recurrir a normativa técnica complementaria, especialmente a las normas UNE y estándares europeos (EN), que sí establecen criterios específicos de diseño, instalación y funcionamiento de los sistemas de seguridad. Entre estas normas destaca la UNE-EN 50131, que regula los sistemas de alarma de intrusión y establece una clasificación en grados de seguridad (Grado 1 a Grado 4) en función del nivel de riesgo al que está expuesta la instalación.

Esta clasificación permite adaptar el sistema de seguridad a la probabilidad y capacidad de un posible atacante, definiendo para cada grado los requisitos que deben cumplir tanto los dispositivos como su instalación. De forma general, los niveles se estructuran de la siguiente manera:

- Grado 1 (riesgo bajo): destinado a entornos con escasa probabilidad de intrusión y sin necesidad de medidas avanzadas.
- Grado 2 (riesgo medio): aplicado en instalaciones con un riesgo moderado, como viviendas o pequeños negocios.
- Grado 3 (riesgo medio-alto): orientado a instalaciones con riesgo significativo, donde se contempla la actuación de intrusos con cierto conocimiento técnico y herramientas específicas.
- Grado 4 (riesgo alto): reservado para infraestructuras de muy alto riesgo, donde se prevén ataques organizados o con medios avanzados. [6]

Cada uno de estos grados establece requisitos técnicos concretos, tales como el nivel de supervisión del sistema, la resistencia frente a sabotajes, el tipo de detectores y sensores a emplear, así como las condiciones de instalación y mantenimiento. De este modo, los sistemas de seguridad se diseñan siguiendo



criterios normalizados, garantizando que el nivel de protección sea coherente con el riesgo real de la instalación.

Para comprender en profundidad estos requisitos técnicos, es necesario analizar la estructura interna de la norma UNE-EN 50131. Esta no se presenta como un único documento, sino como una serie de normas interrelacionadas, cada una de las cuales regula un componente o aspecto específico del sistema de alarma.

La norma principal es la UNE-EN 50131-1, que establece los requisitos generales aplicables a los sistemas de alarma de intrusión. En ella se definen los principios de funcionamiento, la clasificación en grados de seguridad y los criterios globales que deben cumplir los sistemas. Esta parte actúa como marco de referencia para el resto de normas de la serie.

A partir de esta base, las diferentes partes de la UNE-EN 50131 se organizan en función de los elementos que componen el sistema de seguridad:

- La UNE-EN 50131-2 regula los dispositivos de detección, incluyendo sensores de movimiento, detectores infrarrojos pasivos (PIR), detectores de microondas y contactos magnéticos. En esta norma se establecen los requisitos de funcionamiento, sensibilidad, inmunidad a interferencias y resistencia frente a sabotajes. [7]- [9]
- La UNE-EN 50131-3 se centra en las centrales de alarma y equipos de control, que constituyen el núcleo del sistema. Define aspectos como la gestión de señales, el registro de eventos, el control de accesos y la supervisión del sistema. [10]
- La UNE-EN 50131-4 regula los dispositivos de aviso y señalización, como sirenas acústicas y dispositivos ópticos, estableciendo requisitos relacionados con su potencia, fiabilidad y protección frente a manipulaciones. [11]
- La UNE-EN 50131-6 establece los requisitos relativos a la alimentación del sistema, incluyendo tanto la fuente principal como los sistemas de

respaldo, garantizando la continuidad del servicio en caso de fallo eléctrico. [12] [13]

- La UNE CLC/TS 50131-7 proporciona directrices para la instalación, configuración y mantenimiento del sistema. Aunque se trata de una especificación técnica, su aplicación resulta fundamental para asegurar una correcta implementación en condiciones reales. [14]

Asimismo, esta serie normativa se complementa con otras normas, como la UNE-EN 50136, que regula los sistemas de transmisión de alarmas y la comunicación con las Centrales Receptoras de Alarmas (CRA), un aspecto especialmente crítico en instalaciones de mayor nivel de seguridad. [15]

Cabe destacar que la norma UNE-EN 50131 no establece la obligatoriedad de mecanismos de verificación de alarmas, como sistemas de videovigilancia (CCTV). Dichos mecanismos se encuentran regulados por la normativa de seguridad privada vigente en España, en particular por la Ley 5/2014 y la Orden INT/316/2011, que exigen la verificación de las señales de alarma antes de su comunicación a las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad. En este contexto, la verificación mediante vídeo constituye un sistema complementario al sistema de intrusión, cuya función es confirmar la veracidad de las alarmas generadas, pero que no forma parte de los requisitos técnicos definidos por la UNE-EN 50131 ni del nivel de grado asignado al sistema. [16] [17]

En conjunto, esta estructura normativa permite abordar el diseño de sistemas de seguridad de forma integral, asegurando que todos sus componentes cumplen requisitos técnicos coherentes y funcionan de manera coordinada dentro de un mismo nivel de protección.

En el caso del presente proyecto, correspondiente a un depósito de agua potable considerado infraestructura crítica, el nivel de riesgo es elevado debido a la importancia del servicio que presta y a las posibles consecuencias de un fallo, intrusión o sabotaje. No obstante, no se trata de una instalación con amenazas extremas continuadas propias de entornos militares o estratégicos de máximo nivel.

Por este motivo, el sistema de seguridad propuesto se diseña conforme a los requisitos establecidos para un Grado 3, ya que este nivel representa el equilibrio adecuado entre seguridad y viabilidad técnica. El Grado 3 está específicamente orientado a instalaciones con riesgo medio-alto, donde se requiere una protección robusta frente a intrusos con conocimientos y capacidad para intentar vulnerar el sistema, lo que se ajusta de forma precisa a las características de la infraestructura analizada.

Esta elección condiciona el diseño de todo el sistema desarrollado en los capítulos posteriores, incluyendo la selección de dispositivos, la arquitectura del sistema, las medidas anti-sabotaje y los mecanismos de supervisión, garantizando que la solución final cumpla con los estándares técnicos exigidos para este nivel de protección y proporcionando un nivel de seguridad adecuado para una infraestructura crítica como la estudiada.

#### 3.1.1. Normativa grado 3

Tal y como se establece en el apartado anterior, nuestra instalación debe regirse según Grado 3 de seguridad, definido en la norma UNE-EN 50131 como aquel destinado a instalaciones con un nivel de riesgo medio-alto. Este grado contempla la posibilidad de que el intruso disponga de un conocimiento técnico suficiente sobre los sistemas de seguridad y sea capaz de emplear herramientas especializadas, así como de planificar el ataque con cierto nivel de detalle.

Desde el punto de vista técnico, los sistemas clasificados como Grado 3 deben cumplir una serie de requisitos más exigentes que los establecidos para grados inferiores, con el objetivo de garantizar una mayor resistencia frente a intentos de intrusión y sabotaje.

En primer lugar, uno de los aspectos fundamentales es la protección frente a sabotajes. Todos los componentes del sistema, incluyendo detectores, centrales y dispositivos de señalización, deben incorporar mecanismos de antisabotaje como pueden ser los tamper, capaces de detectar tanto la apertura de los dispositivos como su arranque o manipulación. Asimismo, las líneas de comunicación entre los distintos elementos deben estar supervisadas, de modo

que cualquier intento de corte, cortocircuito o manipulación sea detectado y genere la correspondiente señal de alarma.

Otro requisito esencial es la supervisión de las comunicaciones. En sistemas de Grado 3, resulta obligatorio disponer de doble vía de comunicación con la Central Receptora de Alarmas (CRA), utilizando canales independientes (por ejemplo, conexión IP y red móvil). Esta redundancia permite garantizar la transmisión de alarmas incluso en caso de fallo o sabotaje de uno de los canales. Además, el sistema debe ser capaz de detectar la pérdida de comunicación y generar avisos ante posibles interferencias o inhibiciones. [15]

En relación con lo anterior, cobra especial importancia la protección frente a inhibidores de señal. Los sistemas deben contar con mecanismos que permitan detectar intentos de inhibición de las comunicaciones inalámbricas o móviles, activando las correspondientes alarmas o señales de fallo.

En cuanto a los dispositivos de detección, estos deben presentar un nivel elevado de fiabilidad y resistencia frente a manipulaciones. En instalaciones de Grado 3 es habitual el uso de detectores con tecnologías avanzadas, como sistemas de doble tecnología (infrarrojo y microondas) y funciones de antimasking, que permiten detectar intentos de enmascaramiento del sensor. Estos dispositivos deben cumplir estrictamente los requisitos definidos en la UNE-EN 50131-2 para su correspondiente grado de seguridad. [7]

La central de alarma debe estar igualmente certificada para Grado 3, siendo capaz de gestionar múltiples zonas, registrar eventos, controlar accesos de usuarios mediante distintos niveles de autorización y supervisar de forma continua el estado del sistema. Además, debe garantizar la integridad de la información y la correcta gestión de las señales de alarma. [10]

Otro aspecto crítico es el relativo a la alimentación del sistema. Los sistemas de Grado 3 deben disponer de una fuente de alimentación principal supervisada y de un sistema de respaldo, generalmente basado en baterías, que asegure la continuidad del funcionamiento en caso de fallo del suministro eléctrico. La autonomía de estos sistemas debe cumplir los requisitos establecidos en la UNE-EN 50131-6. [12] [13]

Por último, la instalación y configuración del sistema deben realizarse conforme a las directrices establecidas en la especificación UNE CLC/TS 50131-7. Esto implica, entre otros aspectos, una adecuada protección del cableado, una correcta ubicación de los detectores y una definición precisa de las zonas de seguridad, garantizando así la eficacia global del sistema. [14]

En conjunto, los sistemas de seguridad de Grado 3 se caracterizan por ofrecer un elevado nivel de protección frente a amenazas técnicas y ataques planificados, siendo especialmente adecuados para instalaciones con un alto valor estratégico o económico, como es el caso de determinadas infraestructuras críticas. [6]

### **3.2. Seguridad integral en instalaciones**

En el ámbito de las infraestructuras críticas, la seguridad debe abordarse desde una perspectiva global, en la que todos los elementos implicados formen parte de un sistema único y coordinado. Este enfoque, conocido como seguridad integral, tiene como objetivo garantizar no solo la protección frente a amenazas, sino también la continuidad operativa de la instalación en cualquier escenario.

A diferencia de los modelos tradicionales, en los que la seguridad se plantea como la suma de soluciones independientes, la seguridad integral propone una visión unificada en la que los distintos subsistemas se diseñan de forma conjunta, teniendo en cuenta sus interdependencias. De este modo, se evita que el correcto funcionamiento de un elemento quede comprometido por la falta de disponibilidad de otro.

Uno de los aspectos clave de este enfoque es la consideración de la seguridad como un proceso completo, que abarca no solo la detección de incidentes, sino también su transmisión, verificación y gestión. Esto implica que todos los componentes del sistema deben mantenerse operativos de forma simultánea, ya que la pérdida de cualquiera de ellos puede reducir significativamente la eficacia global de la protección.

En este contexto, la seguridad integral pone especial énfasis en la disponibilidad y resiliencia del sistema, asegurando que este sea capaz de

continuar funcionando incluso ante fallos parciales o situaciones adversas. Para ello, resulta fundamental aplicar principios de diseño orientados a la redundancia, la eliminación de puntos únicos de fallo y la capacidad de recuperación automática.

De este modo, la seguridad integral se configura como el marco conceptual que permite integrar los distintos principios de diseño y tecnologías analizados en los apartados posteriores, sirviendo como base para el desarrollo del sistema propuesto en este trabajo.

### **3.3. Tipos de amenazas: físicas, tecnológicas y energéticas**

En el contexto de las infraestructuras críticas, las amenazas que pueden comprometer la seguridad y la continuidad del servicio no se limitan a un único ámbito, sino que pueden manifestarse de diversas formas. Por este motivo, resulta necesario abordar la protección de estas instalaciones desde una perspectiva integral, considerando tanto los riesgos físicos como los tecnológicos y energéticos.

En primer lugar, las amenazas físicas hacen referencia a aquellas acciones dirigidas directamente contra la instalación o sus elementos. Entre ellas se incluyen intrusiones no autorizadas, sabotajes, vandalismo o intentos de manipulación de equipos. Este tipo de amenazas puede tener como objetivo tanto el acceso a zonas restringidas como la alteración del funcionamiento normal de la infraestructura, lo que resulta especialmente crítico en instalaciones destinadas al abastecimiento de agua potable. [1]

Por otro lado, las amenazas tecnológicas están relacionadas con el uso indebido o la vulneración de los sistemas de comunicación y control. En este ámbito se incluyen ataques como la inhibición de señales de radiofrecuencia, intentos de interceptación de comunicaciones, accesos no autorizados a la red o ataques por fuerza bruta dirigidos a los sistemas de gestión. La creciente digitalización y conectividad de las infraestructuras incrementa la exposición a este tipo de riesgos, haciendo imprescindible la implementación de medidas de protección en el ámbito de las telecomunicaciones y la ciberseguridad.

Finalmente, las amenazas energéticas se refieren a aquellas situaciones que afectan al suministro eléctrico de la instalación. Estas pueden deberse tanto a fallos accidentales como a acciones intencionadas, como cortes de suministro o sabotajes en la red eléctrica. La pérdida de energía implica, en muchos casos, la inoperatividad de los sistemas de seguridad y comunicaciones, lo que puede dejar la instalación completamente desprotegida.

En consecuencia, el diseño de sistemas de seguridad en infraestructuras críticas debe contemplar la protección frente a estos tres tipos de amenazas de forma conjunta. No resulta suficiente abordar únicamente la seguridad física, sino que es necesario garantizar la disponibilidad de las comunicaciones y del suministro energético, asegurando así la operatividad del sistema en cualquier escenario.

### **3.4. Principios de diseño de sistemas redundantes**

El diseño de sistemas de seguridad en infraestructuras críticas debe basarse en una serie de principios fundamentales orientados a garantizar la continuidad del servicio y la resiliencia frente a fallos. En este contexto, la redundancia se configura como uno de los pilares esenciales en la arquitectura de sistemas críticos, permitiendo mantener la operatividad incluso ante la pérdida parcial o total de alguno de sus componentes.

Uno de los principios clave es la redundancia, entendida como la duplicación o multiplicación de elementos críticos dentro de un sistema con el objetivo de asegurar su funcionamiento en caso de fallo. Esta redundancia puede aplicarse tanto a nivel de comunicaciones como de alimentación eléctrica, siendo especialmente relevante en entornos donde la disponibilidad del sistema resulta crítica.

Ligado a este concepto se encuentra el principio de eliminación de puntos únicos de fallo (Single Point of Failure, SPOF). Un sistema presenta un punto único de fallo cuando la avería de un único elemento provoca la caída total del sistema. En sistemas de seguridad para infraestructuras críticas, este tipo de configuraciones debe evitarse, diseñando arquitecturas en las que ningún elemento individual comprometa el funcionamiento global.

Otro aspecto fundamental es la alta disponibilidad, que hace referencia a la capacidad del sistema para mantenerse operativo durante el mayor tiempo posible, minimizando los periodos de inactividad. Este principio implica no solo la existencia de redundancia, sino también la correcta gestión de los recursos disponibles para garantizar una transición eficiente entre sistemas principales y de respaldo.

En este sentido, cobra especial importancia el concepto de failover automático, que consiste en la capacidad del sistema para conmutar de forma automática a un sistema alternativo cuando se detecta un fallo en el sistema principal. Este mecanismo permite garantizar la continuidad del servicio sin intervención humana, reduciendo los tiempos de respuesta y evitando interrupciones en la operativa.

Asimismo, en el diseño de sistemas redundantes resulta fundamental aplicar el principio de diversidad tecnológica, que consiste en utilizar diferentes tecnologías o infraestructuras para implementar los sistemas de respaldo. De este modo, se reduce la probabilidad de fallos simultáneos, ya que cada tecnología presenta vulnerabilidades y dependencias distintas. Por ejemplo, la combinación de comunicaciones terrestres, móviles y satelitales permite aumentar significativamente la resiliencia del sistema frente a incidencias externas.

En el caso de sistemas de alimentación, este principio se traduce en la utilización de fuentes energéticas diferenciadas, como la red eléctrica convencional, sistemas de generación renovable y almacenamiento mediante baterías, garantizando así la continuidad del suministro en distintos escenarios.

En conjunto, estos principios permiten diseñar sistemas robustos y resilientes, capaces de mantener su operatividad ante múltiples escenarios de fallo. En los capítulos posteriores se aplicarán estos criterios al diseño del sistema propuesto, desarrollando una arquitectura que integra redundancia en comunicaciones y energía, con mecanismos de conmutación automática y eliminación de puntos únicos de fallo.



### **3.5. Tecnologías actuales aplicadas a la protección de depósitos de agua potable**

En la actualidad, la protección de depósitos de agua potable se apoya en un conjunto de tecnologías avanzadas que permiten alcanzar elevados niveles de seguridad. Entre estas tecnologías destacan los sistemas de detección de intrusión, la videovigilancia mediante cámaras IP de alta resolución, los sistemas de control de accesos y las plataformas de monitorización remota. Estos elementos, correctamente integrados, permiten detectar, analizar y gestionar incidentes de forma eficiente.

Sin embargo, a pesar del alto nivel tecnológico disponible, el grado de protección real de estas instalaciones continúa dependiendo en gran medida del enfoque adoptado por el operador responsable. En muchos casos, se realizan inversiones significativas en sistemas de intrusión de alto nivel (como instalaciones de Grado 3) y en sistemas de videovigilancia avanzados, incorporando cámaras de alta calidad e incluso soluciones de análisis de vídeo. No obstante, esta inversión no siempre se traduce en una arquitectura de seguridad verdaderamente robusta desde el punto de vista global.

Esto se debe a que la normativa técnica vigente, como la UNE-EN 50131, centra sus exigencias principalmente en el sistema de intrusión, estableciendo requisitos rigurosos en aspectos como la supervisión, la protección frente a sabotajes o la redundancia en la transmisión de alarmas. Como consecuencia, los operadores tienden a garantizar estos requisitos en la alarma, pero no necesariamente en el resto de subsistemas que forman parte de la infraestructura de seguridad.

En la práctica, esto puede dar lugar a situaciones en las que una instalación dispone de un sistema de intrusión plenamente conforme a normativa, con doble vía de comunicación y alta fiabilidad, mientras que otros sistemas igualmente relevantes, como la videovigilancia, dependen de una única vía de comunicación o carecen de mecanismos de respaldo adecuados. De este modo, aunque la detección de la intrusión está garantizada, la capacidad de verificación mediante vídeo puede verse comprometida ante un fallo de comunicaciones.

Esta limitación resulta especialmente significativa si se tiene en cuenta que la propia normativa de seguridad privada exige la verificación de las alarmas antes de su comunicación a las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad. Por tanto, se produce una situación en la que el sistema cumple con los requisitos técnicos de detección, pero puede no garantizar plenamente su funcionalidad operativa en condiciones adversas.

De forma similar, en el ámbito energético, aunque los sistemas de alarma suelen disponer de alimentación de respaldo conforme a normativa, esta se limita en muchos casos a garantizar el funcionamiento de la central de intrusión durante un periodo determinado. Sin embargo, otros elementos del sistema, como cámaras, equipos de comunicaciones o dispositivos de control, pueden no contar con el mismo nivel de autonomía, reduciendo la operatividad global del sistema ante fallos prolongados del suministro eléctrico.

En consecuencia, puede afirmarse que, aunque las tecnologías actuales permiten implementar soluciones de seguridad altamente avanzadas, su aplicación en entornos reales a menudo queda condicionada por un enfoque centrado en el cumplimiento mínimo de la normativa, lo que puede resultar insuficiente en infraestructuras de alta criticidad.

Frente a esta situación, el presente proyecto propone un modelo de seguridad basado en la aplicación integral de las capacidades tecnológicas disponibles. En este sentido, la redundancia de comunicaciones no se limita al sistema de intrusión, sino que se extiende a todos los elementos que conforman la infraestructura de seguridad, incluyendo los sistemas de videovigilancia, análisis de vídeo y control de accesos. De este modo, se garantiza que todos los componentes críticos mantienen su conectividad con el centro de control en cualquier escenario.

De forma análoga, el sistema de alimentación eléctrica se diseña con un enfoque global, asegurando el suministro energético de todos los dispositivos implicados en la seguridad, y no únicamente de la central de alarma. Este planteamiento permite garantizar la continuidad operativa del sistema completo durante periodos prolongados, superando las limitaciones de las soluciones convencionales.

En definitiva, el diseño propuesto en este trabajo no se limita a cumplir con los requisitos normativos establecidos, sino que aprovecha el potencial de las tecnologías actuales para desarrollar una arquitectura de seguridad resiliente, en la que todos los subsistemas funcionan de manera coordinada, garantizando no solo la detección de incidentes, sino también su verificación y gestión en condiciones adversas.



#### 4. OBJETIVOS

El presente Trabajo Fin de Grado plantea el diseño de un sistema integral de seguridad para un depósito de agua potable. El proyecto aborda de forma conjunta la protección física de la instalación, la disponibilidad de las comunicaciones y la continuidad de la alimentación eléctrica, evitando que estos elementos sean tratados como sistemas independientes.

##### 4.1. Objetivos generales

El objetivo general del proyecto es diseñar y justificar técnicamente una arquitectura integral de seguridad para un depósito de agua potable, combinando medidas de protección física, comunicaciones redundantes y un sistema de respaldo energético, con la finalidad de reducir los puntos únicos de fallo y mantener operativos los sistemas de detección, supervisión y transmisión de alarmas ante posibles incidencias.

##### 4.2. Objetivos específicos

Para alcanzar el objetivo general se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Analizar la normativa y los criterios técnicos aplicables a la protección de una instalación de estas características.
- Identificar los principales activos, amenazas y riesgos que pueden afectar al depósito y a sus sistemas de seguridad.
- Diseñar un sistema de protección física basado en diferentes niveles o anillos de seguridad, integrando detección de intrusión, videovigilancia, análisis de vídeo y control de accesos.
- Diseñar una arquitectura de comunicaciones formada por varias vías independientes, incorporando mecanismos de conmutación automática y medidas de ciberseguridad.

- Determinar la demanda energética de los sistemas de seguridad y comunicaciones, dimensionando una solución de respaldo que permita mantenerlos operativos durante un periodo mínimo de 48 horas.
- Seleccionar equipos compatibles con los requisitos funcionales, técnicos y normativos definidos para cada subsistema.
- Integrar las diferentes soluciones en una arquitectura común, escalable y adaptable a otras instalaciones críticas con necesidades similares.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. Enfoque metodológico

El presente trabajo se ha desarrollado mediante una metodología de diseño técnico de carácter aplicado y no experimental. Se toma como caso de estudio un depósito de agua potable y se elabora una propuesta integral de seguridad a partir del análisis de sus necesidades, de la normativa aplicable y de las características técnicas de los sistemas seleccionados.

El proyecto no contempla la implantación real de la instalación ni la realización de ensayos de campo. Por tanto, las soluciones se justifican mediante criterios normativos, documentación técnica de fabricantes, cálculos de dimensionamiento y comprobaciones de compatibilidad entre los distintos componentes.

### 5.2. Desarrollo del trabajo

En una primera fase se ha realizado una revisión documental del marco normativo relacionado con las infraestructuras críticas, los sistemas de alarma de intrusión, la transmisión de alarmas, la videovigilancia, las comunicaciones y los sistemas de alimentación de respaldo. Esta revisión ha permitido establecer los criterios generales que debe cumplir la solución propuesta.

Posteriormente, se han identificado los activos y amenazas que pueden afectar a la instalación, determinando los riesgos que deben recibir una mayor atención. El procedimiento concreto utilizado en esta fase se desarrolla en el apartado dedicado a la metodología del análisis de riesgos. Dicha metodología tiene un carácter específico dentro de ese capítulo y se mantiene diferenciada de la metodología general del TFG.

A partir de los riesgos identificados se han definido los requisitos funcionales de los tres bloques principales del proyecto: el sistema físico de seguridad, la infraestructura de comunicaciones y el sistema de respaldo energético.

Para el diseño del sistema físico se ha aplicado un enfoque de defensa en profundidad, distribuyendo las medidas de protección en diferentes anillos y seleccionando tecnologías adecuadas para cada zona. Los dispositivos se han elegido atendiendo a su nivel de seguridad, resistencia frente a sabotajes, condiciones de instalación y capacidad de integración con el resto del sistema.

En el ámbito de las comunicaciones se ha planteado una arquitectura formada por medios tecnológicamente independientes y ordenados según su prioridad. También se han definido los mecanismos de conmutación automática y las medidas necesarias para proteger la información transmitida.

Finalmente, el sistema energético se ha dimensionado a partir del inventario de cargas de seguridad y comunicaciones. Los consumos se han obtenido de las fichas técnicas de los fabricantes, adoptando valores conservadores cuando ha sido posible. A partir de esta demanda se han calculado las necesidades de generación fotovoltaica, almacenamiento mediante baterías y conversión eléctrica.

La última fase ha consistido en comprobar la coherencia global de la propuesta, revisando que los equipos seleccionados respondan a los requisitos establecidos, que sean compatibles entre sí y que el dimensionamiento energético permita alcanzar la autonomía fijada.

El alcance del proyecto se limita a los sistemas de seguridad y comunicaciones. No se contempla la alimentación de bombas hidráulicas, motores, sistemas de impulsión u otros receptores relacionados con la explotación hidráulica del depósito.



## 6 ANÁLISIS DE RIESGOS EN EL DEPÓSITO DE AGUA POTABLE

### 6.1 Identificación de activos y vulnerabilidades

#### 6.1.1 Activos físicos

El primer paso en el análisis de riesgos consiste en identificar los activos que forman parte de la instalación y cuya alteración, pérdida o indisponibilidad podría comprometer la seguridad o la continuidad del servicio. En el caso del depósito de agua potable objeto de este estudio, los activos físicos no solo incluyen la propia infraestructura hidráulica, sino también aquellos elementos constructivos y de protección que permiten garantizar su integridad frente a accesos no autorizados o actos de sabotaje.

El activo principal es el depósito de agua potable, cuya función es almacenar el agua destinada al abastecimiento de la población. Debido a la naturaleza del servicio que presta, cualquier actuación que afecte a su funcionamiento o a la calidad del agua almacenada podría tener consecuencias directas sobre la salud pública y sobre la continuidad del suministro, motivo por el cual constituye el elemento de mayor criticidad dentro de la instalación.

Asociada al depósito se encuentra la sala técnica, recinto destinado a albergar los equipos necesarios para el funcionamiento de la infraestructura y de los sistemas de seguridad. En ella se ubican los equipos de comunicaciones, la electrónica de control, los cuadros eléctricos, los sistemas de alimentación y el resto de dispositivos auxiliares. La protección de este espacio resulta fundamental, ya que un acceso no autorizado podría permitir la manipulación o inutilización de los sistemas encargados de garantizar la seguridad y la continuidad operativa de la instalación.

En determinadas infraestructuras, la sala técnica incorpora además una zona destinada a los equipos de bombeo, responsable de impulsar el agua hacia otros depósitos o hacia la red de distribución. Aunque no todos los depósitos disponen de este tipo de instalaciones, cuando existen constituyen un activo de especial relevancia, ya que un sabotaje o una avería sobre estos equipos podría afectar directamente a la capacidad de suministro de agua. Por este motivo, tanto

la sala técnica como las posibles dependencias destinadas al bombeo deben considerarse elementos prioritarios dentro del sistema de protección.

Otro activo físico fundamental es el cerramiento perimetral, cuya misión es impedir el acceso de personas ajenas a la instalación y delimitar claramente la zona protegida. Este cerramiento constituye la primera barrera de seguridad frente a intentos de intrusión, por lo que su integridad resulta esencial para dificultar el acceso a la infraestructura.

Como complemento al vallado, las puertas y accesos representan uno de los puntos más sensibles de la instalación, ya que constituyen las vías autorizadas de entrada y salida. Estos elementos requieren una protección específica mediante sistemas de control de accesos y monitorización, al ser objetivos habituales en intentos de intrusión, sabotaje o manipulación de los equipos ubicados en el interior del recinto.

Por último, también deben considerarse como activos físicos los elementos auxiliares de la infraestructura, tales como los mástiles destinados a soportar antenas de comunicaciones y cámaras de videovigilancia, los armarios técnicos que alojan equipos electrónicos y las canalizaciones por las que discurren las líneas de alimentación y comunicaciones. Aunque se trate de elementos de apoyo, su deterioro o manipulación podría provocar la pérdida de conectividad, la interrupción del suministro eléctrico a determinados equipos o la inutilización parcial del sistema de seguridad.

En consecuencia, todos estos activos físicos deben ser objeto de protección, ya que constituyen la base sobre la que se sustentan el resto de sistemas de seguridad desarrollados en los capítulos posteriores.

### 6.1.2 Activos tecnológicos

Además de los elementos físicos que componen la infraestructura, el depósito dispone de una serie de activos tecnológicos cuya misión es detectar incidentes, supervisar el estado de la instalación y transmitir la información al centro de control. La disponibilidad y correcto funcionamiento de estos sistemas resulta esencial para garantizar una respuesta rápida ante cualquier situación

que pueda comprometer la seguridad de la instalación o la continuidad del servicio de abastecimiento de agua potable.

En primer lugar, se encuentran los sistemas de detección de intrusión, encargados de identificar accesos no autorizados, intentos de manipulación o cualquier evento que suponga una amenaza para la seguridad del depósito. Estos sistemas constituyen uno de los principales mecanismos de protección activa de la instalación, ya que permiten generar avisos de forma inmediata cuando se detecta una situación anómala, facilitando una rápida actuación por parte de los responsables de la seguridad.

Otro activo tecnológico de especial relevancia es el sistema de videovigilancia, encargado de proporcionar una supervisión continua de las zonas críticas de la instalación y de facilitar la verificación de las alarmas generadas por el sistema de intrusión. Además de la captación y transmisión de imágenes en tiempo real, las cámaras sirven de soporte para la implementación de sistemas de análisis inteligente de vídeo, capaces de detectar automáticamente situaciones de riesgo, como la presencia de personas en zonas restringidas, el cruce de perímetros virtuales, permanencias prolongadas o accesos fuera del horario establecido. Estas funcionalidades complementan a los sistemas de detección de intrusión convencionales, incrementando la capacidad de detección temprana y reduciendo la dependencia de la supervisión humana. Asimismo, las imágenes registradas y los eventos generados por el análisis de vídeo constituyen una herramienta de gran utilidad para la verificación de alarmas y el análisis posterior de cualquier incidente.

Por último, las infraestructuras de comunicaciones constituyen el elemento que permite integrar todos los sistemas de seguridad con el centro de control o la Central Receptora de Alarmas (CRA). A través de estas comunicaciones se transmiten las señales de alarma, las imágenes procedentes del sistema de videovigilancia y el resto de información necesaria para la supervisión remota de la instalación. La pérdida de conectividad supondría una reducción significativa de la capacidad de vigilancia y respuesta ante incidentes, por lo que este conjunto de sistemas debe considerarse un activo crítico cuya disponibilidad debe garantizarse en todo momento.

En conjunto, los activos tecnológicos permiten detectar, verificar y comunicar cualquier incidencia que pueda afectar a la instalación. Su protección resulta, por tanto, imprescindible para asegurar el correcto funcionamiento del sistema de seguridad y garantizar la continuidad de la vigilancia sobre una infraestructura esencial como es un depósito de agua potable.

#### 6.1.3 Activos de información

Además de los activos físicos y tecnológicos, la instalación genera y almacena información cuyo acceso, integridad y disponibilidad resultan necesarios para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de seguridad. Entre estos activos se incluyen los registros de eventos e incidencias, las imágenes y grabaciones procedentes del sistema de videovigilancia, las configuraciones de los equipos de seguridad y comunicaciones, así como los datos relativos a la supervisión y monitorización de la instalación.

Aunque la pérdida o alteración de esta información no afectaría de forma inmediata al suministro de agua, sí podría dificultar la gestión de incidentes, la investigación de posibles intrusiones y la recuperación del sistema tras un fallo o un ataque. Por este motivo, estos activos deben protegerse mediante mecanismos que garanticen su confidencialidad, integridad y disponibilidad, evitando accesos no autorizados o la pérdida de información relevante.

#### 6.1.4 Activos energéticos

El correcto funcionamiento de los sistemas de seguridad depende directamente de la disponibilidad de suministro eléctrico. Por este motivo, la infraestructura energética debe considerarse un activo esencial dentro del análisis de riesgos, ya que la pérdida de alimentación podría dejar inoperativos los sistemas de detección de intrusión, videovigilancia y comunicaciones, comprometiendo la capacidad de supervisión y respuesta ante cualquier incidente.

El principal activo energético de la instalación es la red de suministro eléctrico, encargada de proporcionar la alimentación necesaria para el funcionamiento diario de todos los equipos. No obstante, al tratarse de una infraestructura crítica, resulta necesario contemplar la posibilidad de

interrupciones del suministro, ya sean provocadas por averías, fenómenos meteorológicos o acciones intencionadas.

Con el fin de garantizar la continuidad del servicio, también deben considerarse como activos energéticos los sistemas de alimentación de respaldo, responsables de mantener operativos los equipos esenciales durante un fallo de la red eléctrica. Estos sistemas permiten asegurar que los dispositivos de seguridad y las infraestructuras de comunicaciones continúen funcionando hasta el restablecimiento del suministro o durante el tiempo previsto en el diseño de la instalación.

En consecuencia, la disponibilidad de la infraestructura energética constituye un requisito indispensable para mantener operativos el resto de activos identificados en este análisis. Por ello, la protección y el dimensionado adecuado de los sistemas de alimentación resultan fundamentales para garantizar la continuidad del sistema de seguridad y evitar que un fallo eléctrico se convierta en un punto único de fallo de la instalación.

## **6.2 Evaluación de amenazas físicas, tecnológicas y eléctricas**

### **6.2.1 Amenazas físicas**

Las amenazas físicas constituyen uno de los principales riesgos para un depósito de agua potable, ya que pueden comprometer tanto la integridad de la instalación como la continuidad del servicio de abastecimiento. Este tipo de infraestructuras suelen ubicarse en zonas aisladas, con escasa presencia de personal y un acceso limitado al público, circunstancias que incrementan su exposición frente a acciones intencionadas.

La amenaza más relevante es la intrusión no autorizada en el recinto. El acceso de personas ajenas a la instalación puede tener como finalidad el robo de equipos, la comisión de actos vandálicos, el sabotaje de los sistemas o, en el escenario de mayor gravedad, la manipulación o contaminación intencionada del agua almacenada. Este último supuesto representa el riesgo más crítico para la infraestructura, ya que podría comprometer la calidad del agua destinada al consumo humano, obligar a interrumpir el suministro y ocasionar graves

consecuencias para la salud pública, pudiendo incluso poner en riesgo vidas humanas. Debido al carácter esencial del servicio prestado, cualquier acceso no autorizado debe detectarse y neutralizarse de forma inmediata para evitar que pueda derivar en cualquiera de estas situaciones.

Otra amenaza de especial importancia es el sabotaje de los equipos e infraestructuras. Un atacante podría actuar sobre elementos como la sala técnica, los sistemas de bombeo, el suministro eléctrico o las infraestructuras de comunicaciones con el objetivo de inutilizar los sistemas de seguridad o provocar la interrupción del abastecimiento de agua. Este tipo de acciones puede afectar simultáneamente a varios activos críticos de la instalación, incrementando notablemente el impacto del incidente y dificultando las labores de recuperación.

Asimismo, debe contemplarse el robo de equipos y componentes, especialmente de aquellos elementos con un elevado valor económico. Además de cámaras de videovigilancia, antenas o equipos de comunicaciones, en determinadas instalaciones pueden ser objeto de sustracción las bombas hidráulicas, motores eléctricos, variadores de frecuencia, autómatas programables (PLC), cuadros eléctricos y otros equipos asociados al sistema de bombeo. La pérdida de estos elementos no solo supone un importante perjuicio económico, sino que también puede impedir el funcionamiento normal de la instalación durante un periodo prolongado hasta su reparación o sustitución.

Otra amenaza a considerar es el vandalismo, entendido como aquellos actos que provocan daños sobre el vallado perimetral, las puertas de acceso, las cámaras de videovigilancia, las antenas de comunicaciones u otros elementos de la infraestructura sin perseguir necesariamente un beneficio económico. Aunque este tipo de acciones suele presentar un impacto inferior al de un sabotaje planificado, puede reducir significativamente la capacidad de vigilancia y protección de la instalación, facilitando la materialización de otras amenazas.

Por último, no debe descartarse la posibilidad de manipulaciones accidentales o actuaciones indebidas por parte de personal autorizado, derivadas de errores durante las labores de mantenimiento o explotación de la instalación. Aunque su probabilidad suele ser inferior a la de otras amenazas, este tipo de situaciones puede ocasionar la desconexión involuntaria de equipos,

la alteración de configuraciones o la inutilización temporal de determinados sistemas de seguridad, afectando a la operatividad de la infraestructura.

En consecuencia, la evaluación de las amenazas físicas pone de manifiesto la necesidad de implantar un sistema de seguridad capaz de detectar de forma temprana cualquier intento de acceso no autorizado, verificar los eventos mediante sistemas de videovigilancia y análisis inteligente de vídeo, y proteger los activos críticos cuya alteración podría comprometer tanto la continuidad del servicio como la calidad del agua destinada al consumo humano.

### 6.2.2 Amenazas tecnológicas

Las amenazas tecnológicas comprenden aquellas acciones o incidentes que pueden afectar al funcionamiento de los sistemas de seguridad y comunicaciones de la instalación. Debido a la creciente dependencia de la supervisión remota, la disponibilidad de estos sistemas resulta esencial para garantizar una respuesta eficaz ante cualquier incidente.

Entre las principales amenazas se encuentra la interrupción de las comunicaciones, ya sea por averías en los equipos, incidencias en las redes de telecomunicaciones o fallos de los operadores de servicio. Asimismo, deben considerarse los intentos de inhibición o interferencia de las comunicaciones inalámbricas, así como los accesos no autorizados a los equipos encargados de la gestión de la infraestructura de seguridad.

Del mismo modo, la existencia de ciberataques dirigidos contra los sistemas de comunicaciones, la explotación de posibles vulnerabilidades o el fallo de los propios equipos pueden comprometer la disponibilidad de la instalación y dificultar la transmisión de alarmas, imágenes y eventos al centro de control.

Por ello, resulta necesario diseñar una infraestructura de comunicaciones segura y redundante que garantice la continuidad del servicio incluso ante el fallo o la indisponibilidad de alguno de sus componentes.

### 6.2.3 Amenazas eléctricas

El suministro eléctrico constituye uno de los elementos esenciales para el funcionamiento de la infraestructura, ya que de él dependen los sistemas de detección de intrusión, videovigilancia, comunicaciones y el resto de equipos necesarios para garantizar la seguridad de la instalación. En consecuencia, cualquier incidencia que afecte a la alimentación eléctrica puede comprometer la capacidad de supervisión y respuesta ante un incidente.

La principal amenaza es la interrupción del suministro eléctrico, ya sea como consecuencia de averías en la red de distribución, fenómenos meteorológicos adversos, trabajos de mantenimiento o acciones intencionadas de sabotaje. Un corte prolongado de energía podría dejar inoperativos los sistemas de seguridad si la instalación no dispone de la autonomía suficiente para mantenerlos en funcionamiento.

Asimismo, deben contemplarse otras amenazas como las sobretensiones y perturbaciones eléctricas, capaces de provocar daños en los equipos electrónicos, así como el fallo de los sistemas de alimentación de respaldo, que impediría mantener operativos los dispositivos críticos durante una interrupción del suministro principal.

Por ello, resulta imprescindible disponer de una infraestructura energética resiliente que garantice la continuidad del funcionamiento de los sistemas de seguridad incluso ante fallos prolongados de la red eléctrica.

### 6.3 Análisis de impacto y priorización de riesgos.

Una vez identificados los activos de la instalación y evaluadas las principales amenazas que pueden afectar a su funcionamiento, resulta necesario determinar cuáles de ellas representan un mayor riesgo para la continuidad del servicio y, por tanto, deben recibir una mayor atención durante el diseño del sistema de seguridad.

Aunque todas las amenazas analizadas pueden comprometer en mayor o menor medida la operatividad de la infraestructura, no todas presentan la misma criticidad. En el caso de un depósito de agua potable, la prioridad debe centrarse



en aquellos escenarios que puedan afectar directamente a la calidad del agua suministrada, impedir la supervisión de la instalación o provocar la pérdida de operatividad de los sistemas de seguridad.

Como resultado del análisis realizado, se identifican tres riesgos principales sobre los que se fundamenta el diseño desarrollado en el presente trabajo: la intrusión no autorizada, la pérdida de las comunicaciones y la interrupción del suministro eléctrico. Estos riesgos representan los puntos críticos de la instalación, ya que su materialización podría comprometer tanto la seguridad de la infraestructura como la continuidad del servicio de abastecimiento de agua potable.

En la Tabla 6-1 se relacionan los riesgos prioritarios identificados con las medidas adoptadas para su mitigación y el capítulo del presente trabajo en el que se desarrolla cada una de ellas.

Tabla 6-1 Relación entre los riesgos prioritarios identificados y las medidas de mitigación adoptadas

| <b>Riesgo prioritario</b>             | <b>Consecuencias principales</b>                                                                                                                             | <b>Medidas de mitigación propuestas</b>                                                                                                                         | <b>Capítulo</b> |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Intrusión no autorizada               | Acceso a zonas restringidas, sabotaje de equipos, robo de material y posible contaminación del agua destinada al consumo humano.                             | Protección perimetral, control de accesos, sistema de intrusión, videovigilancia y análisis inteligente de vídeo.                                               | Capítulo 7      |
| Interrupción de las comunicaciones    | Pérdida de supervisión remota, imposibilidad de transmitir alarmas e imágenes al centro de control y reducción de la capacidad de respuesta ante incidentes. | Arquitectura de comunicaciones redundante mediante radioenlace, red móvil 4G/5G y conectividad satelital, con mecanismos automáticos de conmutación (failover). | Capítulo 8      |
| Interrupción del suministro eléctrico | Pérdida de funcionamiento de los sistemas de seguridad y comunicaciones, dejando la instalación sin capacidad de vigilancia y supervisión.                   | Sistema de alimentación redundante basado en generación fotovoltaica, almacenamiento mediante baterías y sistemas de respaldo energético.                       | Capítulo 9      |

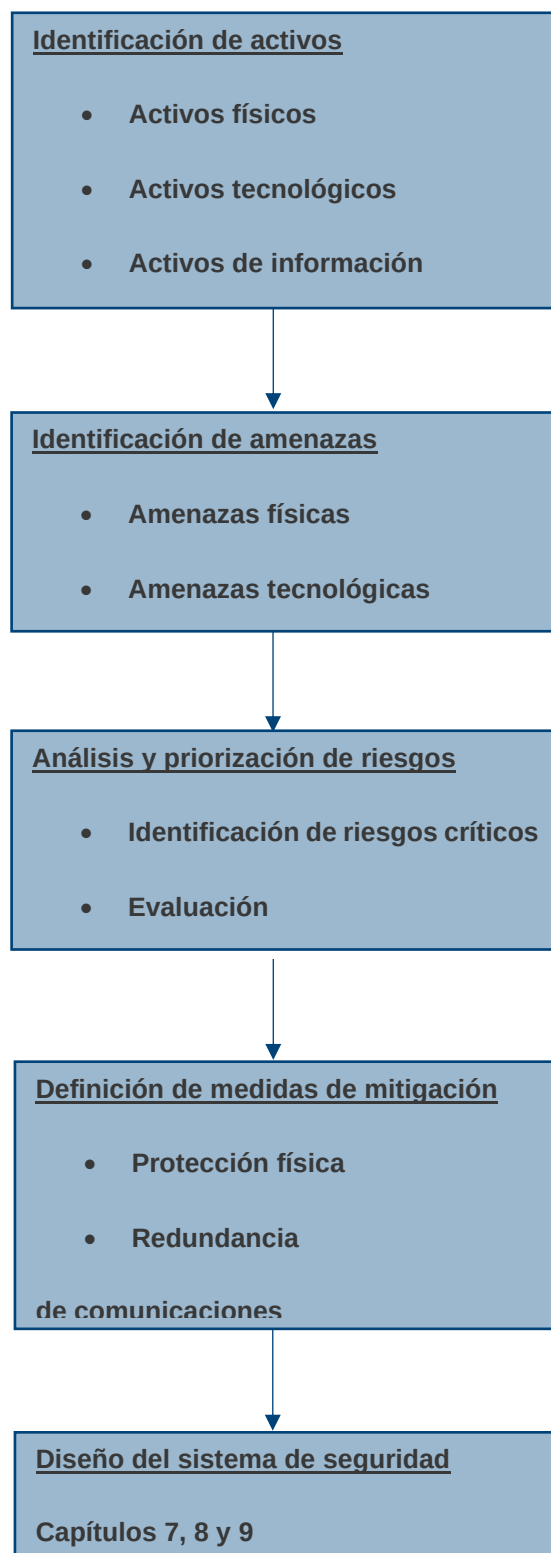
#### **6.4 Metodología empleada para el análisis de riesgos.**

El análisis de riesgos desarrollado en este trabajo se ha realizado siguiendo un enfoque cualitativo, adaptado a las características de un depósito de agua potable considerada infraestructura crítica. Su finalidad ha sido identificar los activos que requieren protección, analizar las principales amenazas que pueden afectar a la instalación y establecer una priorización de los riesgos con el objetivo de definir las medidas de seguridad más adecuadas.

La metodología empleada toma como referencia los principios generales establecidos en normas y metodologías ampliamente utilizadas en la gestión del riesgo, como la ISO 31000, orientada a la gestión de riesgos; la ISO/IEC 27005, centrada en el análisis de riesgos de seguridad de la información; y MAGERIT, metodología desarrollada por el Centro Criptológico Nacional (CCN) para el análisis y gestión de riesgos en sistemas de información. No obstante, el presente trabajo no pretende aplicar de forma estricta ninguna de estas metodologías, sino adaptar sus principios fundamentales al alcance y objetivos del proyecto, obteniendo un análisis coherente que permita justificar técnicamente las soluciones de seguridad propuestas. [18] [19] [20]

El procedimiento seguido para la realización del análisis de riesgos se resume en la Figura 6-1, donde se representan las distintas fases desarrolladas hasta la definición del sistema de seguridad propuesto.

Figura 6-1 Metodología empleada para el análisis de riesgos.



Tras la identificación y evaluación de los riesgos, el diseño del sistema de seguridad se orienta a reducir la probabilidad de materialización de las amenazas y minimizar sus consecuencias sobre la infraestructura. Como resultado de este

proceso, el proyecto se estructura en torno a tres pilares fundamentales: la protección física de la instalación, la redundancia de las comunicaciones y la garantía de autonomía energética.

Los capítulos siguientes desarrollan de forma detallada cada una de estas áreas, justificando las soluciones adoptadas en función de los riesgos previamente identificados y asegurando que el sistema propuesto proporcione un elevado nivel de disponibilidad, resiliencia y seguridad para una infraestructura crítica destinada al abastecimiento de agua potable.

## 7 DISEÑO DEL SISTEMA FÍSICO DE SEGURIDAD

### Filosofía del diseño basada en anillos de protección

La protección de una infraestructura crítica requiere la aplicación de una estrategia de seguridad que dificulte progresivamente el acceso a los activos de mayor valor. Para ello, el sistema propuesto se ha diseñado siguiendo el principio de defensa en profundidad, organizando las medidas de seguridad en sucesivos anillos de protección que incrementan el nivel de seguridad a medida que el posible intruso se aproxima al activo crítico.

Este enfoque permite que cada anillo actúe como una barrera independiente, combinando medidas de detección, vigilancia, control y protección. De este modo, aunque un atacante consiguiera superar uno de los niveles de seguridad establecidos, debería enfrentarse a nuevas medidas de protección antes de alcanzar el siguiente nivel, aumentando el tiempo de respuesta disponible y reduciendo significativamente la probabilidad de éxito del ataque.

En el caso de un depósito de agua potable, el activo de mayor criticidad no es únicamente la instalación física, sino el agua almacenada, ya que una manipulación, contaminación o interrupción del servicio podría comprometer el abastecimiento a la población y generar consecuencias de gran impacto. Por este motivo, toda la arquitectura de seguridad se diseña con el objetivo de impedir que una amenaza pueda alcanzar dicho activo.

La estrategia propuesta se estructura en cuatro anillos de protección, representados en la Figura 7-1, cada uno de ellos orientado a proteger una zona concreta de la instalación y complementando la actuación de los niveles anteriores:

- Anillo 1 Protección perimetral: destinado a detectar de forma temprana cualquier intento de aproximación o acceso al recinto mediante sistemas de videovigilancia con analítica inteligente y otros elementos de vigilancia perimetral.

- Anillo 2 Protección del entorno de la edificación: orientado a proteger los accesos a la edificación del depósito, incluyendo puertas, ventanas y otros puntos vulnerables susceptibles de ser utilizados para acceder al interior.
- Anillo 3 Protección de la sala técnica: centrado en salvaguardar los equipos críticos de la instalación, como los sistemas de control, comunicaciones, alimentación y automatización, restringiendo el acceso únicamente al personal autorizado.
- Anillo 4 Protección del agua almacenada: último nivel de seguridad, destinado a preservar la integridad y calidad del agua mediante la protección de los puntos de acceso al vaso del depósito y la detección de cualquier intento de manipulación o contaminación.

Esta organización permite distribuir las medidas de seguridad de forma escalonada, estableciendo una arquitectura coherente en la que cada nivel complementa al anterior y proporciona una protección específica sobre los activos que alberga. En los apartados siguientes se desarrolla el diseño de cada uno de estos anillos, justificando las soluciones técnicas adoptadas para garantizar la seguridad de la infraestructura.

### 5.1 FILOSOFÍA DE DISEÑO BASADA EN ANILLOS DE PROTECCIÓN

El sistema de seguridad del depósito se estructura en cuatro anillos concéntricos que incrementan el nivel de protección a medida que se aproxima al activo crítico: el agua almacenada. Cada anillo actúa como una barrera independiente, dificultando el acceso y aumentando el tiempo de respuesta ante cualquier intento de intrusión o manipulación.

#### 1 ANILLO 1 Perímetro

Límite exterior del recinto.  
Primera línea de protección frente a cualquier intento de acceso.

#### 2 ANILLO 2 Entorno de la edificación

Área que rodea la edificación del depósito. Segunda barrera de protección antes de acceder al edificio.

#### 3 ANILLO 3 Sala técnica

Zona interior que contiene los equipos y sistemas críticos.  
Tercera barrera para impedir el acceso no autorizado.

#### 4 ANILLO 4 Agua almacenada

Activo crítico del sistema.  
Último nivel de protección destinado a garantizar la integridad y calidad del agua almacenada.



Figura 7-1 Anillos de protección del depósito de agua

Fuente: IA

## 7.1 Central de intrusión y gestión de alarmas

Una vez definida la estrategia de protección basada en anillos, resulta necesario disponer de un elemento capaz de centralizar la gestión de todos los dispositivos distribuidos por la instalación. La central de intrusión constituye el núcleo del sistema de seguridad, siendo la encargada de supervisar permanentemente el estado de los diferentes elementos de protección, recibir y procesar las señales generadas por los dispositivos de campo, gestionar las alarmas y transmitir los eventos al centro de control para su supervisión y actuación.

En una infraestructura crítica como un depósito de agua potable, la central no debe entenderse únicamente como un sistema de detección de intrusión, sino como el elemento encargado de coordinar el funcionamiento del conjunto del sistema de seguridad. Todos los dispositivos instalados en los distintos anillos de protección dependerán de ella para la generación de eventos, la supervisión del estado de los equipos y la gestión de las incidencias detectadas, constituyendo el punto de integración de la instalación.

Considerando las necesidades identificadas durante el análisis de riesgos, la central de intrusión deberá cumplir una serie de requisitos funcionales y técnicos que garanticen su adaptación a una infraestructura crítica. En primer lugar, deberá disponer de certificación de Grado 3, conforme a la norma UNE-EN 50131, garantizando un nivel de seguridad adecuado frente a ataques planificados y proporcionando la fiabilidad exigida para este tipo de instalaciones.

Asimismo, la central deberá presentar una arquitectura modular y escalable, permitiendo la ampliación del sistema mediante la incorporación de nuevos dispositivos de campo sin necesidad de modificar la infraestructura existente. Esta característica facilitará futuras ampliaciones de la instalación y permitirá adaptar el sistema a nuevas necesidades de protección.

Otro aspecto fundamental será la interoperabilidad con equipos de seguridad de diferentes fabricantes. Para ello, la central deberá permitir la integración de dispositivos certificados de Grado 3 mediante interfaces y protocolos de comunicación ampliamente implantados en el sector de la

seguridad electrónica. De esta forma será posible seleccionar, para cada aplicación, los detectores, módulos de expansión o elementos auxiliares que mejor se adapten a las necesidades de la instalación, evitando la dependencia de un único fabricante y facilitando el mantenimiento futuro del sistema.

Además, la central deberá incorporar funcionalidades de control de accesos, permitiendo la integración de lectores de tarjetas RFID para la identificación individual del personal autorizado. Este sistema posibilitará que cada usuario disponga de una credencial personalizada con la que podrá acceder a las zonas restringidas y realizar operaciones como el armado y desarmado del sistema de intrusión, sustituyendo el uso de códigos compartidos y permitiendo registrar todas las actuaciones realizadas sobre la instalación. El funcionamiento del sistema de control de accesos se desarrollará con mayor detalle en el apartado correspondiente de este capítulo.

Por último, la central deberá disponer de capacidad para integrarse con el sistema de videovigilancia y con la infraestructura de comunicaciones desarrollada en los capítulos posteriores, permitiendo la transmisión de alarmas, la supervisión remota del sistema y la verificación de los eventos mediante vídeo cuando sea necesario. Esta integración permitirá mejorar la capacidad de respuesta ante cualquier incidencia y aumentar el nivel de seguridad global de la infraestructura.

Como consecuencia de los requisitos definidos, la solución seleccionada deberá ofrecer un elevado nivel de fiabilidad, disponibilidad y capacidad de integración, constituyendo el elemento central sobre el que se apoyará el resto de subsistemas que conforman el sistema integral de seguridad propuesto.

Asimismo, la central deberá ser compatible con los protocolos empleados por las Centrales Receptoras de Alarmas (CRA), permitiendo la transmisión segura de eventos hacia plataformas de gestión ampliamente implantadas en el sector. Esta capacidad garantiza que el sistema pueda integrarse en servicios de vigilancia remota sin depender de un software propietario concreto, facilitando su explotación y mantenimiento a largo plazo. [10] [15]



Tabla 7-1 Requisitos funcionales de la central de intrusión y gestión de alarmas.

| Requisito                                                         | Justificación técnica                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Certificación Grado 3 (UNE-EN 50131)                              | Garantizar el nivel de seguridad exigido para la protección de una infraestructura crítica frente a ataques planificados.                                                             |
| Gestión centralizada de alarmas                                   | Recepción, procesamiento y supervisión de todos los eventos generados por los dispositivos del sistema.                                                                               |
| Arquitectura modular y escalable                                  | Permitir futuras ampliaciones mediante la incorporación de nuevos módulos y dispositivos sin modificar la instalación existente.                                                      |
| Interoperabilidad con dispositivos de distintos fabricantes       | Facilitar la integración de equipos certificados de Grado 3 mediante interfaces y protocolos estándar del sector. [6]                                                                 |
| Comunicaciones IP                                                 | Posibilitar la supervisión remota y la transmisión segura de alarmas y eventos hacia el centro de control.                                                                            |
| Control de accesos integrado                                      | Gestionar lectores RFID, permisos de usuarios y registro individualizado de accesos y operaciones de armado y desarmado.                                                              |
| Integración con videovigilancia                                   | Permitir la verificación visual de las alarmas y mejorar la gestión de los incidentes.                                                                                                |
| Registro y trazabilidad de eventos                                | Almacenar el histórico de alarmas, accesos e incidencias para facilitar auditorías y análisis posteriores.                                                                            |
| Alta disponibilidad                                               | Garantizar el funcionamiento continuo del sistema, minimizando el riesgo de interrupciones en una infraestructura crítica.                                                            |
| Compatibilidad con software de Central Receptora de Alarmas (CRA) | Permitir la transmisión de eventos y alarmas hacia las plataformas de gestión utilizadas habitualmente por las CRA, facilitando la monitorización remota y la gestión de incidencias. |

Una vez establecidos los requisitos funcionales y técnicos que debe cumplir la central de intrusión, resulta necesario seleccionar una solución que sea capaz de satisfacerlos y que, además, ofrezca la fiabilidad y flexibilidad requeridas para una infraestructura crítica como la considerada en este proyecto.

#### 7.1.1 Selección de la central de intrusión

Analizados los requisitos definidos en el apartado anterior, se selecciona como elemento principal del sistema la central de intrusión PACOM 8002, una solución de grado profesional diseñada para aplicaciones de alta seguridad y ampliamente implantada en infraestructuras críticas e instalaciones industriales.



*Ilustración 1 Central Pacom 8002. Fuente: Web Pacom*

La elección de esta central responde a su capacidad para cumplir todos los requisitos funcionales previamente establecidos. La PACOM 8002 dispone de certificación Grado 3 conforme a la norma UNE-EN 50131, presenta una arquitectura completamente modular y permite la integración de sistemas de control de accesos, videovigilancia y comunicaciones IP dentro de una única plataforma de gestión.

Otra de las características que justifican su elección es su elevada interoperabilidad, permitiendo la integración de dispositivos certificados de diferentes fabricantes, así como la comunicación con software de Centrales Receptoras de Alarmas (CRA) ampliamente utilizado en el sector. Esta capacidad proporciona una gran flexibilidad durante el diseño de la instalación y facilita futuras ampliaciones sin depender de un único fabricante.

Asimismo, la central permite incorporar lectores RFID para el control de accesos, asociando cada credencial a un usuario determinado y registrando todas las operaciones realizadas sobre el sistema, como accesos, armado y desarmado de áreas protegidas.

Como resultado, la PACOM 8002 constituye una solución adecuada para el sistema de seguridad propuesto, al proporcionar un elevado nivel de fiabilidad, capacidad de integración y escalabilidad, características fundamentales para garantizar la protección de una infraestructura crítica destinada al abastecimiento de agua potable. [21]

Tabla 7-2 Correspondencia entre los requisitos definidos y la central seleccionada.

| <b>Requisito definido</b>           | <b>PACOM 8002</b> |
|-------------------------------------|-------------------|
| Grado 3 UNE-EN 50131                | ✓ Cumple          |
| Arquitectura modular                | ✓ Cumple          |
| Comunicaciones IP                   | ✓ Cumple          |
| Integración control de accesos RFID | ✓ Cumple          |
| Integración con videovigilancia     | ✓ Cumple          |
| Compatibilidad con software de CRA  | ✓ Cumple          |
| Registro de eventos                 | ✓ Cumple          |
| Escalabilidad                       | ✓ Cumple          |

La Tabla 7-2 resume el grado de cumplimiento de los requisitos establecidos por parte de la central seleccionada.

## 7.2 Sistema de detección de intrusión

### 7.2.1 Sistema de detección por anillos

El sistema de detección de intrusión constituye uno de los elementos fundamentales de la arquitectura de seguridad propuesta. Su diseño se basa en la estrategia de defensa en profundidad descrita anteriormente, distribuyendo los diferentes dispositivos de detección en función del nivel de protección requerido en cada uno de los anillos de seguridad.

De este modo, la detección no se limita a identificar una intrusión una vez producida, sino que permite generar distintos niveles de aviso conforme el posible intruso se aproxima al activo crítico. Esta filosofía incrementa el tiempo disponible para la respuesta, reduce la probabilidad de que el atacante alcance el objetivo y mejora la capacidad de actuación del centro de control.

En los apartados siguientes se describe la solución adoptada para cada uno de los cuatro anillos de protección.

### **Anillo 1. Protección perimetral.**

El primer anillo de seguridad tiene como objetivo detectar cualquier aproximación sospechosa al recinto antes de que se produzca un intento de intrusión. Para ello, la detección se basa en un sistema de análisis inteligente de vídeo, asociado a las cámaras de videovigilancia instaladas en el perímetro de la instalación, cuya configuración se desarrollará en el apartado 7.3.

La analítica de vídeo permite definir zonas virtuales de vigilancia sobre el perímetro del recinto y generar distintos tipos de eventos en función del comportamiento detectado. En este primer nivel se configura una alarma de merodeo, que se activará cuando una persona permanezca durante un tiempo determinado en las inmediaciones del vallado o muestre un comportamiento compatible con una posible acción preparatoria.

Este tipo de aviso no implica necesariamente la existencia de una intrusión, pero proporciona al centro de control una alerta temprana que permite iniciar la supervisión de la instalación antes de que se produzca un intento de acceso al recinto.

### **Anillo 2. Protección del entorno de la edificación**

Una vez superado el perímetro exterior, el segundo anillo tiene como finalidad detectar la presencia de cualquier persona dentro del recinto protegido y antes de que pueda acceder a la sala técnica o aproximarse al depósito.

En este nivel continúa utilizándose el sistema de análisis inteligente de vídeo. Sin embargo, la detección deja de considerarse un comportamiento sospechoso para convertirse en una alarma confirmada de intrusión, ya que la

presencia de una persona en esta zona implica un acceso no autorizado al interior de la instalación.

Con objeto de incrementar la fiabilidad del sistema y reducir la posibilidad de falsas alarmas, la detección mediante analítica de vídeo se complementa con la instalación de barreras de infrarrojos activos, estableciendo un segundo nivel de protección independiente. De este modo, cualquier intento de aproximación a la edificación será detectado simultáneamente por ambos sistemas, aumentando la robustez de la protección en la primera línea de defensa del activo.

### **Anillo 3. Protección de la sala técnica**

La sala técnica constituye uno de los puntos más sensibles de la instalación, ya que alberga los equipos de bombeo, los sistemas de análisis de la calidad del agua, los equipos eléctricos y electrónicos de control, así como la electrónica correspondiente al propio sistema de seguridad. Además, desde esta dependencia es posible acceder al interior del depósito, por lo que su protección resulta prioritaria.

Al tratarse de una instalación interior, los dispositivos de detección seleccionados deberán cumplir los requisitos establecidos para Grado 3 conforme a la norma UNE-EN 50131, tal y como se expuso en el capítulo dedicado al marco teórico.

La estrategia de protección combina diferentes tecnologías con el objetivo de cubrir tanto los accesos convencionales como posibles intentos de intrusión mediante métodos no habituales.

En primer lugar, todas las puertas y ventanas dispondrán de contactos magnéticos, encargados de detectar cualquier apertura no autorizada.

Como complemento, se instalarán detectores volumétricos de doble tecnología, orientados hacia los accesos, de manera que cualquier intruso que consiga acceder al interior, incluso mediante la apertura de un hueco en un cerramiento distinto de la puerta o la ventana, sea detectado inmediatamente tras penetrar en la sala.

Finalmente, junto a los principales puntos de acceso se instalarán detectores sísmicos, capaces de identificar vibraciones producidas por intentos de forzado, corte o demolición mediante herramientas mecánicas, permitiendo generar una alarma incluso antes de que llegue a producirse la apertura del acceso.

La combinación de estas tres tecnologías proporciona una protección multicapa que incrementa considerablemente la capacidad de detección frente a diferentes modos de ataque.

#### **Anillo 4. Protección del agua almacenada**

El cuarto y último anillo está destinado a la protección del activo más importante de la instalación: el agua destinada al consumo humano.

En este nivel, el objetivo no es únicamente impedir el acceso físico al depósito, sino evitar cualquier acción que pueda comprometer la calidad del agua mediante la introducción intencionada de sustancias contaminantes, en línea con los principios de “Food Defense”, orientados a prevenir actos deliberados de contaminación sobre productos destinados al consumo humano. [22]

Para ello, se protegerán todos los puntos que permitan un acceso directo al interior del depósito. Entre ellos se incluyen el acceso desde la sala técnica y los elementos destinados a la ventilación del vaso del depósito, habitualmente materializados mediante ventanas laterales protegidas con rejillas o pequeñas chimeneas de ventilación situadas en la cubierta.

Aunque estos elementos no permiten normalmente el acceso de una persona, sí podrían ser utilizados para introducir sustancias contaminantes en el agua, por lo que constituyen un punto crítico de la instalación.

La protección de estos accesos se realizará mediante sensores de cortina láser o detectores volumétricos de exterior, seleccionando en cada caso la tecnología más adecuada en función de la geometría del acceso y de las distancias de detección requeridas. De este modo, cualquier aproximación o manipulación de estos puntos generará una alarma inmediata, impidiendo que una amenaza alcance el activo protegido.

### 7.2.2 Criterios de selección de las tecnologías de detección

#### Analítica de vídeo

El sistema de análisis inteligente de vídeo constituye el primer nivel de detección de la arquitectura de seguridad propuesta, siendo el encargado de identificar de forma temprana cualquier aproximación o comportamiento sospechoso en el perímetro de la instalación. Para ello, la solución seleccionada deberá ser capaz de analizar en tiempo real las imágenes procedentes de las cámaras IP, aplicando algoritmos basados en inteligencia artificial que permitan distinguir personas de otros elementos del entorno y reducir la aparición de falsas alarmas.

Asimismo, deberá permitir la configuración de diferentes reglas de detección, como merodeo, intrusión en áreas restringidas o cruce de líneas virtuales, adaptándose a la estrategia de protección por anillos desarrollada en el apartado anterior. Además, deberá disponer de entradas y salidas de alarma que permitan su integración con la central de intrusión, posibilitando la gestión de los eventos generados como una alarma más del sistema de seguridad.

#### Barrera de infrarrojos activos

Las barreras de infrarrojos activos constituyen el segundo nivel de detección del sistema de seguridad, complementando el análisis inteligente de vídeo en la protección del entorno de la edificación. Su finalidad es proporcionar una confirmación física de la intrusión cuando un individuo accede al recinto protegido, aumentando la fiabilidad del sistema y reduciendo la probabilidad de falsas alarmas.

Para ello, las barreras seleccionadas deberán ofrecer un alcance en exterior superior a 60 metros, garantizando la cobertura completa de los laterales del depósito y proporcionando un margen suficiente para adaptarse a la geometría de la instalación. Asimismo, deberán disponer de cuatro haces infrarrojos sincronizados, incrementando la capacidad de detección frente a intentos de evasión y manteniendo un funcionamiento estable ante las condiciones ambientales propias de una instalación a la intemperie.



Además, deberán incorporar salidas de alarma compatibles con la central de intrusión, así como mecanismos de protección frente a sabotajes, permitiendo su integración dentro del sistema de seguridad y la gestión centralizada de los eventos generados.

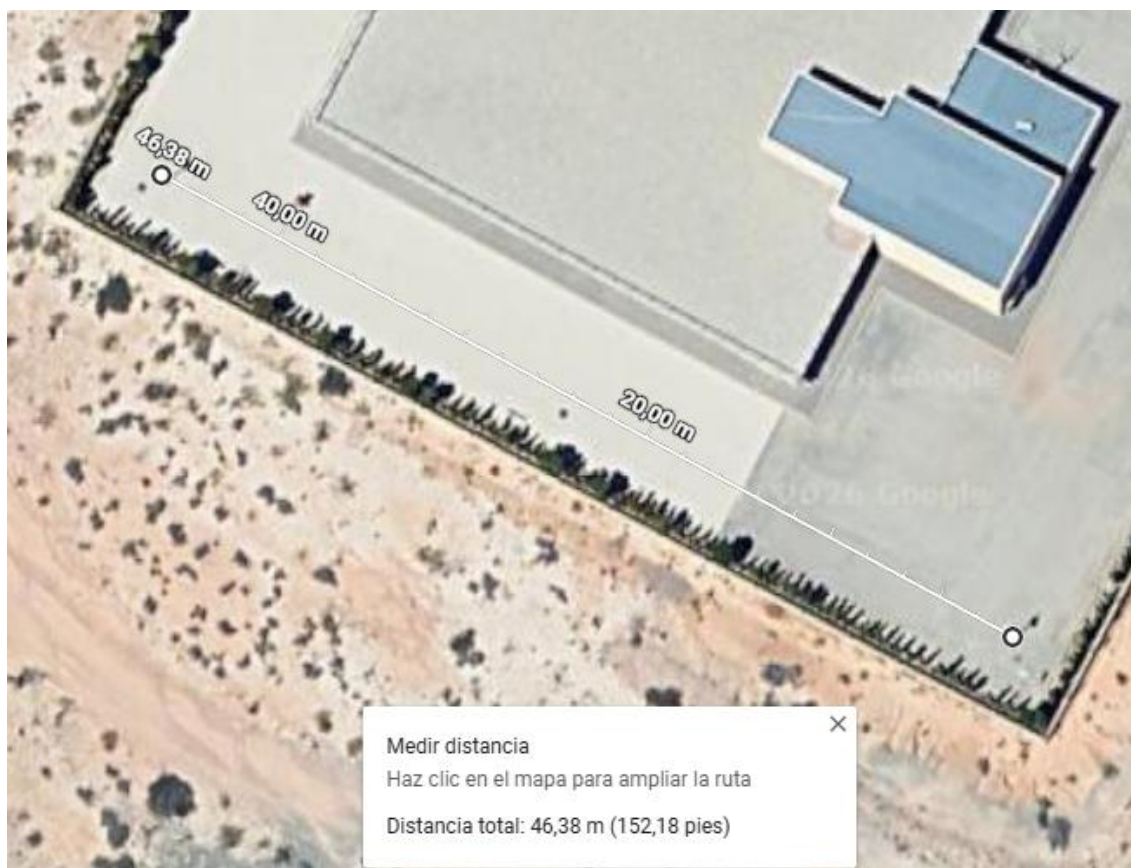


Ilustración 2 Distancia entre barreras de detección

Fuente: Google Maps[23]

### Contactos magnéticos

Los contactos magnéticos constituyen el primer elemento de protección sobre puertas y ventanas de la sala técnica, siendo los encargados de detectar cualquier apertura no autorizada de los accesos protegidos. Debido a la criticidad de esta zona, los dispositivos seleccionados deberán disponer de certificación Grado 3 conforme a la norma UNE-EN 50131, garantizando un nivel de seguridad adecuado para infraestructuras críticas. Asimismo, deberán incorporar sistemas de triple polarización o triple balanceo, protección frente a sabotajes y cableado blindado, dificultando posibles intentos de manipulación o puenteo del



detector. Además, deberán integrarse directamente con la central de intrusión, permitiendo la supervisión permanente del estado de cada acceso y la generación inmediata de alarmas ante cualquier apertura no autorizada. [8]

#### Detectores volumétricos de doble tecnología

Los detectores volumétricos constituyen el principal elemento de protección del interior de la sala técnica, siendo los encargados de detectar la presencia de un intruso una vez que ha conseguido superar el perímetro o acceder al edificio por cualquier punto no autorizado. Debido a la criticidad de esta zona, los dispositivos seleccionados deberán disponer de certificación Grado 3 conforme a la norma UNE-EN 50131, incorporando doble tecnología de detección (PIR y microondas) para aumentar la fiabilidad del sistema y minimizar la aparición de falsas alarmas. Asimismo, deberán integrar funciones de anti enmascaramiento (antimasking) [7] y protección frente a sabotajes, garantizando la detección de intentos de neutralización del sensor y manteniendo un funcionamiento fiable incluso en entornos de alta seguridad. Además, deberán ofrecer una cobertura suficiente para proteger los accesos y zonas de paso de la sala técnica, permitiendo su integración con la central de intrusión para la gestión centralizada de las alarmas.

#### Detectores sísmicos

Los detectores sísmicos complementan la protección de puertas, ventanas y otros puntos vulnerables de la sala técnica, permitiendo detectar intentos de intrusión antes de que se produzca la apertura del acceso. Su función principal es identificar las vibraciones generadas por acciones de forzado, corte o demolición mediante herramientas mecánicas, proporcionando una detección temprana frente a ataques dirigidos contra los cerramientos de la instalación.

Debido a la criticidad de la infraestructura, los dispositivos seleccionados deberán disponer de certificación Grado 3 conforme a la norma UNE-EN 50131, presentar una elevada sensibilidad ajustable para adaptarse a los diferentes materiales constructivos y contar con protección frente a sabotajes. Asimismo, deberán integrarse directamente con la central de intrusión, permitiendo generar

una alarma inmediata ante cualquier intento de manipulación violenta de los accesos protegidos. [9]

#### Sensores de cortina láser

Los sensores de cortina láser están destinados a la protección de los accesos directos al vaso del depósito, especialmente las ventanas y elementos de ventilación, donde resulta necesario detectar cualquier intento de aproximación o manipulación sin interferir con el funcionamiento normal de la instalación. Debido a la importancia de este último anillo de seguridad, la solución seleccionada deberá proporcionar una detección de alta precisión, capaz de generar una barrera virtual continua sobre el acceso protegido y detectar cualquier objeto que atraviese dicha zona.

Asimismo, los dispositivos deberán ofrecer un funcionamiento estable en condiciones de exterior, manteniendo sus prestaciones frente a variaciones de iluminación y condiciones meteorológicas adversas, además de permitir la configuración de múltiples zonas de detección independientes para adaptar la protección a la geometría de cada acceso. Finalmente, deberán disponer de certificación Grado 3, integración mediante salidas de alarma con la central de intrusión y capacidad para minimizar la aparición de falsas alarmas, garantizando un elevado nivel de fiabilidad en la protección del activo más crítico de la instalación.

#### Detectores volumétricos de exterior

Los detectores volumétricos de exterior complementan la protección del cuarto anillo de seguridad en aquellos puntos donde, por sus dimensiones o características constructivas, no resulta posible instalar sensores de cortina láser. Su función es detectar cualquier aproximación o permanencia en las inmediaciones de los accesos al vaso del depósito, especialmente en ventanas de ventilación y otros puntos susceptibles de ser utilizados para manipular o contaminar el agua almacenada.

Para ello, los dispositivos seleccionados deberán ofrecer un funcionamiento fiable en instalaciones de exterior, manteniendo un elevado nivel de inmunidad frente a las condiciones ambientales y reduciendo la aparición de falsas alarmas. Asimismo, deberán disponer de certificación Grado 3, incorporar funciones de anti enmascaramiento (antimasking) [7] y protección frente a sabotajes, además de permitir la selección de diferentes alcances de detección para adaptarse a la geometría de cada acceso protegido. Finalmente, deberán integrarse con la central de intrusión mediante salidas de alarma, garantizando la supervisión permanente de los elementos protegidos.

### 7.2.3 Selección de dispositivos

Una vez definidos los criterios de selección de las diferentes tecnologías de detección, se procede a la elección de los dispositivos que formarán parte del sistema de intrusión propuesto. Los equipos seleccionados cumplen los requisitos funcionales y técnicos establecidos en el apartado anterior, garantizando un elevado nivel de fiabilidad, integración con la central de intrusión y adaptación a las necesidades específicas de cada uno de los anillos de protección.

#### Sistema de análisis inteligente de vídeo

Para la implementación del sistema de análisis inteligente de vídeo se selecciona el equipo DAVANTIS DFusion Mini DF04MR, una solución basada en inteligencia artificial (Deep Learning) capaz de gestionar hasta cuatro canales IP. El dispositivo permite la configuración de diferentes reglas de análisis, la generación de eventos mediante entradas y salidas de alarma y su integración directa con la central de intrusión, constituyendo el primer nivel de detección del sistema. [24]

#### Barreras de infrarrojos activos

Como segundo nivel de protección se seleccionan las Takex PB-100HFA-KH, barreras de cuatro haces sincronizados con un alcance de 100 metros en exterior, superior a las necesidades de la instalación. Sus características permiten cubrir completamente el entorno de la edificación, proporcionando una detección fiable y complementaria al sistema de análisis de vídeo. [25]

### Contactos Magnéticos

Para la protección de puertas y ventanas de la sala técnica se selecciona el contacto magnético Aritech DC111, certificado Grado 3, con tecnología de triple polarización y cable blindado, garantizando una elevada resistencia frente a manipulaciones y una supervisión permanente de los accesos. [26]

### Detectores volumétricos

La protección interior de la sala técnica se realizará mediante detectores volumétricos de doble tecnología Honeywell Dual Tec Grado 3, que combinan sensores infrarrojos pasivos y microondas para aumentar la fiabilidad de la detección y minimizar la aparición de falsas alarmas. [27]

### Detectores sísmicos

Como complemento a la protección de los accesos se selecciona el sensor sísmico Honeywell SC100, certificado Grado 3, destinado a detectar vibraciones producidas por intentos de forzado, corte o demolición sobre puertas, ventanas y otros elementos estructurales. [28]

### Sensores de cortina láser

Para la protección de los accesos directos al vaso del depósito se selecciona el sensor LiDAR Optex REDSCAN Pro RLS-3060V, capaz de generar una cortina virtual de alta precisión que detecta cualquier aproximación o manipulación de los elementos de ventilación, reforzando la protección del activo más crítico de la instalación. [29]

### Detectores volumétricos de exterior

En aquellos puntos donde la geometría del acceso no permita la instalación de sensores de cortina láser, se emplearán detectores volumétricos de exterior Optex HX80-DAM y Optex FTN-AM, seleccionándose uno u otro en función de las dimensiones del área a proteger. Esta combinación permite adaptar la cobertura a las características de cada acceso, optimizando la eficacia del sistema sin sobredimensionar la instalación. [30] [31]

Tabla 7-3 Dispositivos seleccionados para el sistema de detección de intrusión

| Tecnología                    | Equipo seleccionado          | Ubicación                  |
|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Análisis inteligente de vídeo | DAVANTIS DFusion Mini DF04MR | Anillo 1 y 2               |
| Barreras IR                   | Takex PB-100HFA-KH           | Anillo 2                   |
| Contacto magnético            | Aritech DC111                | Puertas y ventanas         |
| Volumétrico interior          | Honeywell Dual Tec G3        | Sala técnica               |
| Sísmico                       | Honeywell SC100              | Accesos sala técnica       |
| Cortina láser                 | Optex REDSCAN Pro RLS-3060V  | Ventilaciones del depósito |
| Volumétrico exterior          | Optex HX80-DAM / FTN-AM      | Ventilaciones del depósito |

### 7.3 Sistema de videovigilancia y análisis de video

La videovigilancia constituye uno de los pilares fundamentales del sistema integral de seguridad propuesto, proporcionando la información visual necesaria para la supervisión continua de la instalación, la detección temprana de amenazas, la verificación de las alarmas generadas por el sistema de intrusión y la obtención de evidencias mediante la grabación de imágenes. A diferencia de un sistema de CCTV convencional, en este proyecto la videovigilancia forma parte activa de la estrategia de protección por anillos, colaborando directamente con el sistema de detección de intrusión y con la central de gestión de alarmas.

Para ello, las cámaras instaladas en la infraestructura deberán proporcionar imágenes de alta calidad tanto en condiciones diurnas como nocturnas, permitiendo la correcta identificación de personas y garantizando una cobertura adecuada de las diferentes zonas protegidas. Asimismo, deberán disponer de óptica varifocal motorizada, facilitando la adaptación del campo de

visión a las características particulares de cada emplazamiento sin necesidad de sustituir el equipo.

Aunque las cámaras seleccionadas incorporan funciones de analítica inteligente embebida, estas no serán utilizadas para la generación de alarmas del sistema de seguridad. En instalaciones destinadas a la protección de infraestructuras críticas resulta necesario emplear una plataforma de análisis de vídeo especializada, capaz de ofrecer un mayor nivel de fiabilidad y cumplir los requisitos de rendimiento exigidos para este tipo de aplicaciones.

En este proyecto, la generación de alarmas asociadas a la videovigilancia será realizada por un sistema de análisis inteligente independiente, capaz de procesar simultáneamente las imágenes procedentes de varias cámaras, analizar secuencias temporales completas y aplicar algoritmos avanzados de clasificación y seguimiento de personas. Esta arquitectura permite mejorar significativamente la fiabilidad de la detección, alcanzando una elevada probabilidad de detección (Pd) y manteniendo una baja tasa de falsas alarmas (FAR), incluso en condiciones meteorológicas adversas o entornos complejos.

Como consecuencia de esta filosofía de diseño, el flujo de vídeo generado por las cámaras será enviado simultáneamente al sistema de análisis inteligente y al grabador de vídeo en red (NVR), desempeñando ambas funciones completamente independientes. Mientras el sistema de analítica procesa las imágenes y genera los eventos de alarma hacia la central de intrusión, también enviará a la Central Receptora de Alarmas los clips de vídeo asociados al salto detectado, facilitando la verificación inmediata del incidente. Por su parte, el NVR se destinará al almacenamiento continuo de las grabaciones y permitirá al operador consultar imágenes en directo o grabaciones anteriores cuando sea necesario.

Finalmente, el sistema de videovigilancia deberá integrarse con el resto de subsistemas de seguridad y con la infraestructura de comunicaciones diseñada para la instalación. Tanto la central de intrusión como el grabador de vídeo deberán mantener comunicación con la Central Receptora de Alarmas (CRA), permitiendo que el operador reciba los eventos generados por el sistema de intrusión y pueda acceder, cuando sea necesario, tanto a las imágenes en

tiempo real como a las grabaciones almacenadas para verificar la incidencia y facilitar la toma de decisiones.

### 7.3.1 Selección de los equipos de videovigilancia

Una vez definidos los criterios funcionales del sistema de videovigilancia, se procede a la selección de los equipos que formarán parte de la solución propuesta.

#### **Cámaras IP**

Para la captación de imágenes se selecciona la cámara Hikvision DS-2CD2647G2HT-LIZS (2.8-12 mm), una cámara IP de uso profesional especialmente indicada para aplicaciones de seguridad perimetral. Su resolución de 4 MP, junto con la óptica varifocal motorizada de 2,8 a 12 mm, permite adaptar el campo de visión a las características de cada zona protegida, optimizando la cobertura de la instalación. [32]

Asimismo, incorpora tecnologías avanzadas de mejora de imagen, funcionamiento día/noche e iluminación inteligente, proporcionando imágenes de alta calidad en diferentes condiciones de iluminación. Aunque el equipo dispone de funciones de analítica inteligente integradas, estas se emplearán únicamente como funcionalidades auxiliares, delegándose la generación de alarmas de seguridad en el sistema de análisis de vídeo independiente descrito anteriormente.

#### **Sistema de análisis inteligente**

Para el procesamiento de las imágenes se selecciona el sistema de análisis inteligente DAVANTIS DFusion Mini DF04MR, capaz de gestionar hasta cuatro canales de vídeo IP y basado en algoritmos de Deep Learning específicamente desarrollados para aplicaciones de seguridad perimetral. [24]

Este sistema será el encargado de analizar continuamente las imágenes procedentes de las cámaras, detectando comportamientos compatibles con intentos de intrusión y generando las correspondientes señales de alarma hacia la central de intrusión. Su capacidad para procesar secuencias temporales completas y aplicar algoritmos avanzados de clasificación de personas permite

obtener un rendimiento superior al ofrecido por la analítica integrada en las cámaras, reduciendo significativamente la aparición de falsas alarmas y aumentando la fiabilidad del sistema.

### Grabador de vídeo en red (NVR)

Para el almacenamiento de las imágenes se selecciona el grabador Hikvision DS-7608NXI-K2/8P, encargado de registrar de forma continua el flujo de vídeo procedente de todas las cámaras instaladas en la infraestructura. [33]

Este equipo no participa en la generación de alarmas del sistema de seguridad, función que corresponde exclusivamente al sistema DAVANTIS, sino que actúa como plataforma de grabación y gestión del vídeo, permitiendo el almacenamiento de evidencias y su posterior consulta. Además, el NVR permanecerá conectado con la Central Receptora de Alarmas (CRA), posibilitando que el operador autorizado pueda acceder tanto a las imágenes en directo como a las grabaciones almacenadas cuando sea necesaria la verificación de una alarma o el análisis de un incidente.

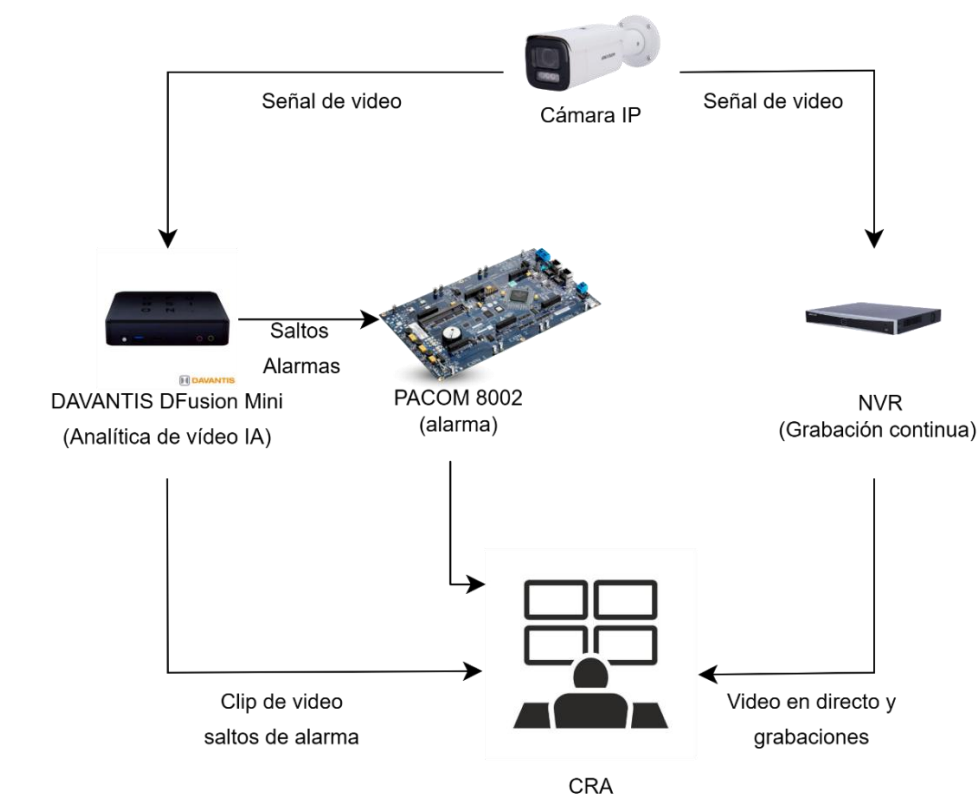


Figura 7-2 Esquema equipos de videovigilancia

Fuente: elaboración propia



## 7.4 Sistema de control de accesos

El sistema de control de accesos tiene como finalidad garantizar que únicamente el personal autorizado pueda acceder a las diferentes zonas de la instalación, permitiendo además registrar todas las operaciones realizadas sobre el sistema. En una infraestructura crítica como un depósito de agua potable, este subsistema adquiere una especial relevancia, ya que evita el acceso de personas no autorizadas y proporciona una completa trazabilidad de las actuaciones realizadas por los operarios.

Para ello, la solución seleccionada deberá permitir la identificación individual de cada usuario mediante credenciales RFID, eliminando el uso de códigos compartidos y asociando todas las operaciones realizadas a un usuario concreto.

Asimismo, el sistema deberá integrarse completamente con la central de intrusión, permitiendo que las operaciones de armado y desarmado de las diferentes áreas protegidas puedan realizarse mediante la misma credencial utilizada para el acceso físico a la instalación. De este modo se simplifica la operación del sistema y se incrementa la seguridad al mantener un registro completo de todas las actuaciones.

Además, deberá permitir la definición de distintos niveles de autorización, de manera que cada usuario únicamente pueda acceder a las zonas para las que dispone de permiso, registrando la fecha, hora e identidad de cada acceso realizado.

Finalmente, todos los eventos generados por el sistema de control de accesos deberán quedar registrados en la central de intrusión y ser transmitidos a la Central Receptora de Alarmas cuando resulte necesario, facilitando tanto la supervisión remota como las labores posteriores de auditoría.

### 7.4.1 Selección de los equipos de control de accesos

Una vez definidos los criterios funcionales del sistema de control de accesos, se procede a la selección de los equipos que permitirán su integración con la central de intrusión y el resto de subsistemas de seguridad.

Para la identificación de los usuarios se selecciona el lector de proximidad HID ProxPoint Plus 6005, un dispositivo RFID diseñado para aplicaciones profesionales de control de accesos. Este lector permite asociar una credencial única a cada usuario autorizado, facilitando la identificación individual del personal y garantizando la trazabilidad de todas las operaciones realizadas sobre la instalación. [34]

Con objeto de integrar el lector RFID con la central de intrusión se incorpora el módulo de expansión PACOM 1076R-IO-UL, encargado de gestionar la información procedente del lector y de proporcionar las entradas y salidas necesarias para el control de accesos. Este módulo permite que, una vez validada una credencial autorizada, la central PACOM verifique los permisos asignados al usuario y ejecute automáticamente las acciones configuradas para dicho acceso.

Entre estas acciones se incluyen el desarmado automático del área protegida, la activación de las salidas de relé destinadas al accionamiento de puertas automáticas o cerraduras eléctricas y el registro de todas las operaciones realizadas. De este modo, el operario únicamente necesita presentar su tarjeta RFID para acceder a la instalación, siendo la propia central la encargada de gestionar de forma automática el resto de acciones asociadas al acceso.

Adicionalmente, la integración del sistema con la Central Receptora de Alarmas (CRA) permite que los operadores autorizados puedan actuar de forma remota sobre el control de accesos. En aquellas situaciones en las que un usuario autorizado no disponga de su credencial o sea necesario facilitar un acceso excepcional, el operador de la CRA podrá verificar previamente la identidad del solicitante y activar de forma remota las salidas de relé de la central, permitiendo la apertura de la puerta sin necesidad de presencia física en la instalación. Esta funcionalidad garantiza la continuidad operativa del sistema manteniendo en todo momento el control sobre los accesos y dejando registrada la actuación realizada.

La integración entre el sistema de control de accesos, la central de intrusión y la Central Receptora de Alarmas permite unificar la gestión de ambos subsistemas dentro de una misma plataforma, incrementando la seguridad de la instalación, facilitando la supervisión remota y simplificando tanto la operación diaria como las labores de mantenimiento y auditoría.

Tarjeta RFID usuario

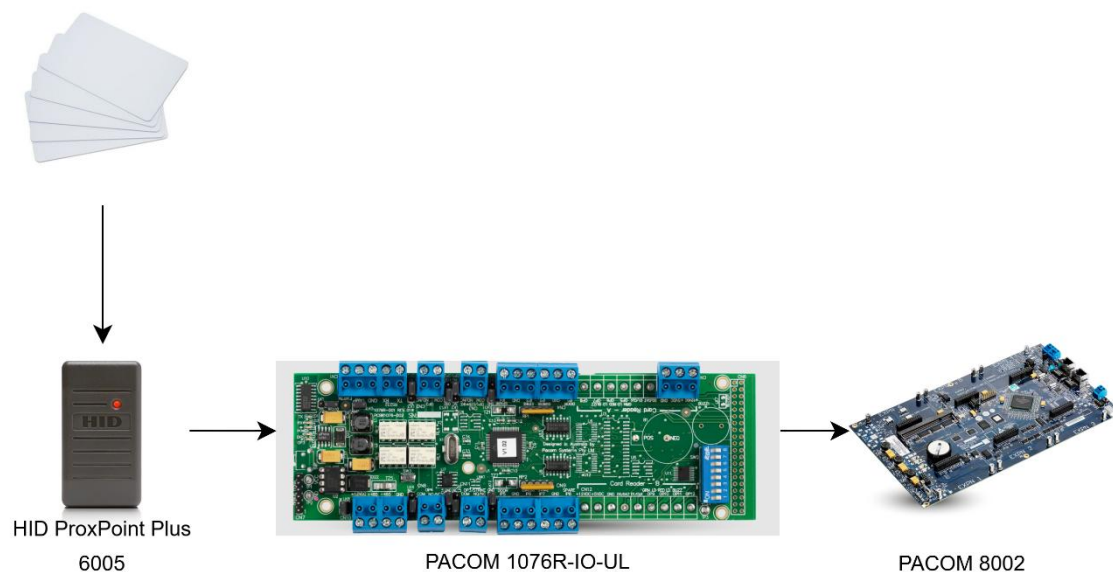


Figura 7-3 Esquema equipos control de accesos

Fuente: elaboración propia

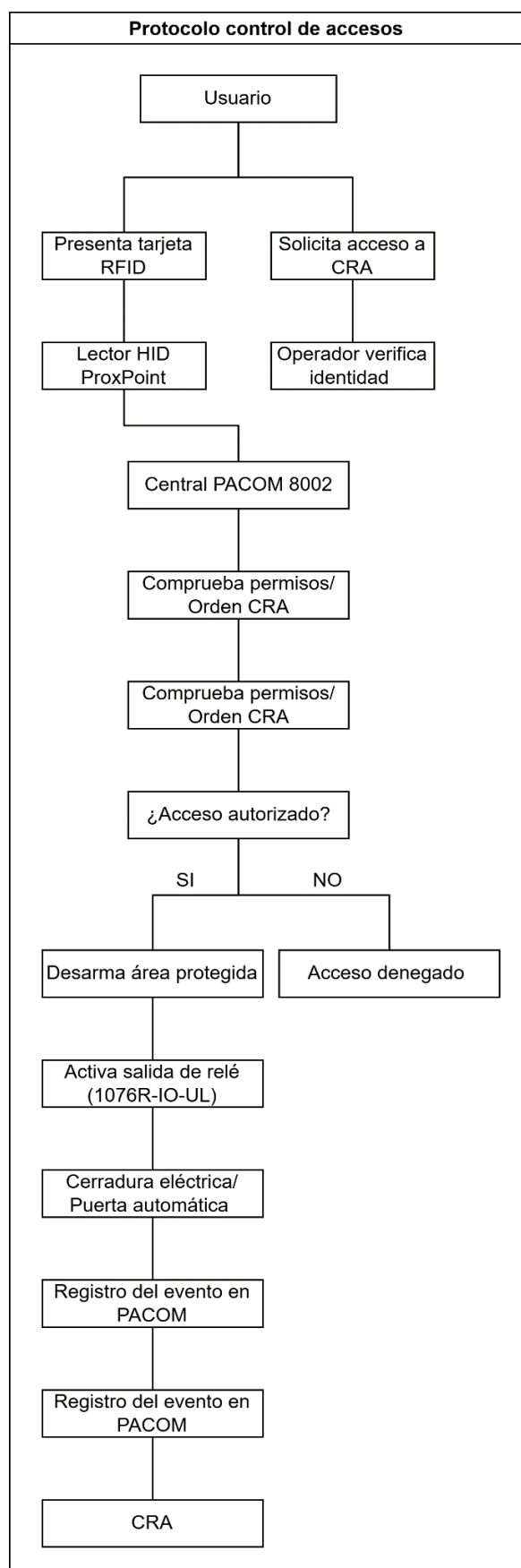


Figura 7-4 Esquema protocolo control de accesos  
Fuente: elaboración propia

## 7.5 Elementos auxiliares del sistema de seguridad

Además de los subsistemas principales descritos en los apartados anteriores, el diseño propuesto incorpora una serie de elementos auxiliares destinados a incrementar la fiabilidad del sistema, mejorar la capacidad de detección y dificultar posibles intentos de sabotaje. Aunque estos elementos no constituyen sistemas de seguridad independientes, su correcta implementación resulta fundamental para garantizar el funcionamiento continuo de la instalación y mantener el nivel de protección exigido en una infraestructura crítica.

### 7.5.1 Iluminación infrarroja auxiliar

La calidad de las imágenes obtenidas por el sistema de videovigilancia influye directamente en el rendimiento del sistema de análisis inteligente de vídeo. Aunque las cámaras seleccionadas incorporan iluminación infrarroja integrada, en aquellas zonas donde las condiciones de iluminación o las distancias de vigilancia superen las capacidades de los iluminadores propios de la cámara, se instalarán cañones de iluminación infrarroja.

Estos dispositivos proporcionan iluminación adicional no visible para el ojo humano, mejorando la calidad de las imágenes captadas durante la noche y aumentando la fiabilidad del sistema de análisis de vídeo, especialmente en la detección de personas a largas distancias.

### 7.5.2 Protección del cableado

El cableado constituye uno de los elementos más vulnerables de un sistema de seguridad, por lo que su protección resulta esencial para evitar posibles actos de sabotaje.

Con este objetivo, todas las canalizaciones se proyectarán por el interior de las zonas protegidas, evitando que el cableado discurra por áreas fuera de la cobertura de cámaras o sensores de intrusión. De este modo, cualquier intento de manipulación sobre las canalizaciones será detectado por el propio sistema de seguridad antes de que pueda comprometer su funcionamiento.

Asimismo, las canalizaciones exteriores se realizarán mediante tubería de acero galvanizado, proporcionando una elevada resistencia frente a impactos,

cortes o manipulaciones intencionadas y aumentando la robustez de la instalación.

### 7.5.3 Sirena exterior de alta potencia

Como elemento de disuasión y aviso acústico se instalará una sirena exterior de alta potencia, cuya activación se producirá ante la detección de una intrusión confirmada.

Además de alertar al entorno de la existencia de un incidente, la emisión de una señal acústica de elevada intensidad constituye un importante elemento disuasorio, incrementando la presión sobre el intruso y reduciendo el tiempo disponible para llevar a cabo cualquier acción sobre la instalación. La sirena dispondrá de protección antisabotaje y estará integrada con la central de intrusión para garantizar su supervisión permanente.

### 7.5.4 Armario de seguridad para la electrónica del sistema

Toda la electrónica correspondiente al sistema de seguridad se alojará en un armario metálico de seguridad instalado en el interior de la sala técnica. En su interior se ubicarán la central de intrusión PACOM, los módulos de expansión, las fuentes de alimentación, el sistema de análisis inteligente de vídeo, los equipos de comunicaciones y el resto de dispositivos electrónicos necesarios para el funcionamiento de la instalación.

La concentración de todos los equipos electrónicos en un único armario facilita las labores de mantenimiento, simplifica la organización del cableado y permite proteger de forma conjunta los elementos más críticos del sistema mediante una única estrategia de supervisión.

Con el fin de impedir manipulaciones no autorizadas, el armario incorporará un contacto anti sabotaje (tamper) que generará una alarma inmediata ante cualquier intento de apertura indebida. De forma complementaria, se instalará un detector volumétrico orientado hacia el propio armario, permitiendo detectar la presencia de cualquier persona que intente manipular la electrónica del sistema una vez haya accedido al interior de la sala técnica.

La combinación de ambas medidas garantiza una protección física y electrónica del núcleo del sistema de seguridad, dificultando los intentos de sabotaje y asegurando la continuidad del servicio incluso frente a ataques dirigidos contra los equipos de control.

### **7.6 Respuesta operativa del sistema de seguridad**

La eficacia de un sistema de seguridad no depende únicamente de su capacidad para detectar una amenaza, sino también de la rapidez y coordinación con la que se actúa una vez confirmada la intrusión. Por este motivo, el sistema diseñado no se limita a generar alarmas, sino que establece un procedimiento de respuesta orientado a minimizar las consecuencias de un posible incidente y proteger el activo crítico de la instalación.

Cuando el sistema de análisis inteligente de vídeo o cualquiera de los dispositivos de intrusión detecte un evento susceptible de constituir una amenaza, la información será transmitida de forma inmediata a la Central Receptora de Alarmas (CRA). Desde este momento, el operador iniciará el procedimiento de verificación siguiendo lo establecido en la normativa vigente de Seguridad Privada y en los protocolos operativos de la empresa explotadora.

Una vez confirmada la existencia de una intrusión, la CRA procederá a comunicar el incidente a las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad, aportando toda la información disponible para facilitar una intervención rápida y eficaz. [17]

De forma simultánea, se movilizará el servicio de Acuda de la empresa de seguridad contratada, cuya función será desplazarse hasta la instalación para facilitar el acceso de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad, colaborar durante la intervención y verificar el estado de la instalación una vez finalizada la actuación.

En el supuesto de que, durante la verificación de las imágenes, el operador de la CRA detecte cualquier acción que pueda comprometer la calidad del agua almacenada, como el vertido intencionado de sustancias contaminantes o la manipulación de los accesos al vaso del depósito, se notificará de forma inmediata al Centro de Control de Red de la entidad gestora.



Tras recibir este aviso, el Centro de Control procederá a ejecutar las maniobras necesarias para contener la amenaza, entre las que se incluyen la detención de los equipos de bombeo y el cierre de la válvula de salida del depósito, evitando que el agua potencialmente contaminada sea incorporada a la red de abastecimiento hasta que pueda verificarse el estado sanitario de la instalación.

Esta estrategia convierte al sistema propuesto en una solución que no solo proporciona una detección temprana de amenazas, sino que también integra un procedimiento de respuesta coordinado entre la Central Receptora de Alarmas, las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad, el servicio de Acuda y el Centro de Control de Red. De este modo, la seguridad deja de entenderse únicamente como un conjunto de dispositivos de protección para convertirse en un sistema capaz de detectar, verificar, comunicar y contener un incidente, minimizando su impacto sobre el servicio de abastecimiento y garantizando la protección del activo más crítico de la instalación: el agua destinada al consumo humano.



Figura 5.1. Arquitectura por anillos de protección del depósito de agua.

Ilustración 3 Sistema de seguridad  
Fuente: IA.



## 8 REDUNDANCIA EN TELECOMUNICACIONES

### 8.1 Requisitos de disponibilidad y continuidad de comunicaciones

Un depósito de agua constituye una infraestructura crítica, tal y como se ha expuesto en apartados anteriores del presente trabajo. Por este motivo, el sistema de seguridad debe garantizar la comunicación permanente con el centro de control o Central Receptora de Alarmas (CRA), asegurando la supervisión continua de la instalación.

No obstante, cualquier sistema de comunicaciones está expuesto a posibles interrupciones, ya sea por errores humanos, fallos técnicos o fenómenos naturales. Esta situación pone de manifiesto la necesidad de incorporar mecanismos que aseguren la continuidad del servicio ante la caída de la conexión principal.

En este contexto, resulta necesario disponer de vías de comunicación adicionales que actúen como respaldo. Cada instalación crítica puede contar con un medio de comunicación principal diferente; en el caso analizado, se emplea un radioenlace privado en banda 5GHz conectado a una estación propia, lo que proporciona un mayor nivel de seguridad frente a otras alternativas como el tendido de fibra aérea, más vulnerable a incidencias externas.

En aquellas instalaciones donde la calidad de la red móvil es limitada, esta tecnología podría no ser adecuada como vía alternativa. Sin embargo, en el caso de estudio se dispone de cobertura suficiente, lo que permite su utilización como segunda vía de comunicación. Asimismo, se incorpora una tercera vía basada en conectividad satelital mediante una constelación de satélites en órbita baja, seleccionándose la solución Starlink por su grado de madurez y despliegue consolidado en el mercado. [35]

De este modo, la arquitectura planteada se compone de tres vías de comunicación: una principal y dos alternativas. El sistema se diseña para que, ante la caída de la vía principal, la comunicación se redirija automáticamente a la segunda, y en caso de fallo de esta, se active la tercera. Este comportamiento se implementa mediante un sistema de enrutamiento basado en rutas recursivas,

que permite ejecutar un mecanismo de conmutación automática (failover) ante cualquier interrupción. [36]

La redundancia de comunicaciones diseñada en este proyecto tiene como objetivo garantizar la continuidad operativa del sistema de seguridad física del depósito de agua potable. Elementos como las cámaras de videovigilancia, sensores perimetrales, sistemas de control de accesos y dispositivos de monitorización requieren una conexión estable con el centro de control para permitir la supervisión en tiempo real y la respuesta ante incidentes.

Cabe destacar que esta arquitectura está orientada exclusivamente al sistema de seguridad, no contemplándose su uso como infraestructura principal para los sistemas de automatización o control del depósito (SCADA, bombeos, caudalímetros, sondas, etc.), los cuales suelen disponer de sus propias redes de comunicación gestionadas por el operador del sistema hidráulico. No obstante, se prevé la posibilidad de habilitar la conexión temporal de equipos adicionales en situaciones de emergencia, mediante un puerto dedicado y gestionado.

## **8.2 Diseño de red redundante (arquitectura, equipos y protocolos)**

Para implementar un sistema de conmutación automática (failover) basado en múltiples vías de comunicación, resulta necesario disponer de dichas vías de forma independiente y complementaria.

En el caso planteado, la arquitectura se basa en tres medios de comunicación diferenciados. La primera vía corresponde a un radioenlace con visibilidad directa hacia la estación base ubicada en el Relojero, perteneciente a la red de Aguas de Murcia, que actúa como enlace principal del sistema.

La segunda vía de comunicación se establece mediante conexión a redes móviles 4G/5G, proporcionando un canal alternativo basado en infraestructuras de operadores de telecomunicaciones.

Por último, se incorpora una tercera vía basada en conectividad satelital, que permite garantizar la comunicación incluso en escenarios donde las infraestructuras terrestres no se encuentren disponibles.

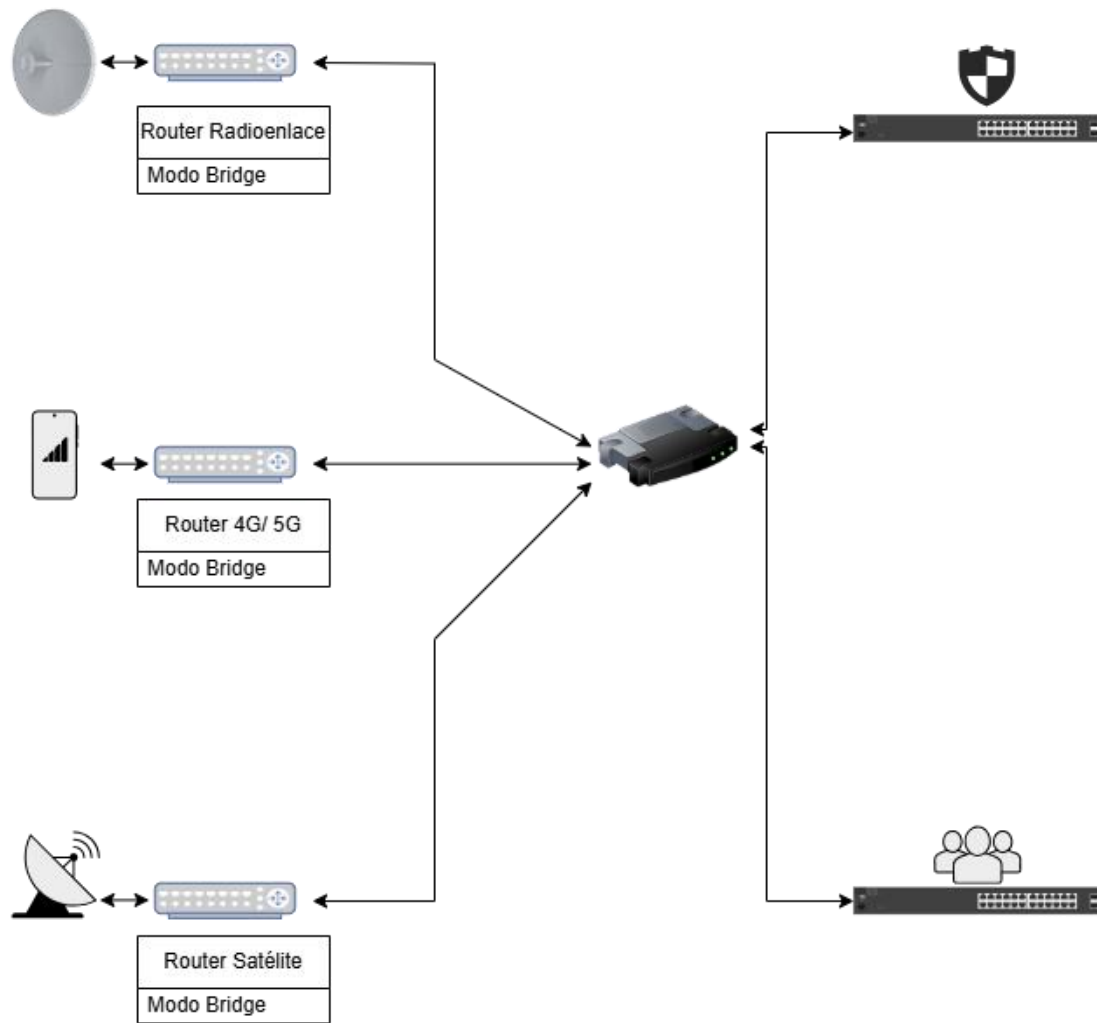


Figura 8-1 Esquema equipos conexión redundante

Fuente: elaboración propia.

### 8.2.1 1ª Vía, Radioenlace 5Ghz

La primera vía de comunicación diseñada para esta instalación crítica consiste en un radioenlace inalámbrico en banda de 5 GHz, que actúa como medio principal para la transmisión de la información del sistema de seguridad hacia el centro de control. A diferencia de una arquitectura punto a punto, se adopta un modelo punto a multipunto (PtMP), lo que permite que la estación base situada en el Relojero pueda dar servicio simultáneamente a varios depósitos o infraestructuras relacionadas. Este enfoque es similar al empleado por operadores de tecnología Wimax, si bien en este caso se trata de una red privada exclusiva para las instalaciones de Aguas de Murcia.

El diseño de esta vía de comunicación requiere la definición de una serie de requisitos mínimos que garanticen su correcto funcionamiento. Entre estos

requisitos destacan la alta disponibilidad, la estabilidad en condiciones meteorológicas adversas —especialmente relevante en enlaces inalámbricos—, una capacidad suficiente para evitar degradaciones del servicio y una baja latencia, necesaria para la transmisión inmediata de eventos. Asimismo, se deben considerar aspectos de seguridad, asegurando que la señal no pueda ser interceptada ni manipulada por agentes externos.

La red diseñada se compone de dos elementos principales:

- Una estación base de tipo sectorial, que actúa como punto de acceso principal de la red inalámbrica. Esta se ubica en una localización estratégica que permite proporcionar cobertura a un amplio conjunto de emplazamientos dentro del municipio de Murcia. En este caso, se selecciona el pico del Relojero, cuya elección se justifica por su elevada altitud, la disponibilidad de línea de visión directa hacia múltiples ubicaciones, la existencia de suministro eléctrico permanente y la disponibilidad de infraestructuras ya autorizadas para su uso por parte de Aguas de Murcia.
- Un equipo CPE (Customer Premises Equipment) direccional, instalado en el depósito de agua potable y conectado directamente al router de comunicaciones encargado de gestionar el sistema de failover.

Para el diseño del enlace se han considerado los siguientes factores técnicos:

- Verificación de la primera zona de Fresnel libre de obstáculos significativos. La zona de Fresnel representa el volumen de propagación de la señal entre ambos extremos del radioenlace, siendo necesario que al menos el 60 % de la primera zona permanezca despejada para garantizar la estabilidad en enlaces de 5 GHz.
- Instalación de un mástil con altura suficiente para evitar interferencias producidas por obstáculos cercanos, como vegetación o elementos estructurales. En el caso de la estación base, no resulta necesario, ya que se emplean mástiles existentes en la ubicación seleccionada.

- Uso de canales DFS en el rango de frecuencias 5,4–5,8 GHz, en función de la disponibilidad espectral. [37]
- Configuración del ancho de canal en 20 o 40 MHz, en función del nivel de interferencias detectado en el entorno.

Este radioenlace no realiza funciones de enrutamiento ni toma decisiones lógicas, actuando como un medio de transporte transparente hacia el router Mikrotik de la instalación crítica. Es en este dispositivo donde se gestionan las rutas recursivas y los mecanismos de conmutación automática entre las distintas vías de comunicación.

## **Selección de tecnología y equipos**

Para este tipo de despliegue, en el que se persigue robustez, baja latencia y alta fiabilidad, se propone el uso de tecnología del fabricante Cambium Networks, ampliamente utilizada en entornos profesionales de redes inalámbricas y en operadores WISP.

En la estación base, la arquitectura requiere la instalación de dos elementos principales por sector: el equipo de radio (transmisor) y la antena. Para la parte de radio se selecciona el modelo Cambium ePMP 3000, acoplado a una antena sectorial Cambium ePMP 3000 Sector Antenna de 90°/120° con una ganancia de 17–18 dBi. [37]

La elección de estos equipos se justifica por las siguientes características:

- Arquitectura punto-multipunto con tecnologías MU-MIMO y beamforming.
- Gestión centralizada mediante la plataforma cnMaestro.
- Cifrado AES integrado a nivel de radio.
- Alta estabilidad en entornos con interferencias.
- Capacidad para dar servicio a múltiples emplazamientos desde una única estación base.

Tal y como se ha indicado anteriormente, estos sistemas funcionan mediante una arquitectura sectorial. Para el caso de estudio, sería suficiente con la instalación de un único sector, ya que únicamente se requiere cubrir el enlace hacia la instalación crítica considerada. No obstante, el diseño permite la ampliación futura mediante la incorporación de sectores adicionales, posibilitando la conexión de otras infraestructuras que dispongan de visibilidad directa con la estación base.

En entornos profesionales, los operadores WISP suelen diseñar coberturas de 360°, lo que implica la instalación de varios sectores —habitualmente cuatro—, cada uno cubriendo aproximadamente 90°.

En cuanto al equipo instalado en la infraestructura crítica, se requiere un dispositivo capaz de soportar enlaces de larga distancia. Para ello, se selecciona una antena direccional tipo parabólica del mismo fabricante, concretamente el modelo Cambium ePMP Force 300-25, con una ganancia de 25 dBi. [38]

Este equipo opera en modo Subscriber Module (SM), que es el modo adecuado para arquitecturas punto-multipunto en las que el dispositivo actúa como receptor del sistema. El modo Access Point (AP), también disponible en el equipo, se reserva para configuraciones en las que el dispositivo actúa como emisor, lo cual no aplica en este caso.

De este modo, cada elemento del sistema asume un rol claramente definido dentro de la arquitectura:

El punto de acceso (AP), ubicado en la estación base del Relojero, se encarga de:

- La asignación de tiempos de transmisión.
- La gestión de la calidad de servicio (QoS).
- La selección de la modulación.
- El control de potencia.
- La sincronización del sistema.

- La gestión del espectro radioeléctrico.

Por su parte, el módulo suscriptor (SM), instalado en la infraestructura crítica, se encarga de:

- Recibir la señal procedente del AP.
- Transmitir datos hacia la estación base.
- Mantener los parámetros de modulación definidos por el AP.

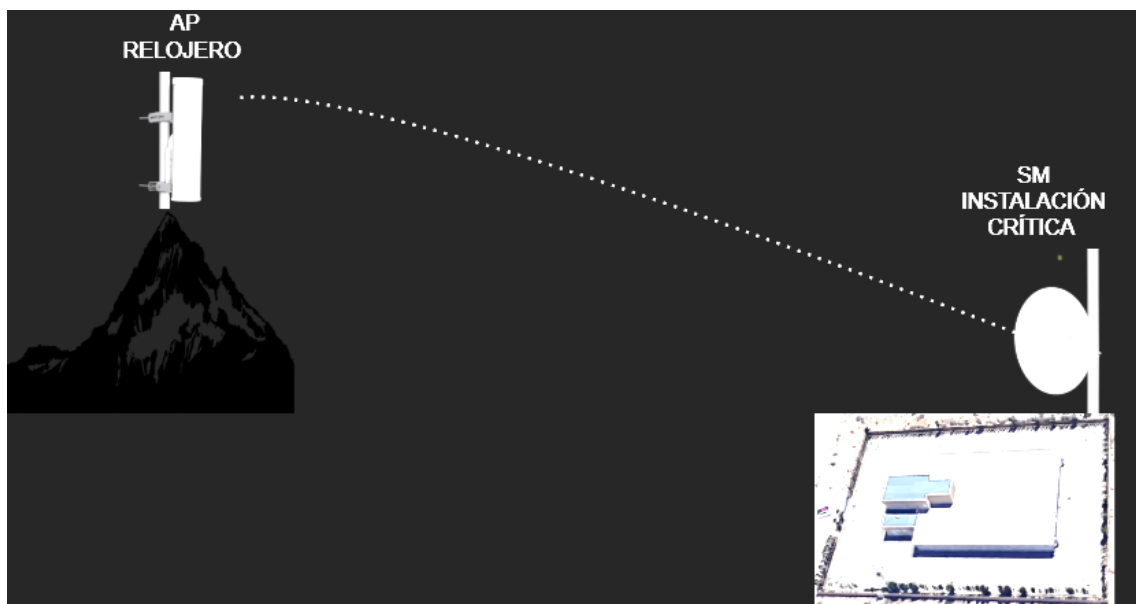


Figura 8-2 Conexión radioenlace

Fuente: elaboración propia

El CPE instalado en la infraestructura crítica opera en modo Subscriber Module (SM), que constituye el modo de funcionamiento específico para redes punto–multipunto. En esta arquitectura, el punto de acceso (AP) ubicado en el Relojero actúa como nodo central, encargado de gestionar el acceso al medio, la modulación, la calidad de servicio (QoS) y la sincronización del enlace. Por su parte, el SM se encarga de la recepción y transmisión de datos de forma eficiente y estable.

De este modo, el radioenlace se comporta como un “cable Ethernet virtual” entre ambos extremos, proporcionando baja latencia y alta disponibilidad. Esta configuración permite que el router Mikrotik instalado en la infraestructura crítica gestione de forma adecuada las rutas recursivas y los mecanismos de

conmutación automática (failover) hacia las vías de comunicación 4G/5G y satelital.

Tabla 8-1 Parámetros radioenlace

| Parámetro               | Estación Base         | Cliente               |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Fabricante              | Cambium Networks      | Cambium Networks      |
| Modelo                  | ePMP 3000             | Force 300-25          |
| Tipo de enlace          | Punto-Multipunto (AP) | CPE                   |
| Banda de operación      | 5 GHz                 | 5 GHz                 |
| Frecuencia utilizada    | 5470 MHz              | 5470 MHz              |
| Ganancia de antena      | 17 dBi                | 25 dBi                |
| Potencia de transmisión | 27 dBm                | 25 dBm                |
| Altura de instalación   | 15 m                  | 4 m                   |
| Polarización            | Vertical (simulación) | Vertical (simulación) |

## SEGURIDAD DEL RADIOENLACE

Dado que se trata de una infraestructura catalogada como crítica, la seguridad del radioenlace debe abordarse considerando dos niveles diferenciados: la capa radio y la capa IP.

En lo que respecta a la seguridad en capa radio, se implementan una serie de mecanismos orientados a garantizar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de las comunicaciones. En primer lugar, se dispone de cifrado AES-128/256 nativo del sistema Cambium ePMP, lo que permite proteger la información transmitida frente a posibles interceptaciones.

Asimismo, se emplea un sistema de autenticación basado en clave segura, junto con el registro explícito del CPE en la estación base, evitando la conexión de dispositivos no autorizados. Por otro lado, se realiza un ajuste de potencia conforme a la normativa vigente (TPC, Transmit Power Control), con el



objetivo de minimizar la exposición innecesaria de la señal y reducir posibles interferencias.

Adicionalmente, se seleccionan canales DFS dentro del rango de frecuencias disponible, lo que contribuye a disminuir el riesgo de interferencias y a mitigar posibles intentos de ataque mediante inhibición de señal (jamming básico). Finalmente, se lleva a cabo una monitorización continua de parámetros como el nivel de señal, el ruido y posibles patrones anómalos, permitiendo la detección temprana de incidencias o comportamientos sospechosos.

En lo que respecta a la seguridad en capa IP, el diseño de la arquitectura de comunicaciones se orienta a garantizar la protección del tráfico frente a accesos no autorizados, así como la confidencialidad e integridad de la información transmitida entre la infraestructura crítica y el centro de control.

En primer lugar, el tráfico generado por el sistema de seguridad se segmenta mediante el uso de una VLAN dedicada, lo que permite aislarlo del resto de posibles servicios y reducir la superficie de ataque. Esta segmentación constituye una primera medida de protección, evitando interferencias y accesos indebidos desde otros sistemas conectados a la red.

Adicionalmente, el router principal del centro de control al cual nos conectamos por VPN y nos da acceso a internet, implementa políticas de filtrado estrictas mediante reglas de firewall, limitando las comunicaciones únicamente a los servicios y direcciones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema. De este modo, se bloquea cualquier intento de acceso no autorizado desde redes externas o internas no controladas.

Para garantizar la seguridad de la información en tránsito, todo el tráfico se encapsula mediante un túnel VPN seguro hacia el centro de control. Este mecanismo permite que los datos viajen cifrados a través de redes públicas, evitando su interceptación o manipulación por terceros. Aunque pueden emplearse distintos protocolos, como IPsec, en este proyecto se ha optado por soluciones modernas como WireGuard, que ofrecen un alto nivel de seguridad con un menor impacto en el rendimiento. [39]

Por otro lado, la arquitectura del radioenlace se ha diseñado de forma que la estación base ubicada en el Relojero no disponga de capacidades de enrutamiento ni acceso a Internet, actuando únicamente como un medio de transporte en capa física. Esta configuración reduce significativamente la exposición del sistema, evitando que dicho nodo pueda ser utilizado como punto de entrada a la red.

En conjunto, estas medidas permiten establecer una arquitectura de comunicaciones segura, en la que el tráfico se encuentra segmentado, filtrado y cifrado, garantizando así la protección frente a amenazas en el ámbito de red y reforzando la resiliencia global del sistema.

En lo que respecta a la seguridad física del radioenlace, se adoptan una serie de medidas orientadas a garantizar la integridad de los equipos y su correcto funcionamiento frente a condiciones ambientales adversas y posibles manipulaciones externas.

En primer lugar, los elementos estructurales, como los mástiles de soporte, deben cumplir con las certificaciones correspondientes en cuanto a resistencia mecánica, especialmente frente a cargas de viento. Este aspecto resulta fundamental en instalaciones ubicadas en altura o en entornos expuestos, como es el caso del emplazamiento seleccionado.

Asimismo, se incorporan sistemas de protección frente a sobretensiones, junto con una adecuada puesta a tierra de toda la instalación. Estas medidas permiten proteger los equipos frente a descargas eléctricas, fenómenos atmosféricos y perturbaciones en la red eléctrica, reduciendo el riesgo de daños en los dispositivos de comunicaciones.

Por otro lado, los equipos se alojan en armarios técnicos debidamente protegidos, con sistemas de cierre que impiden el acceso no autorizado. Además, en aquellos elementos expuestos a condiciones ambientales adversas, se aplican soluciones de protección anticorrosiva, garantizando la durabilidad de la instalación a largo plazo.

En conjunto, estas medidas permiten asegurar la protección física del sistema de radioenlace, complementando los mecanismos de seguridad en capa

radio y capa IP, y contribuyendo a la fiabilidad global de la infraestructura de comunicaciones.

## Simulación

Con el objetivo de verificar la viabilidad del radioenlace diseñado entre la estación base ubicada en el emplazamiento del Relojero y la instalación crítica seleccionada, se ha realizado una simulación utilizando el software Radio Mobile. Esta herramienta permite analizar el comportamiento del enlace teniendo en cuenta la orografía del terreno, las características radioeléctricas de los equipos seleccionados y el modelo de propagación correspondiente.

Para la simulación se han utilizado las coordenadas reales de ambos emplazamientos, configurando una estación base situada en el Relojero y un terminal cliente ubicado en el depósito de agua. Como parámetros de simulación se ha considerado una frecuencia de trabajo de 5470 MHz, correspondiente a la banda de 5 GHz, utilizando las características radioeléctricas de los equipos seleccionados para el proyecto, una estación base Cambium ePMP 3000 equipada con antena sectorial de 17 dBi y un terminal Cambium Force 300-25 con antena direccional de 25 dBi. [37] [38]

La Ilustración 4 muestra la ubicación geográfica de ambos emplazamientos sobre el modelo digital del terreno empleado por Radio Mobile. Puede observarse que la estación base se encuentra en una posición dominante respecto a la instalación crítica, circunstancia que favorece la propagación radioeléctrica y permite disponer de visión directa entre ambos puntos.

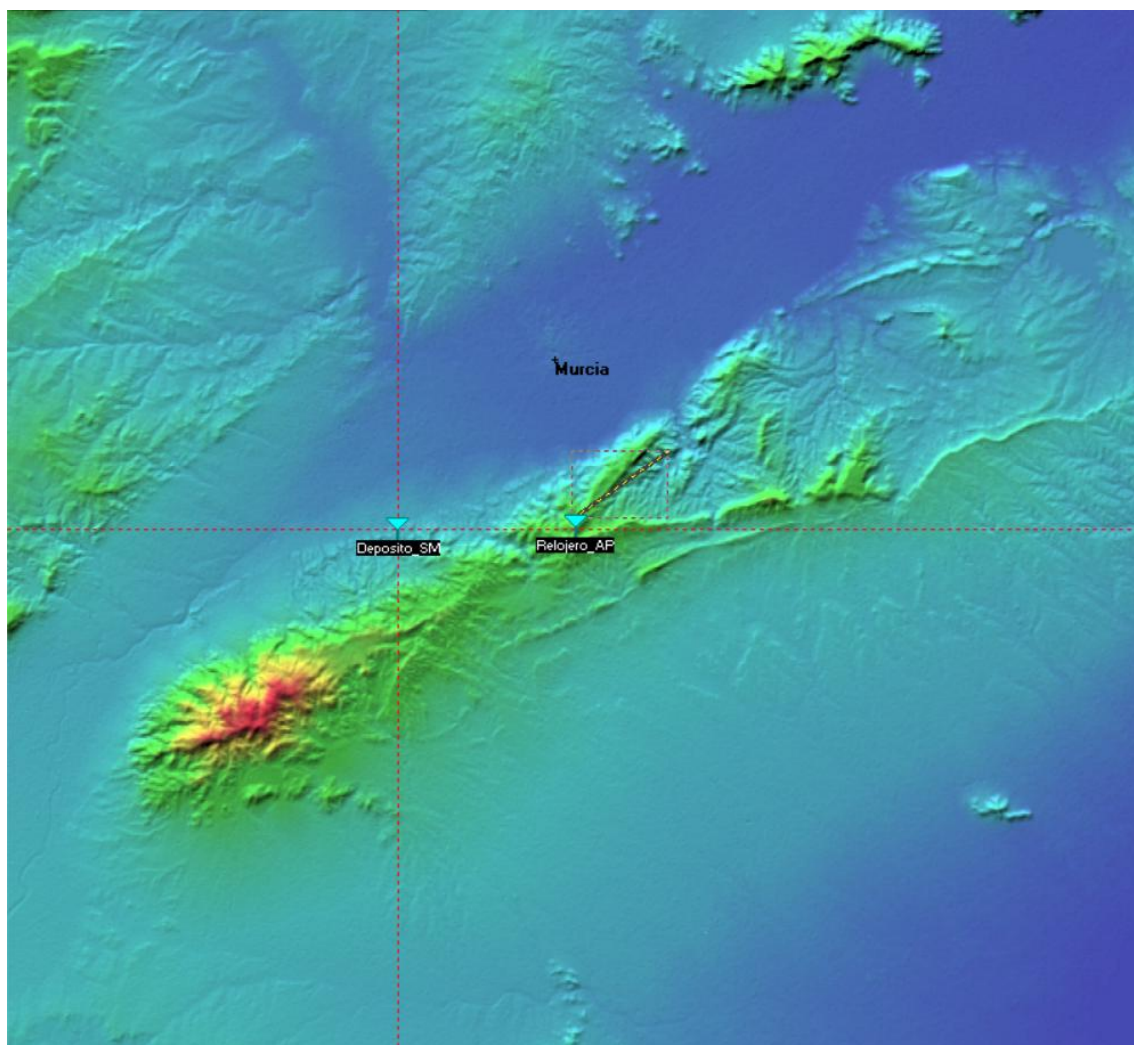


Ilustración 4 Posición antenas en Radio Mobile

Una vez configurados los parámetros del enlace, Radio Mobile genera el perfil topográfico entre ambos emplazamientos, permitiendo analizar la existencia de línea de visión (LOS), el despeje de la primera zona de Fresnel y el nivel de señal esperado en recepción.

Los resultados obtenidos se muestran en la ilustración 5, donde puede comprobarse que el perfil del terreno mantiene visión directa durante todo el recorrido del enlace, sin obstáculos significativos que comprometan la propagación de la señal. Asimismo, la simulación indica un peor despeje de Fresnel de 1,2 F1, lo que confirma que la primera zona de Fresnel permanece despejada y que no existen fenómenos relevantes de difracción que puedan degradar el enlace.

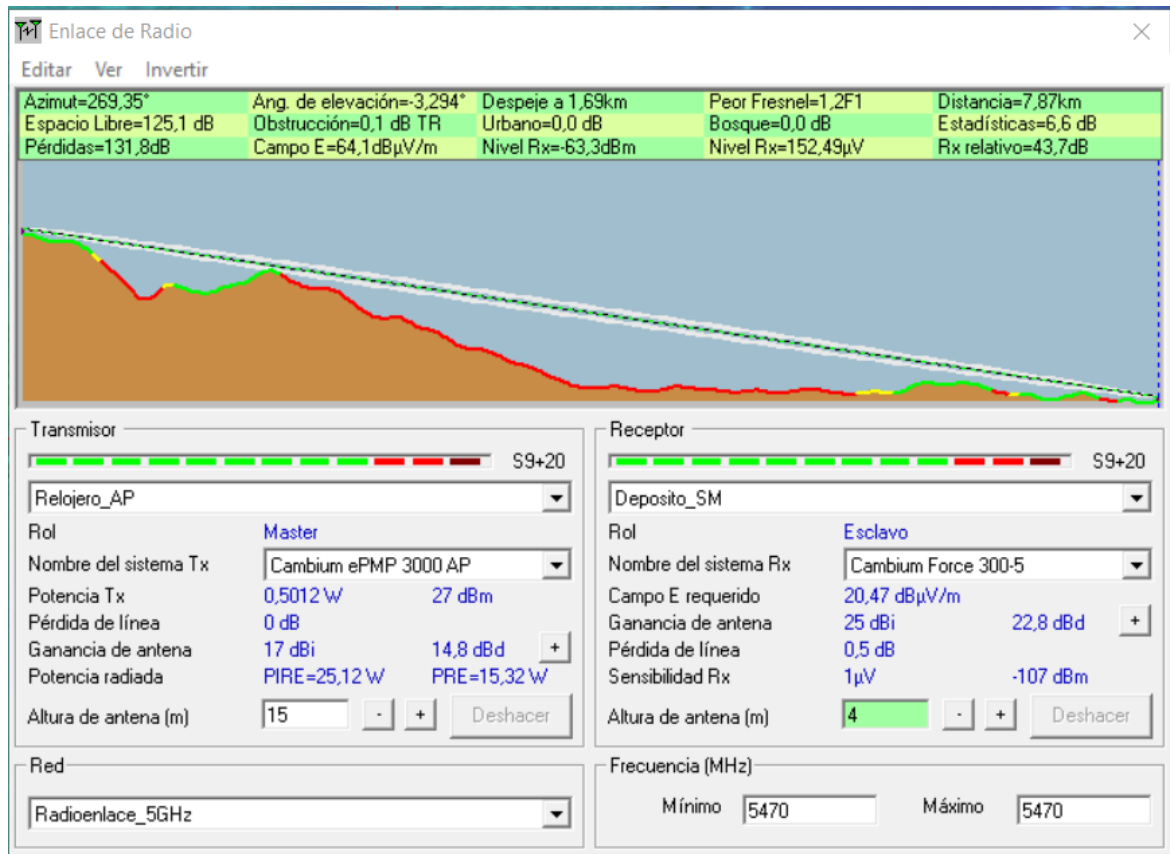


Ilustración 5 Simulación enlace en Radio Mobile

Los principales resultados obtenidos durante la simulación se resumen en la Tabla:

Tabla 8-2 Parámetros simulación radioenlace

| Parámetro                             | Valor obtenido |
|---------------------------------------|----------------|
| Distancia del enlace                  | 7.87 Km        |
| Frecuencia de trabajo                 | 5470MHz        |
| Pérdidas en espacio libre             | 125.1 dB       |
| Pérdidas totales del enlace           | 131.8 dB       |
| Potencia recibida (RSSI)              | -63.3 dBm      |
| Despeje de la primera zona de Fresnel | 1.2 F1         |
| Atenuación por obstrucciones          | 0.1 dB         |
| Margen relativo del enlace            | 43.7 dB        |

Nota sobre la potencia radiada. Debe tenerse en cuenta que la simulación realizada con Radio Mobile tiene como finalidad verificar la viabilidad radioeléctrica del enlace (línea de visión, despeje de la primera zona de Fresnel y nivel de señal esperado). La potencia configurada en la simulación se emplea con fines de análisis y no representa necesariamente la configuración definitiva de explotación, la cual deberá ajustarse para cumplir los límites de PIRE establecidos por la normativa aplicable.

Los resultados obtenidos permiten concluir que el enlace presenta unas condiciones de funcionamiento favorables. El nivel de señal recibido, estimado en  $-63,3$  dBm, indica una recepción adecuada para un enlace inalámbrico en banda de 5 GHz. Además, Radio Mobile obtiene un margen relativo de  $43,7$  dB respecto al umbral configurado en la simulación, lo que proporciona una reserva suficiente frente a pérdidas adicionales provocadas por pequeñas variaciones de propagación, ligeras desalineaciones o condiciones ambientales adversas.

Por otra parte, el reducido nivel de obstrucción obtenido, de solo  $0,1$  dB, confirma que el relieve existente entre ambos emplazamientos no introduce pérdidas significativas. Del mismo modo, el valor de Fresnel obtenido garantiza que la primera zona permanece despejada, condición fundamental para asegurar la estabilidad de un radioenlace de estas características.

Debe señalarse que la simulación realizada en Radio Mobile tiene como finalidad principal verificar la viabilidad radioeléctrica del enlace, especialmente en lo relativo a la línea de visión, el despeje de Fresnel y el nivel de señal esperado. En una implantación real, la potencia de transmisión final deberá ajustarse mediante los mecanismos de control de potencia del equipo para cumplir los límites de PIRE establecidos por la normativa aplicable a la banda de trabajo.

En conclusión, la simulación realizada mediante Radio Mobile confirma la existencia de línea de visión entre ambos emplazamientos y el despeje adecuado de la primera zona de Fresnel. Estos resultados permiten considerar viable la geometría propuesta para el radioenlace. No obstante, la potencia de

transmisión deberá ajustarse a los límites aplicables durante la implantación real, por lo que el nivel definitivo de señal recibida y el margen del enlace deberán recalcularse con la configuración final de explotación.

### 8.2.2 2º Vía, Comunicación 4G/5G

La segunda vía de comunicación se establece mediante las redes móviles 4G/5G y actuará como respaldo cuando el radioenlace principal se encuentre indisponible. En caso de pérdida de conectividad en la primera vía, el router MikroTik redirigirá automáticamente el tráfico de los sistemas de seguridad hacia esta conexión, manteniendo la comunicación con el centro de control.

La utilización de una red móvil proporciona una infraestructura de comunicación independiente del radioenlace, reduciendo la probabilidad de que una misma avería afecte simultáneamente a ambas vías. Para implementar esta conexión resulta necesario utilizar un router 5G de tipo industrial, capaz de proporcionar un funcionamiento estable, supervisión remota y mecanismos automáticos de conmutación entre operadores.

Atendiendo a estos requisitos, se selecciona el router Teltonika RUTX50, un equipo industrial diseñado para entornos en los que se requiere una elevada disponibilidad y continuidad del servicio.

Este dispositivo incorpora doble ranura SIM con conmutación automática, lo que permite utilizar tarjetas de distintos operadores de telecomunicaciones. De este modo, la vía móvil dispone a su vez de redundancia interna: si se produce una pérdida de cobertura, caída del servicio o saturación del operador principal, el equipo conmuta automáticamente a la segunda tarjeta SIM mediante su mecanismo de failover. [40]

Debe diferenciarse esta conmutación interna de la realizada por el router MikroTik. El MikroTik será el encargado de seleccionar entre las tres vías generales de comunicación, radioenlace, red móvil y conexión satelital, mientras que el Teltonika gestionará exclusivamente la selección entre los dos operadores disponibles dentro de la segunda vía.



El equipo es compatible con tecnologías 3G, 4G y 5G, así como con un amplio rango de bandas de frecuencia. En el caso de estudio se seleccionan dos operadores con elevada presencia en el municipio de Murcia, concretamente Vodafone y Movistar. Estos operadores utilizan para 4G las bandas B3 —1800 MHz—, B7 —2600 MHz— y B20 —800 MHz—, y para 5G las bandas n28 —700 MHz— y n78 —3500 MHz—, todas ellas compatibles con el equipo seleccionado.

En la ilustración siguiente se muestra la distribución de antenas por operador en el municipio de Murcia, obtenida a partir de la información disponible en la plataforma Antenas Móviles. Tal como puede observarse, Vodafone y Movistar presentan una elevada densidad de estaciones base en la zona de estudio, lo que contribuye a mejorar la disponibilidad y estabilidad de la conexión móvil. [41]

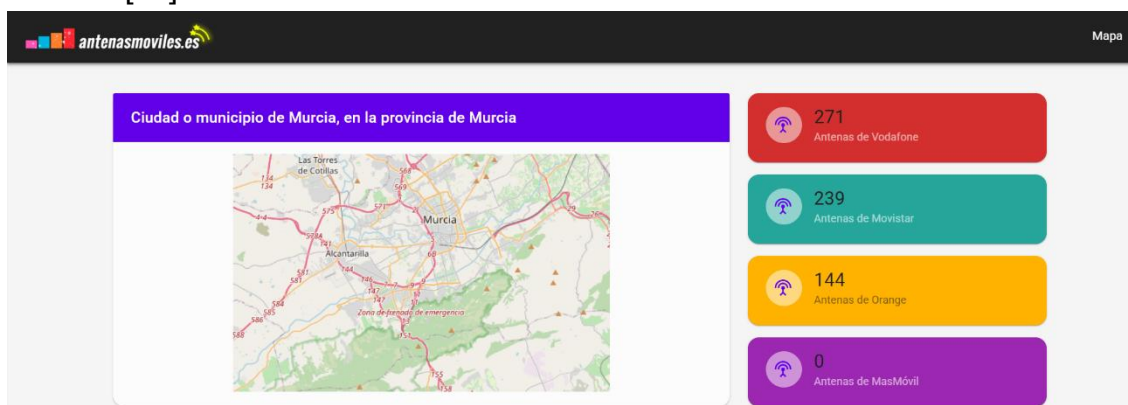


Ilustración 6 Cantidad de antenas por compañía en Murcia Web: antenasmoviles.es[41]

A través de esta plataforma, que se nutre de la base de datos de la Secretaría de Estado para la Sociedad de la Información y la Agenda Digital, es posible identificar las estaciones base más cercanas a la instalación objeto de estudio, así como aquellas que proporcionarán cobertura al sistema diseñado.



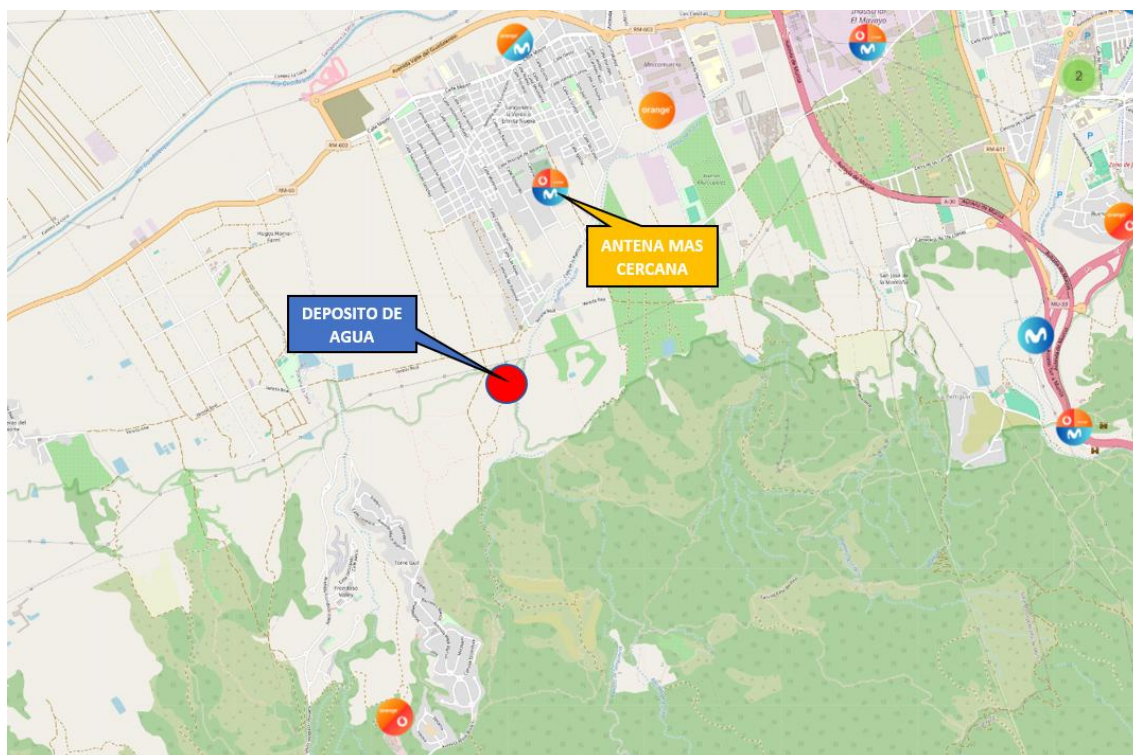


Ilustración 7 Antenas más cercanas a la instalación Web: antenasmoviles.es[41]

A continuación, se analiza la estación base más cercana a la instalación, mostrando en la siguiente figura las bandas de frecuencia en las que opera dicha antena.

| VODAFONE ESPAÑA, S.A.U.                       |                                      |       | TELEFONICA MOVILES ESPAÑA,...      |                                      |       |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------------|-------|
| CL CAMINO DEL CEMENTERIO, S/N. MURCIA, MURCIA |                                      |       | VP Cementerio, S/N. MURCIA, MURCIA |                                      |       |
| Código antena: 072727, 72727                  |                                      |       | Código antena: 3000189             |                                      |       |
| Coordenadas: 37.923908, -1.205022             |                                      |       | Coordenadas: 37.923908, -1.205022  |                                      |       |
| Altitud aproximada: 98m                       |                                      |       | Altitud aproximada: 98m            |                                      |       |
| STREET VIEW MAPA RADIACIÓN                    |                                      |       | STREET VIEW MAPA RADIACIÓN         |                                      |       |
| Fecha                                         | Frecuencia (MHz)                     | Uso   | Fecha                              | Frecuencia (MHz)                     | Uso   |
| 2007                                          | 1905.00 - 1910.00; 2140.00 - 2155.00 | 3G    | 2010                               | 1910.00 - 1915.00; 2155.00 - 2170.00 | 3G    |
| 2018 +2                                       | 949.90 - 959.90                      | 2G 3G | 2015                               | 852.00 - 862.00                      | 4G    |
| 2015                                          | 1825.10 - 1845.10                    | 4G    | 2018                               | 1805.10 - 1825.10                    | 4G    |
| 2018                                          | 842.00 - 852.00                      | 4G    | 2021                               | 2155.00 - 2170.00                    | 5G    |
| 2022                                          | 3710.00 - 3800.00                    | 5G    | 2021                               | 2620.00 - 2640.00                    | 4G    |
| 2022                                          | 768.00 - 778.00                      | 4G 5G | 2023                               | 778.00 - 788.00                      | 4G 5G |
|                                               |                                      |       | 2023                               | 3460.00 - 3600.00                    | 5G    |

Ilustración 9 Parámetros antena Vodafone[41]

Ilustración 7 Parámetros antena Movistar [41]

A partir del análisis realizado, se seleccionarán dos tarjetas SIM pertenecientes a operadores diferentes: una tarjeta de Movistar y otra de Vodafone. La elección de estos operadores se justifica porque las estaciones base más próximas a la instalación identificadas mediante la plataforma Antenas Móviles pertenecen precisamente a ambas compañías. Esta proximidad permite prever unas condiciones favorables de cobertura y, al mismo tiempo, proporciona diversidad de operador dentro de la propia vía móvil.

Asimismo, las bandas de frecuencia utilizadas por las estaciones analizadas se encuentran dentro de los rangos admitidos por el router Teltonika RUTX50. El equipo soporta comunicaciones móviles en los intervalos de 617 a 960 MHz, de 1.710 a 2.690 MHz y de 3.300 a 6.000 MHz, que incluyen las frecuencias 4G y 5G observadas en las estaciones de Vodafone y Movistar. Por tanto, queda comprobada la compatibilidad radioeléctrica entre el router seleccionado y las redes móviles disponibles en el entorno de la instalación.

La tarjeta de Movistar se configurará inicialmente como SIM principal y la de Vodafone como SIM secundaria, aunque esta prioridad podrá modificarse durante la puesta en servicio en función de los niveles reales de señal, estabilidad y rendimiento obtenidos en cada red. Ante la pérdida de cobertura o conectividad del operador principal, el Teltonika RUTX50 realizará automáticamente la conmutación hacia la segunda tarjeta.

### 8.2.3 3º Vía, Starlink

Con el objetivo de garantizar la continuidad del sistema de seguridad incluso en situaciones extremas en las que puedan fallar las infraestructuras terrestres, se incorpora una tercera vía de comunicación basada en conectividad satelital. Esta solución actúa como último nivel de redundancia, permitiendo mantener la comunicación con el centro de control incluso ante caídas simultáneas del radioenlace principal y de la red móvil 4G/5G.

Para esta función se selecciona el sistema Starlink, desarrollado por la empresa SpaceX. Este sistema se basa en una constelación de miles de satélites en órbita baja (LEO, Low Earth Orbit), situados aproximadamente entre 500 y 550 km de altitud. A diferencia de los sistemas satelitales tradicionales basados

en satélites geoestacionarios, cuya latencia puede superar los 600 ms, las constelaciones LEO permiten latencias significativamente inferiores, generalmente entre 20 y 40 ms, lo que hace viable su uso en aplicaciones de supervisión y control en tiempo real. [35]

El sistema Starlink se compone de los siguientes elementos principales:

- Antena satelital motorizada con seguimiento automático de satélites.
- Router proporcionado por el fabricante.
- Fuente de alimentación y cableado de interconexión.

La antena, comúnmente conocida como Dishy, se instala en el exterior de la infraestructura crítica en una ubicación con visibilidad despejada del cielo, requisito imprescindible para mantener la comunicación continua con la constelación de satélites. El terminal selecciona automáticamente el satélite óptimo en cada momento, gestionando de forma transparente los traspasos entre satélites (handover).

En el diseño propuesto, el router proporcionado por Starlink se conecta mediante interfaz Ethernet al router principal ubicado en la instalación crítica, encargado de gestionar las rutas recursivas responsables del mecanismo de failover entre las distintas vías de comunicación. De este modo, el enlace satelital permanece en estado de reserva y únicamente entra en funcionamiento cuando se detecta la pérdida de conectividad en la vía principal (radioenlace) y en la vía secundaria (4G/5G).

En cuanto a prestaciones, Starlink ofrece velocidades que pueden superar los 100 Mbps de descarga y 20 Mbps de subida, valores muy superiores a los requerimientos del sistema de seguridad diseñado. El objetivo de esta vía no es maximizar el ancho de banda, sino garantizar que, incluso en escenarios de desastre o sabotaje de infraestructuras terrestres, el sistema continúe transmitiendo alarmas, eventos y vídeo en tiempo real al centro de control.

Un ejemplo reciente que pone de manifiesto la robustez de esta tecnología se produjo durante el apagón eléctrico masivo ocurrido en España el 28 de abril de 2025. Durante este evento, gran parte de las redes de telecomunicaciones

terrestres quedaron fuera de servicio debido a la pérdida de alimentación eléctrica en cabeceras de fibra óptica, estaciones base móviles y nodos de red. Sin embargo, los sistemas basados en Starlink mantuvieron la conectividad, gracias a la capacidad de la red para reorganizar dinámicamente el tráfico y redirigirlo hacia estaciones terrestres situadas en otros países europeos, como Londres o Milán.

Este comportamiento es posible debido a que los satélites de Starlink están interconectados mediante enlaces láser intersatelitales, formando una red mallada en el espacio que permite enrutar el tráfico hasta encontrar una estación terrestre operativa. De este modo, el sistema no depende exclusivamente de la infraestructura local, lo que incrementa significativamente su resiliencia frente a fallos regionales de energía o comunicaciones.

Finalmente, el uso de tecnología basada en satélites en órbita baja introduce un alto grado de diversidad tecnológica y geográfica respecto a las otras vías de comunicación. Mientras que el radioenlace y la red móvil dependen de infraestructuras terrestres locales, la conectividad satelital permite mantener la comunicación de forma independiente, reforzando significativamente la resiliencia global del sistema.

### **8.3 Router con rutas recursivas y configuración de respaldo.**

Una vez definidas las tres vías de comunicación de la instalación, resulta necesario disponer de un equipo central capaz de gestionarlas y seleccionar automáticamente la conexión que debe utilizarse en cada momento. Este router deberá supervisar permanentemente la disponibilidad de las distintas vías, detectar posibles pérdidas de conectividad y realizar la conmutación hacia una ruta alternativa sin necesidad de intervención manual. [36]

La arquitectura propuesta establece el siguiente orden de prioridad:

Radioenlace → Conexión móvil 4G/5G → Conexión satelital Starlink

El radioenlace constituye la ruta principal de la instalación. Cuando el router detecte que esta vía ha dejado de proporcionar conectividad, el tráfico será redirigido automáticamente hacia la conexión móvil 4G/5G. Si esta segunda vía tampoco se encuentra disponible, se activará la conexión satelital Starlink como último mecanismo de respaldo.

Para implementar esta funcionalidad se utilizará un sistema de rutas recursivas. Este método permite verificar no solo que la interfaz física o la puerta de enlace se encuentran activas, sino también que existe conectividad real hacia un destino externo. Para ello, cada vía tendrá asociado un destino público de comprobación, que será supervisado periódicamente mediante mensajes de tipo ping. Cuando dicho destino deje de ser alcanzable a través de su conexión correspondiente, la ruta se considerará inactiva y el router utilizará la siguiente disponible. La documentación de RouterOS contempla este mecanismo mediante rutas recursivas, valores de prioridad y la función check-gateway. [36]

La prioridad de las rutas se establecerá mediante el parámetro administrativo Distance, asignando un valor menor a las conexiones preferentes:

*Tabla 8-3 Prioridad de rutas en router MikroTik*

| Vía de comunicación | Función                          | Distance |
|---------------------|----------------------------------|----------|
| Radioenlace         | Conexión principal               | 1        |
| Red móvil 4G/5G     | Primera vía de respaldo          | 2        |
| Starlink            | Segunda y última vía de respaldo | 3        |

Mientras el radioenlace se encuentre disponible, su ruta con Distance 1 será la utilizada. Si esta queda inactiva, el equipo seleccionará la ruta con Distance 2; si ambas fallan, se empleará la conexión Starlink con Distance 3. Cuando se recupere una ruta con una distancia inferior, el sistema volverá automáticamente a utilizarla, recuperando el orden de prioridad establecido.

## Selección del router principal

Para realizar la gestión de las tres conexiones se selecciona el router MikroTik RB5009UPr+S+IN, un equipo diseñado para aplicaciones que requieren elevada capacidad de procesamiento, múltiples interfaces y flexibilidad de configuración.

El dispositivo incorpora siete puertos Gigabit Ethernet, un puerto Ethernet de 2,5 Gbit/s y una interfaz SFP+ de 10 Gbit/s. Esta disponibilidad de interfaces permite conectar de manera independiente el radioenlace, el router móvil Teltonika, el equipo Starlink y la red local de los sistemas de seguridad, manteniendo capacidad para futuras ampliaciones.

El equipo dispone de arquitectura ARM de 64 bits, procesador de cuatro núcleos y sistema operativo RouterOS v7, que proporciona las funciones necesarias para implementar rutas estáticas y recursivas, reglas de cortafuegos, NAT, VLAN, VPN, supervisión de interfaces y políticas de enrutamiento. Estas prestaciones permiten centralizar en un único dispositivo la gestión de la conectividad y las medidas principales de protección de la red.

Además, el MikroTik dispone de alimentación entre 24 y 57 V mediante entrada de corriente continua, terminal de dos pines o PoE, así como capacidad PoE de salida en sus interfaces Ethernet. La existencia de varias posibilidades de alimentación permite integrarlo adecuadamente en el sistema de respaldo energético diseñado para la instalación y reducir la dependencia de una única entrada de alimentación.

Las principales características que justifican su selección se resumen a continuación:

*Tabla 8-4 Características router MikroTik RB5009UPr+S+IN*

| Característica           | Aplicación en el proyecto                                     |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------|
| RouterOS v7              | Configuración de rutas recursivas y failover                  |
| Ocho interfaces Ethernet | Conexión independiente de las tres vías y de la red local     |
| Puerto SFP+ de 10 Gbit/s | Posibilidad de conexión mediante fibra o futuras ampliaciones |



| Característica                   | Aplicación en el proyecto                             |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Procesador ARM de cuatro núcleos | Capacidad para gestionar enrutamiento, firewall y VPN |
| PoE de entrada y salida          | Flexibilidad de alimentación de equipos               |
| Varias entradas de alimentación  | Mejora de la continuidad operativa                    |
| VLAN, NAT, firewall y VPN        | Segmentación y protección del tráfico de seguridad    |

La lógica general de funcionamiento queda representada en la siguiente figura:

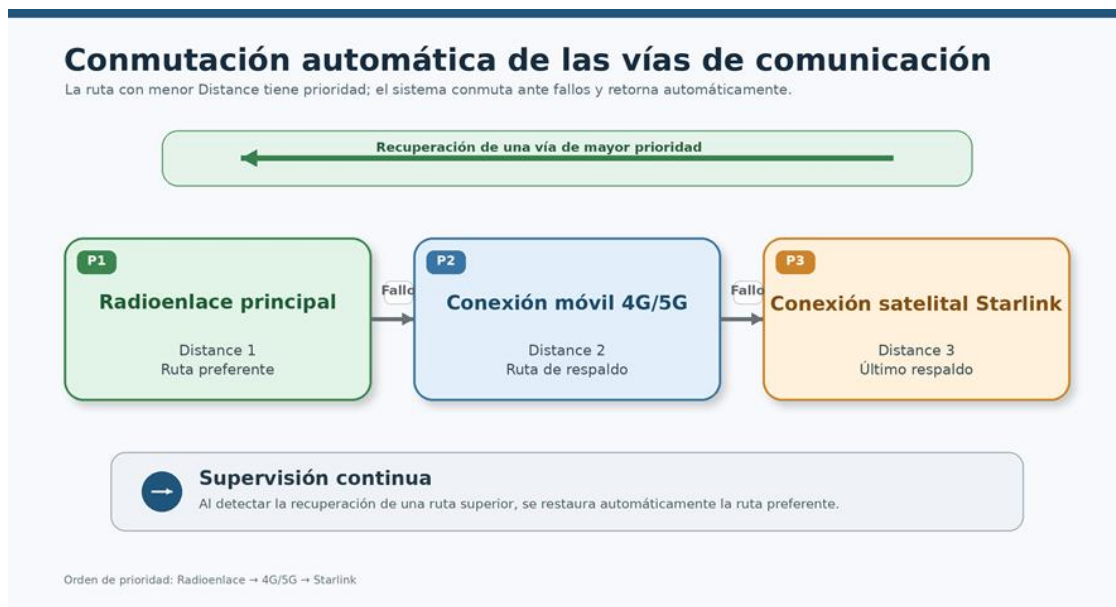


Figura 8-3 Conmutación automática entre las vías de comunicación. Fuente: IA

La configuración detallada del mecanismo de failover se recoge en el Anexo 13.4.2. Configuración failover MikroTik RB5009UPr+S+IN. En dicho anexo se incluye un procedimiento práctico realizado sobre un equipo MikroTik disponible en un entorno real de trabajo. Las capturas corresponden a una configuración formada por dos conexiones WAN, mientras que la tercera vía propuesta en este proyecto se incorpora repitiendo el mismo procedimiento sobre una interfaz adicional y asignándole una distancia administrativa de 3.

De este modo, el MikroTik actuará como punto central de la infraestructura de comunicaciones, manteniendo la supervisión de las tres vías y garantizando que el tráfico de los sistemas de seguridad sea transmitido mediante la conexión disponible de mayor prioridad. La conmutación y el retorno automáticos permiten

reducir los tiempos de interrupción y mantener la comunicación con el centro de control o la Central Receptora de Alarmas ante el fallo de una o varias tecnologías de acceso.

#### 8.4 Integración con sistemas de seguridad

La integración de los sistemas de seguridad con la infraestructura de comunicaciones diseñada se realiza mediante una arquitectura de red orientada a garantizar la segmentación del tráfico y la protección frente a accesos no autorizados, asegurando en todo momento la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información transmitida entre la instalación crítica y el CPD del centro de control.

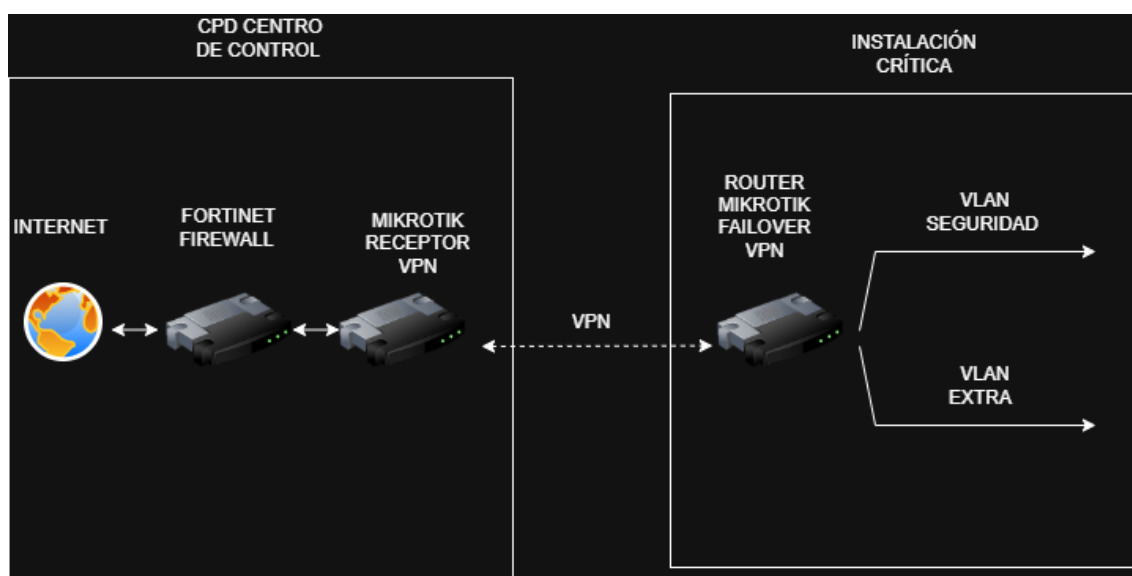


Figura 8-4 Esquema arquitectura de red. Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, el router principal instalado en la infraestructura crítica, basado en tecnología Mikrotik, implementa un sistema de segmentación de red mediante VLAN. Concretamente, se configura una VLAN dedicada exclusivamente al sistema de seguridad, en la que se integran los dispositivos encargados de la protección de la instalación, tales como cámaras de videovigilancia IP, sensores de intrusión y sistemas de control de accesos.

El uso de una VLAN específica permite aislar completamente el tráfico generado por los sistemas de seguridad del resto de servicios que puedan conectarse al router, proporcionando una capa adicional de protección frente a



accesos indebidos o interferencias entre servicios. Asimismo, esta arquitectura aporta flexibilidad operativa, permitiendo la incorporación de nuevos sistemas sin comprometer la seguridad existente. Por ejemplo, en un escenario de emergencia como un apagón eléctrico generalizado que afecte a los sistemas hidráulicos, sería posible habilitar conectividad temporal para dichos sistemas mediante una VLAN independiente, manteniendo en todo momento el aislamiento respecto al sistema de seguridad. Esta segmentación reduce la superficie de ataque y evita que posibles vulnerabilidades externas comprometan la infraestructura crítica.

Una vez segmentado el tráfico en la red local, el router Mikrotik establece un túnel VPN seguro hacia el CPD del centro de control, donde se ubican los sistemas de monitorización y supervisión. Este túnel se configura entre el router de la instalación crítica y un segundo router Mikrotik situado en el CPD, permitiendo que todo el tráfico viaje cifrado a través de redes públicas.

El protocolo seleccionado para la implementación de la VPN es WireGuard, una tecnología moderna caracterizada por su simplicidad, alto rendimiento y robustez criptográfica. Este protocolo utiliza algoritmos como ChaCha20 para el cifrado, Poly1305 para la autenticación de mensajes, Curve25519 para el intercambio de claves y BLAKE2s para funciones de hash, proporcionando un elevado nivel de seguridad. Además, su implementación es más ligera que la de soluciones tradicionales como IPsec u OpenVPN, lo que se traduce en menor latencia, mayor rendimiento y menor consumo de recursos. Asimismo, su modelo basado en claves públicas y privadas simplifica la gestión de identidades y reduce el riesgo de configuraciones incorrectas. [39]

Una característica especialmente relevante de esta arquitectura es que el túnel VPN se mantiene operativo independientemente de la vía de comunicación utilizada. Tal y como se ha descrito en apartados anteriores, la instalación dispone de tres vías de conectividad: radioenlace, red móvil 4G/5G y conectividad satelital. El router gestiona estas conexiones mediante rutas recursivas y mecanismos de conmutación automática (failover), de modo que, ante la caída de una vía, el sistema conmuta a la siguiente sin interrumpir la

comunicación. El túnel WireGuard se establece sobre la vía disponible en cada momento, garantizando la continuidad del servicio y la protección del tráfico.

En el CPD del centro de control, el tráfico procedente de la instalación crítica es procesado por un firewall Fortinet, concretamente un dispositivo de la familia FortiGate, equipado con licencia FortiGuard Unified Threat Protection (UTP) o equivalente. Este sistema integra múltiples mecanismos avanzados de ciberseguridad, entre los que destacan el firewall de nueva generación (NGFW), el sistema de prevención de intrusiones (IPS), el filtrado de aplicaciones y el control de acceso basado en políticas. Estas capacidades permiten analizar el tráfico entrante, detectar comportamientos anómalos y aplicar medidas de protección frente a accesos no autorizados. [42]

El uso combinado de segmentación mediante VLAN, túneles VPN cifrados mediante WireGuard y filtrado avanzado mediante firewall Fortinet da lugar a una arquitectura de comunicaciones robusta desde el punto de vista de la ciberseguridad. Este enfoque permite reducir la superficie de ataque, proteger la información transmitida y garantizar que únicamente los dispositivos autorizados puedan interactuar con los sistemas de monitorización del CPD.

En consecuencia, se logra una integración segura entre los sistemas de seguridad física y la infraestructura de comunicaciones, asegurando los principios fundamentales de confidencialidad, integridad y disponibilidad en el diseño de sistemas de protección para infraestructuras críticas.

## 9 REDUNDANCIA ELÉCTRICA Y AUTONOMÍA ENERGÉTICA

### 9.1 Requisitos de autonomía eléctrica del sistema

La continuidad del suministro eléctrico resulta imprescindible para garantizar el funcionamiento de los sistemas de seguridad y comunicaciones de la instalación. Una interrupción prolongada de la red podría dejar inoperativos los dispositivos de detección, videovigilancia y transmisión de alarmas, anulando la capacidad de supervisión y respuesta ante un incidente.

Por este motivo, se proyecta un sistema de alimentación redundante formado por la red eléctrica, un generador fotovoltaico y un banco de baterías. Esta arquitectura deberá mantener operativos todos los equipos de seguridad y comunicaciones incluidos en el inventario de cargas desarrollado en el apartado siguiente, incluso cuando el suministro principal no se encuentre disponible.

Teniendo en cuenta el carácter crítico de la instalación, se establece como requisito de diseño una autonomía mínima de:

$$T_{\text{autonomía}} = 48 \text{ horas}$$

Este periodo deberá garantizarse considerando un escenario conservador de fallo de red y ausencia de producción fotovoltaica. Cuando exista generación solar durante la incidencia, esta contribuirá a alimentar las cargas y reducirá la descarga del banco de baterías, prolongando la autonomía efectiva del sistema.

El alcance del sistema de respaldo se limita a los equipos de seguridad electrónica y a la infraestructura de comunicaciones. No se contempla la alimentación de bombas hidráulicas, motores, sistemas de impulsión ni otros receptores asociados a la explotación del depósito, debido a que sus necesidades energéticas quedan fuera del alcance del presente proyecto.

En una futura implantación, la instalación deberá ajustarse al Reglamento electrotécnico para baja tensión y al régimen de autoconsumo que resulte aplicable [43] [44].

## 9.2 Consumo de los dispositivos utilizados

El dimensionado del sistema de alimentación de respaldo y de la instalación fotovoltaica requiere conocer previamente la demanda eléctrica de todos los equipos que deben permanecer operativos. Para ello, se ha elaborado un inventario de cargas dividido en dos grandes bloques: los dispositivos pertenecientes al sistema de seguridad electrónica y los equipos que forman parte de la infraestructura de comunicaciones.

Los valores de tensión, corriente y potencia utilizados se han obtenido de las fichas técnicas oficiales de los fabricantes, incorporadas en los anexos del presente trabajo. Siempre que la documentación técnica proporciona un consumo máximo, se adopta dicho valor como referencia, aplicando así un criterio conservador que permita dimensionar la instalación para la situación de mayor demanda prevista.

Cuando la ficha técnica no proporciona directamente la potencia eléctrica, esta se obtiene a partir de la tensión de alimentación y de la corriente consumida mediante la expresión:

$$P = V * I$$

Donde:

- $P$  es la potencia eléctrica, expresada en vatios.
- $V$  es la tensión de alimentación, expresada en voltios.
- $I$  es la corriente consumida, expresada en amperios.

Cuando existen varias unidades de un mismo dispositivo, la potencia total correspondiente a dicho modelo se calcula mediante:

$$P_{TOTAL} = P_{UNITARIA} * n$$

A partir de la potencia total, la energía diaria se obtiene mediante:

$$E_{DIARIA} = P_{TOTAL} * t$$

Donde:

- $E_{DIARIA}$  es la energía diaria, expresada en Wh/día
- $P_{TOTAL}$  es la potencia total de la carga, expresada en W.
- $t$  es el número de horas diarias de funcionamiento.

Dado que la mayoría de los sistemas de seguridad deben permanecer activos de manera ininterrumpida, se considera un tiempo de funcionamiento de:

$$t = 24\text{h/día}$$

Por tanto, para los equipos de funcionamiento permanente:

$$E_{DIARIA} = P_{TOTAL} * 24$$

En los casos en los que un dispositivo no requiere alimentación propia, como sucede con determinados contactos magnéticos pasivos, se considera una potencia nula. Su supervisión se realiza desde la central de intrusión y no debe añadirse nuevamente para evitar duplicidades.

#### 9.2.1 Consumo de los dispositivos de seguridad

La Tabla 9-1 recoge el consumo estimado de los equipos que forman el sistema de seguridad electrónica. Se incluyen la central de intrusión, los sensores perimetrales e interiores, el sistema de análisis de vídeo, las cámaras y el grabador.

La central PACOM 8002 presenta una corriente máxima de 230 mA a 12 Vcc, equivalente a una potencia máxima de 2,76 W. La fuente supervisada PACOM 8303 presenta un consumo propio típico de 60 mA a su tensión nominal de 15 Vcc, sin incluir la energía suministrada a los dispositivos conectados. [21] [45]

El analizador de vídeo DAVANTIS DFusion Mini tiene un consumo aproximado de 30 W a plena carga. Aunque su fuente externa está dimensionada para 65 W, dicho valor representa la capacidad de la fuente y no el consumo habitual del equipo.

Las barreras infrarrojas Takex PB-100HFA-KH presentan un consumo máximo de 70 mA por pareja de transmisor y receptor durante su funcionamiento normal. Los contactos magnéticos Aritech DC111 son dispositivos pasivos y, por tanto, no requieren una alimentación eléctrica propia.

Los detectores volumétricos Honeywell DT8016AF4 tienen un consumo máximo de 14 mA a 12 Vcc, mientras que los detectores sísmicos Honeywell SC100 presentan un consumo típico de 3 mA a 12 Vcc.

En el sistema exterior se incluyen tres sensores LiDAR Optex RLS-3060V. Cada uno puede consumir hasta 12 W sin utilizar la ventana calefactada opcional. También se consideran dos detectores Optex HX-80NAM, con un consumo máximo de 40 mA a 12 Vcc. No se instala ningún detector Optex FTN-AM, por lo que este equipo no contribuye a la demanda energética.

El sistema de videovigilancia está compuesto por seis cámaras Hikvision DS-2CD2647G2HT-LIZS. Para cada cámara se considera la potencia máxima de 18 W cuando se alimenta mediante PoE+, incluyendo el funcionamiento de la iluminación suplementaria incorporada.

El grabador Hikvision DS-7608NXI-K2/8P presenta un consumo propio máximo de 15 W sin discos duros y con la alimentación PoE desactivada. A este consumo se añade una estimación de 6 W correspondiente a un disco duro de videovigilancia de 4 TB. La potencia de las cámaras se contabiliza de manera independiente, por lo que no se suma nuevamente el presupuesto PoE del grabador.

Tabla 9-1 Consumo sistema de seguridad

| Subsistema                            | Dispositivo                          | Modelo                        | Cantidad  | Alimentación       | Consumo unitario adoptado | Potencia total (W) | Funcionamiento  | Energía diaria (Wh/día) |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-----------|--------------------|---------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------|
| Intrusión                             | Central de intrusión                 | PACOM 8002                    | 1         | 12-15 Vcc          | 2,76 W                    | 2,76               | 24 h/día        | 66,24                   |
| Intrusión                             | Fuente supervisada                   | PACOM 8303                    | 1         | 90-264 Vca         | 0,90 W                    | 0,90               | 24 h/día        | 21,60                   |
| Análisis de vídeo                     | Analizador inteligente               | DAVANTIS DFusion Mini[24]     | 1         | 12-19 Vcc          | 30,00 W                   | 30,00              | 24 h/día        | 720,00                  |
| Intrusión perimetral                  | Barrera infrarroja (Tx + Rx)         | Takex PB-100HFA-KH            | 4 parejas | 12-30 Vcc          | 0,84 W                    | 3,36               | 24 h/día        | 80,64                   |
| Intrusión                             | Contacto magnético                   | Aritech DC111                 | 2         | Pasivo             | 0 W                       | 0,00               | 24 h/día        | 0,00                    |
| Intrusión interior                    | Detector PIR + microondas            | Honeywell DT8016AF4           | 3         | 9-15 Vcc           | 0,168 W                   | 0,504              | 24 h/día        | 12,10                   |
| Intrusión interior                    | Detector sísmico                     | Honeywell SC100               | 3         | 8-16 Vcc           | 0,036 W                   | 0,108              | 24 h/día        | 2,59                    |
| Intrusión exterior                    | Sensor LiDAR                         | Optex RLS-3060V               | 3         | 19,2-30 Vcc / PoE+ | 12,00 W                   | 36,00              | 24 h/día        | 864,00                  |
| Intrusión exterior                    | Detector volumétrico con antimasking | Optex HX-80NAM                | 2         | 9,5-18 Vcc         | 0,48 W                    | 0,96               | 24 h/día        | 23,04                   |
| Intrusión exterior                    | Detector volumétrico compacto        | Optex FTN-AM                  | 0         | 9,5-18 Vcc         | 0,24 W                    | 0,00               | 24 h/día        | 0,00                    |
| Videovigilancia                       | Cámara IP exterior                   | Hikvision DS-2CD2647G2HT-LIZS | 6         | PoE+               | 18,00 W                   | 108,00             | 24 h/día        | 2.592,00                |
| Videovigilancia                       | Grabador NVR                         | Hikvision DS-7608NXI-K2/8P    | 1         | 48 Vcc             | 15,00 W                   | 15,00              | 24 h/día        | 360,00                  |
| Videovigilancia                       | Disco duro para NVR                  | 4 TB                          | 1         | Interna al NVR     | 6,00 W (estimado)         | 6,00               | 24 h/día        | 144,00                  |
| <b>TOTAL DEL SISTEMA DE SEGURIDAD</b> |                                      |                               |           |                    |                           | <b>203,59</b>      | <b>24 h/día</b> | <b>4.886,21</b>         |

### 9.2.2 Consumo el sistema de comunicaciones

El segundo bloque de cargas corresponde a los equipos que forman la infraestructura de comunicaciones redundante desarrollada en el capítulo 8. Estos dispositivos deben permanecer operativos de manera continua, ya que son los responsables de transmitir las alarmas, imágenes y datos entre la instalación y el centro de control.

Para el router principal MikroTik RB5009UPr+S+IN se adopta una potencia de 20 W. La documentación del fabricante indica una potencia máxima total de 150 W, de los cuales hasta 130 W pueden suministrarse a dispositivos externos mediante las salidas PoE. Por este motivo, se considera una potencia propia estimada de 20 W, evitando contabilizar nuevamente las cargas alimentadas desde sus puertos. [46]

El radioenlace principal Cambium Force 300-25 presenta un consumo de 12 W en condiciones normales de funcionamiento. Aunque el fabricante contempla un consumo de hasta 15 W en condiciones de frío extremo, se adopta el valor de 12 W por resultar más representativo de las condiciones climáticas del emplazamiento.

Para la vía móvil se emplea el router Teltonika RUTX50, cuya ficha técnica establece un consumo máximo de 18 W. Al tratarse del valor máximo declarado por el fabricante, se utiliza directamente para el dimensionado energético.

La tercera vía de comunicación está formada por el sistema Starlink Estándar. El fabricante establece un consumo medio comprendido entre 75 y 100 W. Para mantener el criterio conservador utilizado en el resto del inventario, se adopta una potencia de 100 W. En este cálculo se considera que el equipo permanece encendido permanentemente, permitiendo que la conmutación hacia la vía satelital pueda realizarse sin necesidad de esperar al arranque del sistema.

Finalmente, la distribución de la red local se realiza mediante dos switches Tenda TEG1016D, con un consumo máximo de 12 W por unidad, lo que supone una potencia conjunta de 24 W. [47]

Los consumos obtenidos se resumen en la Tabla 9-2.



Tabla 9-2 Consumo de los dispositivos del sistema de comunicaciones

| Subsistema                                 | Dispositivo                             | Modelo                  | Cantidad | Alimentación          | Consumo unitario adoptado | Potencia total (W) | Funcionamiento  | Energía diaria (Wh/día) |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|----------|-----------------------|---------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------|
| Comunicaciones                             | Router principal y gestión del failover | MikroTik RB5009UPr+S+IN | 1        | 24–57 Vcc / PoE       | 20 W estimados            | 20                 | 24 h/día        | 480                     |
| Comunicaciones                             | Radioenlace principal                   | Cambium Force 300-25    | 1        | PoE pasivo, 14–30 Vcc | 12 W                      | 12                 | 24 h/día        | 288                     |
| Comunicaciones                             | Router móvil 4G/5G Dual SIM             | Teltonika RUTX50        | 1        | 9–50 Vcc / PoE pasivo | 18 W                      | 18                 | 24 h/día        | 432                     |
| Comunicaciones                             | Sistema satelital                       | Starlink Estándar       | 1        | 100–240 Vca           | 100 W                     | 100                | 24 h/día        | 2.400                   |
| Comunicaciones                             | Switch Gigabit de 16 puertos            | Tenda TEG1016D          | 2        | 100–240 Vca           | 12 W                      | 24                 | 24 h/día        | 576                     |
| <b>TOTAL DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES</b> |                                         |                         |          |                       |                           | <b>174</b>         | <b>24 h/día</b> | <b>4.176</b>            |

### 9.2.3 Consumo total de las cargas

Una vez obtenidos los consumos de los sistemas de seguridad y comunicaciones, la demanda energética diaria inicial de la instalación se obtiene mediante la suma de ambos bloques:

$$E_{cargas} = E_{Seguridad} + E_{Comunicaciones}$$

$$E_{cargas} = 4,886 + 4,176 = 9,062 \text{ kWh/día}$$

Por tanto, la potencia permanente conjunta de los dispositivos analizados es de:

$$P_{cargas} = 203,59 + 174 = 377,59W$$

Este resultado constituye la demanda energética base que se utilizará en los apartados posteriores para dimensionar el campo fotovoltaico, el banco de baterías y los componentes auxiliares. El valor deberá completarse, en caso necesario, con las cargas auxiliares que finalmente se incorporen, como la iluminación mínima de seguridad o la ventilación de los armarios técnicos.

### 9.3 Instalación fotovoltaica

#### 9.3.1 Emplazamiento, orientación e inclinación de los módulos

La instalación fotovoltaica se ubicará sobre la cubierta plana del depósito de agua potable, situado en las coordenadas geográficas 37,913015° N y 1,209194° O. La cubierta presenta una superficie amplia y, a partir del análisis de la imagen aérea, no se observan obstáculos próximos de altura significativa que puedan generar sombras permanentes sobre los módulos.

Al tratarse de una cubierta plana, la orientación e inclinación de los paneles no quedan condicionadas por la pendiente de un tejado existente. Los módulos se instalarán sobre estructuras fijas orientadas hacia el sur geográfico, correspondiente a un azimut de 0° en PVGIS. Esta orientación permite maximizar la captación solar en el hemisferio norte. [49]

En una instalación convencional, la inclinación suele seleccionarse buscando maximizar la producción anual. Sin embargo, en el presente proyecto se pretende garantizar la alimentación continua de sistemas de seguridad y comunicaciones, por lo que resulta especialmente importante mejorar generación durante los meses de invierno, cuando la radiación solar disponible es menor.

Por este motivo, se analizaron tres posibles inclinaciones de los módulos:

- 28°, correspondiente al criterio aproximado de latitud menos 10°.
- 35°, valor próximo al óptimo anual para el emplazamiento.
- 40°, inclinación ligeramente superior, orientada a mejorar la producción invernal.

Los cálculos se realizaron mediante la herramienta PVGIS 5.3, utilizando la base de datos PVGIS-SARAH3, el horizonte calculado por la propia aplicación y el periodo de datos comprendido entre 2005 y 2023. La práctica proporcionada por la asignatura establece que el dimensionado debe realizarse a partir de la irradiación del mes más desfavorable y de las horas solares pico correspondientes. [49]

### Obtención de las horas solares pico

PVGIS proporciona la irradiación mensual media sobre el plano inclinado, expresada en kWh/m<sup>2</sup>/mes. Para convertir este valor en horas solares pico diarias se emplea:

$$HSP_{diaria} = \frac{H_{mensual}}{N_{días\ del\ mes}}$$

Donde:

- $HSP_{diaria}$  representa las horas solares pico medias diarias.
- $H_{mensual}$  es la irradiación mensual sobre el plano inclinado.
- $N_{días\ del\ mes}$  es el número de días del mes considerado.

Tabla 9-3 Relación inclinación con irradiación

| Inclinación | Irradiación de diciembre       | HSP de diciembre | Observación                                   |
|-------------|--------------------------------|------------------|-----------------------------------------------|
| 28°         | 124.13 kWh/m <sup>2</sup> /mes | 4 h/día          | Mayor producción en verano, menor en invierno |
| 35°         | 133.30 kWh/m <sup>2</sup> /mes | 4,30 h/día       | Solución equilibrada                          |
| 40°         | 138.81 kWh/m <sup>2</sup> /mes | 4,48 h/día       | Mejor comportamiento en el mes crítico        |

En los tres casos, diciembre resulta ser el mes con menor número de horas solares pico. No obstante, se observa que el incremento de la inclinación mejora la irradiación disponible durante dicho periodo.

La inclinación de 40° proporciona aproximadamente un 12 % más de HSP en diciembre que la inclinación de 28°:

$$\frac{4,48 - 4}{4} * 100 \approx 12\%$$

Aunque la inclinación de 28° permite una producción ligeramente superior durante los meses estivales, este incremento no resulta determinante para el presente proyecto, ya que el dimensionado está condicionado por la disponibilidad energética durante el invierno.

Por tanto, se adopta como configuración definitiva:

- Orientación: Sur geográfico
- Azimut PVGIS: 0°
- Inclinación: 40°
- $HSP_{crítica} = 4,48 \text{ h /día}$

La elección de 40° responde a un criterio de continuidad de servicio y no únicamente de máxima producción anual. Esta configuración mejora el comportamiento del generador durante diciembre, que constituye el mes más desfavorable y, por tanto, el periodo que condicionará el dimensionado de la potencia fotovoltaica y del sistema de almacenamiento.



Ilustración 10 Ubicación de la planta solar en el depósito Fuente: Google Maps[23]. Edición propia

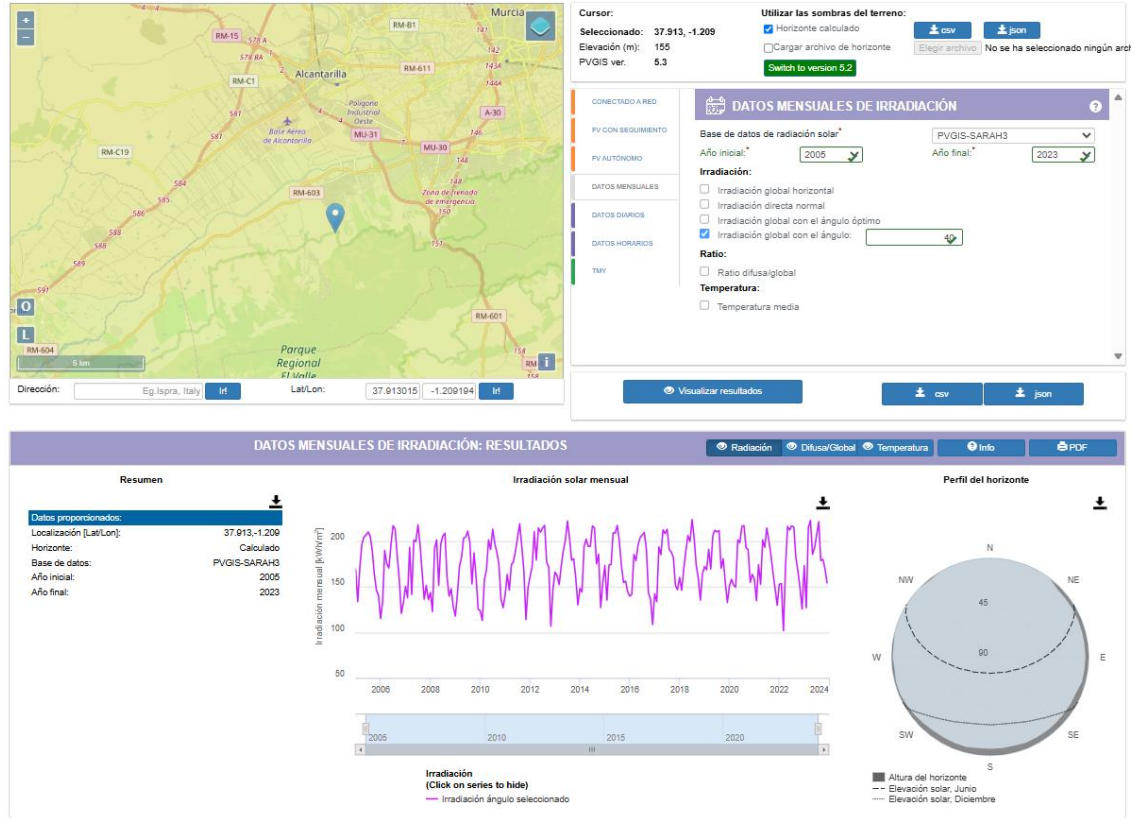


Ilustración 11 Simulación en PVGIS con una inclinación de 40°[49]

### 9.3.2 Dimensionamiento de la potencia del generador fotovoltaico

El consumo diario conjunto de los sistemas de seguridad y comunicaciones obtenido anteriormente es:

$$E_{base} = 9,062 \text{ kWh/día}$$

Sin embargo, no conviene dimensionar la instalación exactamente para la demanda actual, ya que podrían incorporarse en el futuro nuevas cámaras, sensores o equipos de comunicaciones. Por este motivo, se adopta un margen de ampliación del 25 %:

$$E_{diseño} = E_{base} * 1,25$$

$$E_{diseño} = 9,062 * 1,25 = 11,328 \text{ KWh/día}$$

Este margen se destina exclusivamente a posibles ampliaciones de la instalación. Las pérdidas eléctricas del sistema se consideran de forma independiente mediante el rendimiento global.

La potencia pico necesaria se obtiene a partir de la energía diaria, las horas solares pico del mes más desfavorable y el rendimiento global de la instalación:

$$P_{STC} = \frac{E_{diseño}}{HSP_{critica} * \eta}$$

Donde:

- $E_{diseño}$  es la energía diaria prevista, en kWh/día.
- $HSP_{critica}$  son las horas solares pico del mes más desfavorable.
- $\eta$  es el rendimiento global de la instalación.
- $P_{STC}$  es la potencia pico mínima del generador fotovoltaico.

De las comprobaciones realizadas mediante PVGIS se obtuvo para una inclinación de 40°:

$$HSP_{critica} = 4,48h/día$$

Se adopta un rendimiento global del:

$$\eta=0,85$$

Este rendimiento representa de forma aproximada las pérdidas producidas por temperatura, cableado, conversión eléctrica, inversor y demás elementos del sistema

Sustituyendo:

$$P_{STC} \frac{11,328}{4,48 * 0.85} = 2.97kWp$$

Por tanto, la potencia fotovoltaica mínima calculada es:

$$P_{STC} \approx 2,97kWp$$

La potencia fotovoltaica calculada anteriormente, de 2,97 kWp, representa la potencia mínima necesaria para cubrir el consumo diario previsto durante el mes más desfavorable. Sin embargo, esta potencia no contempla la recuperación del sistema de almacenamiento después de un fallo prolongado del suministro eléctrico. [48]

Dado que el objetivo del presente proyecto es garantizar la continuidad de funcionamiento de los sistemas de seguridad y comunicaciones, se incorpora un banco de baterías capaz de alimentar la instalación durante un periodo determinado sin apoyo de la red eléctrica ni del generador fotovoltaico.

Para el diseño se establece una autonomía de dos días. Esta elección permite mantener operativos los sistemas críticos durante interrupciones



prolongadas del suministro, proporcionando un equilibrio entre continuidad de servicio, capacidad de almacenamiento y viabilidad técnica.

La energía necesaria durante el periodo de autonomía se calcula mediante:

$$E_{autonomia} = E_{diseño} * N_{dias}$$

Donde:

- $E_{diseño}$  es el consumo diario de diseño.
- $N_{dias}$  es el número de días de autonomía.

Sustituyendo los valores obtenidos:

$$E_{autonomia} = 11,328 * 2$$

$$E_{autonomia} = 22,656 \text{ kWh}$$

Como criterio de diseño, se establece que la energía consumida durante los dos días de autonomía pueda recuperarse en dos días de generación solar, mientras el sistema fotovoltaico continúa alimentando las cargas habituales de la instalación.

Por tanto, la energía diaria destinada a recuperar el banco de baterías será:

$$E_{recarga} = \frac{E_{autonomía}}{N_{recuperación}}$$

$$E_{recarga} = \frac{22,656}{2} = 11.328 \text{ kWh/día}$$

La energía diaria que deberá generar la instalación fotovoltaica será la suma de la demanda de las cargas y la energía destinada a la recarga:

$$E_{FV,diseño} = E_{diseño} + E_{recarga}$$

$$E_{FV,diseño} = 11,328 + 11,328 = 22,656 \text{ kWh/día}$$

La potencia fotovoltaica definitiva se calcula mediante:

$$P_{FV} = \frac{E_{FV,diseño}}{HSP_{crítica} * \eta}$$

Sustituyendo las horas solares pico del mes más desfavorable y el rendimiento global de la instalación:

$$P_{FV} = \frac{22,656}{4,48 * 0.85}$$

$$P_{FV} = 5,95 \text{ kWp}$$

### Selección del módulo fotovoltaico

Para la constitución del generador fotovoltaico se selecciona el módulo monocristalino JA Solar JAM72S30-550/MR, con una potencia nominal de 550 Wp. La elección de este modelo se debe principalmente a su elevada potencia unitaria y a su eficiencia del 21,3 %, características que permiten alcanzar la potencia requerida utilizando un número reducido de módulos y aprovechar adecuadamente la superficie disponible sobre la cubierta del depósito.

El módulo presenta una tensión de máxima potencia de 41,96 V, una corriente de máxima potencia de 13,11 A y una tensión de circuito abierto de 49,90 V. Sus dimensiones son 2279×1134×35 mm y su peso es de 28,6 kg. Estos parámetros se utilizarán posteriormente para comprobar la compatibilidad eléctrica con el inversor seleccionado. [50]

Utilizando módulos JA Solar de 550 Wp, el número de paneles será:

$$N = \frac{5,95}{0,55} = 10.82$$

El resultado se redondea al entero superior:

$N = 11$  módulos

La potencia fotovoltaica finalmente instalada será:

$$P_{FV,instalada} = 11 * 550$$

$$P_{FV,instalada} = 6,05kWp$$

La instalación fotovoltaica estará formada, por tanto, por once módulos de 550 Wp, con una potencia total de 6,05 kWp. Esta potencia permite cubrir la demanda diaria de los sistemas de seguridad y comunicaciones y proporciona capacidad adicional para recuperar el estado de carga del banco de baterías después de una interrupción prolongada.

#### **9.4 Dimensionado de baterías y componentes auxiliares**

El sistema de almacenamiento constituye uno de los elementos fundamentales de la arquitectura de redundancia eléctrica propuesta. Su función será mantener operativos los sistemas de seguridad y comunicaciones cuando se produzca una interrupción del suministro procedente de la red eléctrica y la generación fotovoltaica disponible no resulte suficiente para alimentar las cargas.

A diferencia del generador fotovoltaico, cuya producción depende de la radiación solar disponible, el banco de baterías debe proporcionar energía de forma inmediata y continua durante los periodos nocturnos o durante situaciones de baja generación. Por este motivo, su dimensionado se realiza a partir de la demanda energética diaria de diseño y del tiempo de autonomía establecido para la instalación.

El sistema de almacenamiento estará destinado exclusivamente a los equipos de seguridad y comunicaciones considerados en el apartado de consumos. No se contempla la alimentación de bombas hidráulicas, motores, sistemas de impulsión u otros receptores asociados a la explotación del depósito,

ya que sus necesidades energéticas se encuentran fuera del alcance del presente proyecto.

Para esta aplicación se propone el empleo de baterías de tecnología litio-ferrofosfato, LiFePO 4, debido a su elevada estabilidad térmica, su capacidad para soportar un número elevado de ciclos de carga y descarga y la posibilidad de alcanzar profundidades de descarga superiores a las de otras tecnologías convencionales. Asimismo, este tipo de sistemas incorpora habitualmente un sistema electrónico de gestión, denominado BMS, encargado de supervisar la tensión, la temperatura, la corriente y el estado de carga de las celdas.

#### 9.4.1 Dimensionamiento del banco de baterías

En apartados anteriores se obtuvo una energía diaria de diseño de:

$$E_{diseño} = 11,328 \text{ kWh/día}$$

Este valor incluye un margen de ampliación del 25 % respecto al consumo actualmente previsto y representa la demanda energética que deberá poder cubrir el sistema de respaldo.

Como criterio de diseño se ha establecido una autonomía de dos días. Por tanto, la energía útil que deberá entregar el banco de baterías será:

$$E_{autonomia} = E_{diseño} * N_{dias}$$

Donde:

- $E_{autonomia}$  es la energía útil requerida durante el periodo de respaldo.
- $E_{diseño}$  es la demanda energética diaria de diseño.
- $N_{dias}$  es el número de días de autonomía establecido.

Sustituyendo los valores:

$$E_{autonomia} = 11,328 \cdot 2$$

$$E_{autonomia} = 22,656 \text{ kWh}$$

Esta energía representa la cantidad que debe ser suministrada a las cargas durante los dos días de autonomía. Sin embargo, la capacidad nominal del banco de baterías debe ser superior, puesto que no resulta recomendable descargar completamente las celdas y deben considerarse las pérdidas asociadas al proceso de conversión, así como la reducción progresiva de capacidad debida al envejecimiento.

Para realizar el dimensionado se adoptan los siguientes parámetros:

$$DoD = 0,90$$

$$\eta_{inv} = 0.95$$

$$f_{env} = 0,90$$

Donde:

- $DoD$  es la profundidad máxima de descarga admisible, establecida en un 90 %.
- $\eta_{inv}$  es el rendimiento considerado para la conversión realizada por el inversor, establecido en un 95 %.
- $f_{env}$  es el factor de capacidad considerado para compensar la degradación del almacenamiento durante su vida útil, establecido en un 90 %.

La capacidad nominal necesaria se calcula mediante:

$$C_{bat,nom} = \frac{E_{autonomia}}{DoD * \eta_{inv} * f_{env}}$$

Sustituyendo:

$$C_{bat,nom} = \frac{22.656}{0,90 * 0,95 * 0,90}$$

$$C_{bat,nom} = 29,45kWh$$

Por tanto, la capacidad nominal mínima requerida para el banco de baterías será:

$$C_{bat,nom} \approx 29,45kWh$$

Dado que los sistemas comerciales presentan capacidades normalizadas y suelen estar constituidos por módulos conectados entre sí, se adoptará una solución con una capacidad nominal igual o superior a:

$$C_{bat,instalada} \geq 30kWh$$

La capacidad exacta dependerá del modelo de batería seleccionado y del número de módulos necesarios para constituir el banco. La solución definitiva deberá garantizar que, una vez consideradas la profundidad máxima de descarga, las pérdidas de conversión y la degradación prevista, la energía disponible para las cargas sea igual o superior a los 22,656 kWh requeridos.

#### 9.4.2 Requisitos del sistema de almacenamiento

A partir del dimensionado realizado, el sistema de almacenamiento seleccionado deberá disponer de una capacidad nominal igual o superior a 30 kWh y emplear una arquitectura modular que permita adaptar la capacidad instalada a las necesidades del proyecto.

Además de la capacidad energética, la batería deberá cumplir una serie de requisitos técnicos que garanticen su integración con el resto de la instalación:

Tabla 9-4 Requisitos del sistema de almacenamiento

| Parámetro               | Requisito                               |
|-------------------------|-----------------------------------------|
| Tecnología              | Litio-ferrofosfato, LiFePO <sub>4</sub> |
| Capacidad nominal total | Igual o superior a 30 kWh               |
| Profundidad de descarga | Igual o superior al 90 %                |
| Sistema de gestión      | BMS integrado                           |
| Arquitectura            | Modular y ampliable                     |
| Comunicación            | CAN y/o RS485                           |

|                |                                                         |
|----------------|---------------------------------------------------------|
| Instalación    | Compatible con el emplazamiento previsto                |
| Compatibilidad | Inversor híbrido seleccionado                           |
| Supervisión    | Estado de carga, tensión, corriente y temperatura       |
| Protección     | Sobrecarga, sobredescarga, sobrecorriente y temperatura |

La arquitectura modular permitirá alcanzar la capacidad requerida mediante la asociación de varias unidades de almacenamiento. Asimismo, facilitará futuras ampliaciones y permitirá sustituir individualmente los módulos en caso de avería, sin necesidad de reemplazar todo el banco de baterías.

La selección definitiva se realizará comparando las características de diferentes sistemas comerciales y comprobando especialmente su capacidad nominal y útil, su potencia máxima de carga y descarga, su número de ciclos, sus comunicaciones y su compatibilidad con el inversor híbrido.

#### 9.4.3 Selección del sistema de almacenamiento

Una vez determinada la capacidad nominal mínima requerida para el banco de baterías, se procede a seleccionar una solución comercial que cumpla los requisitos energéticos, eléctricos y de integración establecidos para la instalación.

El sistema de almacenamiento seleccionado es la batería modular Pylontech US5000, diseñada para instalaciones de baja tensión con una tensión nominal de 48 V. Cada módulo dispone de una capacidad nominal de 4.800 Wh y una capacidad utilizable de 4.560 Wh, según los valores proporcionados por el fabricante. Esta capacidad utilizable equivale al 95 % de la capacidad nominal del módulo. [51]

La elección de este modelo se fundamenta en su arquitectura modular y ampliable, que permite incrementar la capacidad total mediante la asociación en paralelo de varias unidades sobre una arquitectura de 48 V. Esta característica facilita la adaptación del sistema a la capacidad calculada y permite realizar futuras ampliaciones sin sustituir el banco de baterías completo.

La batería incorpora un sistema de gestión propio, BMS, encargado de supervisar el funcionamiento de las celdas y proporcionar diferentes mecanismos de protección. Asimismo, dispone de puertos de comunicación RS485 y CAN, lo que permite intercambiar información con inversores compatibles y gestionar parámetros como el estado de carga, las condiciones de funcionamiento y los límites de carga y descarga.

Las principales características técnicas del modelo seleccionado se muestran en la siguiente tabla.

*Tabla 9-5 Características sistema de almacenamiento seleccionado*

| Parámetro                                 | Valor                       |
|-------------------------------------------|-----------------------------|
| Fabricante                                | Pylontech                   |
| Modelo                                    | US5000                      |
| Tensión nominal                           | 48 V CC                     |
| Capacidad nominal                         | 4.800 Wh                    |
| Capacidad utilizable                      | 4.560 Wh                    |
| Dimensiones                               | 442 × 420 × 161 mm          |
| Peso                                      | 39,7 kg                     |
| Corriente recomendada de carga y descarga | 80 A                        |
| Corriente máxima continua                 | 100 A                       |
| Corriente de pico 1                       | 101–120 A durante 15 min    |
| Corriente de pico 2                       | 121–200 A durante 15 s      |
| Puertos de comunicación                   | RS485 y CAN                 |
| Cantidad máxima indicada por string       | 16 unidades                 |
| Temperatura de carga                      | 0 a 50 °C                   |
| Temperatura de descarga                   | –10 a 50 °C                 |
| Temperatura de almacenamiento             | –20 a 60 °C                 |
| Refrigeración                             | Natural                     |
| Grado de protección                       | IP20                        |
| Humedad admisible                         | 5–95 % HR, sin condensación |
| Altitud máxima                            | Inferior a 4.000 m          |
| Vida de diseño                            | Más de 15 años a 25 °C      |
| Vida útil en ciclos                       | Más de 6.000 ciclos a 25 °C |



| Parámetro                  | Valor                           |
|----------------------------|---------------------------------|
| Corriente de cortocircuito | Inferior a 2.000 A durante 1 ms |

La ficha técnica establece que la corriente recomendada y la corriente máxima continua son aplicables cuando la temperatura de las celdas se encuentra entre 10 y 40 °C. Fuera de este intervalo puede producirse una reducción de la capacidad de carga o descarga del equipo.

### Determinación del número de módulos

La capacidad nominal mínima obtenida en el apartado anterior es:

$$C_{bat,necesaria} = 29,45kWh$$

Cada módulo Pylontech US5000 dispone de una capacidad nominal de:

$$C_{modulo} = 4,8kWh$$

El número de módulos necesarios se calcula mediante:

$$N_{bat} = \frac{C_{bat,necesaria}}{C_{modulo}}$$

Sustituyendo los valores:

$$N_{bat} = \frac{29,45}{4,8} = 6,14$$

Como el número de módulos debe ser entero, el resultado se redondea al valor inmediatamente superior:

$$N_{bat} = 7$$

La capacidad nominal total instalada será:

$$C_{bat,instalada} = N_{bat} * C_{modulo}$$

$$C_{bat,instalada} = 7 * 4,8$$

$$C_{bat,instalada}=33,6kWh$$

Por tanto, la capacidad nominal seleccionada supera la capacidad mínima calculada:

$$33,6 > 29,45 \text{ kWh}$$

La configuración elegida cumple, por tanto, el requisito de capacidad establecido para el sistema de almacenamiento.

### **Capacidad utilizable indicada por el fabricante**

Cada módulo presenta una capacidad utilizable de 4,56 kWh. Para el conjunto de siete unidades, la capacidad utilizable indicada por el fabricante será:

$$C_{utilizable,fabricante}=N_{bat} * C_{utilizable,módulo}$$

$$C_{utilizable,fabricante}=7 * 4,56$$

$$C_{utilizable,fabricante}=31,92$$

Aunque este valor representa el 95 % de la capacidad nominal instalada, para el dimensionado del presente proyecto se mantiene una profundidad de descarga conservadora del 90 %. Este criterio permite reducir el nivel de exigencia sobre las baterías y disponer de un margen adicional frente a posibles desviaciones de funcionamiento.

### **Comprobación conservadora de la energía disponible**

Para comprobar el cumplimiento de la autonomía prevista se aplican los mismos factores utilizados durante el dimensionado del banco de baterías:

$$DoD = 0,90$$

$$\eta_{inv} = 0.95$$

$$f_{env} = 0,90$$

El valor de DoD corresponde a la profundidad máxima de descarga adoptada en el proyecto. El rendimiento del inversor se establece provisionalmente en un 95 % y deberá comprobarse posteriormente con

el modelo finalmente seleccionado. El factor de envejecimiento considera que, al final del periodo de diseño, la batería podría conservar aproximadamente el 90 % de su capacidad inicial.

La energía disponible para alimentar las cargas se calcula mediante:

$$E_{disponible} = C_{bat, instalada} * DoD * \eta_{inv} * f_{env}$$

$$E_{disponible} = 33,6 * 0,90 * 0,95 * 0,90 = 25,86 kWh$$

La energía necesaria para garantizar los dos días de autonomía es:

$$E_{autonomía} = 22,656 kWh$$

Por tanto:

$$25,86 > 22,656 \text{ kWh}$$

El banco de baterías seleccionado permite cubrir la energía requerida durante el periodo de autonomía, incluso después de considerar la profundidad de descarga adoptada, las pérdidas de conversión y la degradación prevista.

El margen energético disponible será:

$$E_{margen} = E_{disponible} - E_{autonomía}$$

$$E_{margen} = 25,86 - 22,656$$

$$E_{margen} = 3,20 kWh$$

Este margen evita que el banco de baterías quede dimensionado exactamente en su límite teórico y proporciona una reserva frente a posibles incrementos del consumo o reducciones de la capacidad disponible.

### **Configuración e instalación del banco de baterías**

Los siete módulos Pylontech US5000 se asociarán en paralelo, manteniéndose la tensión nominal del banco en 48 V y sumándose la capacidad energética de cada unidad. La ficha técnica indica que el sistema puede ampliarse en paralelo y admite hasta 16 unidades por string, por lo que la

configuración seleccionada se encuentra dentro de los límites establecidos por el fabricante.

La configuración resultante será:

- Configuración de 7 módulos en paralelo.
- $V_{bat,nominal} = 48V$
- $C_{bat,instalada} = 33,6kWh$

Debido a que las baterías presentan un grado de protección IP20, deberán instalarse en el interior de la sala técnica, en un emplazamiento seco, protegido frente a la entrada de agua y en condiciones ambientales sin condensación.

Los módulos se alojarán en un armario rack adecuado, con espacio suficiente para facilitar la ventilación natural, el conexionado eléctrico y las operaciones de mantenimiento. La ubicación seleccionada deberá respetar los límites de temperatura de funcionamiento indicados por el fabricante.

El peso total de las siete baterías será:

$$M_{bat} = N_{bat} * M_{módulo}$$

$$M_{bat} = 7 * 39,7 = 277,9kg$$

Este valor no incluye el peso del armario rack, los cables de potencia, las protecciones eléctricas ni los elementos auxiliares. Por tanto, antes de ejecutar la instalación deberá comprobarse la capacidad portante del suelo de la sala técnica.

La conexión del banco de baterías con el inversor deberá incorporar protecciones frente a sobrecorrientes y cortocircuitos, así como un dispositivo de seccionamiento que permita aislar el sistema de almacenamiento durante las operaciones de mantenimiento.

La compatibilidad definitiva entre el banco de baterías y el inversor híbrido deberá verificarse mediante la documentación de ambos fabricantes. El inversor seleccionado deberá ser compatible con sistemas de almacenamiento de 48 V y permitir la comunicación mediante CAN o RS485.

Como resultado, el sistema de almacenamiento queda definido mediante los siguientes parámetros:

*Tabla 9-6 Parámetros sistema de almacenamiento*

| Parámetro                             | Resultado        |
|---------------------------------------|------------------|
| Modelo seleccionado                   | Pylontech US5000 |
| Tensión nominal por módulo            | 48 V             |
| Capacidad nominal por módulo          | 4,8 kWh          |
| Capacidad utilizable por módulo       | 4,56 kWh         |
| Número de módulos                     | 7                |
| Configuración                         | Paralelo         |
| Capacidad nominal instalada           | 33,6 kWh         |
| Capacidad utilizable según fabricante | 31,92 kWh        |
| Energía disponible de diseño          | 25,86 kWh        |
| Energía necesaria para dos días       | 22,656 kWh       |
| Margen energético                     | 3,20 kWh         |
| Peso total de los módulos             | 277,9 kg         |

La solución seleccionada supera la capacidad mínima requerida y permite garantizar los dos días de autonomía establecidos para los sistemas de seguridad y comunicaciones. Además, su arquitectura modular facilita la

ampliación futura del sistema y su integración con el inversor híbrido que se seleccionará en el apartado siguiente.

#### 9.4.4 Selección de inversor híbrido

El inversor híbrido constituye el elemento encargado de gestionar los flujos de energía entre el generador fotovoltaico, el banco de baterías, la red eléctrica y las cargas correspondientes a los sistemas de seguridad y comunicaciones.

La instalación diseñada dispone de una potencia fotovoltaica de 6,05 kWp y de un banco de almacenamiento formado por siete baterías Pylontech US5000 conectadas en paralelo, con una capacidad nominal total de 33,6 kWh y una tensión nominal de 48 V. [51]

Para la gestión energética de la instalación se selecciona el inversor híbrido monofásico Solis S6-EH1P6K-L-EU, con una potencia nominal de salida de 6 kW. La elección de este equipo se fundamenta en su compatibilidad con sistemas de almacenamiento de baja tensión, la disponibilidad de dos seguidores MPPT independientes y su capacidad para mantener la alimentación de las cargas mediante una salida de respaldo cuando se produce una interrupción de la red eléctrica. [52]

Aunque la potencia continua de los sistemas de seguridad y comunicaciones es considerablemente inferior a 6 kW, la selección del inversor se realiza principalmente atendiendo a la potencia del generador fotovoltaico y a la capacidad necesaria para gestionar la carga y descarga del banco de baterías.

#### **Características del inversor seleccionado**

Las principales características técnicas del equipo se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 9-7 Parámetros inversor seleccionado

| Parámetro                                  | Valor                                       |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Fabricante                                 | Solis                                       |
| Modelo                                     | S6-EH1P6K-L-EU                              |
| Tipo                                       | Inversor híbrido monofásico de baja tensión |
| Potencia nominal de salida                 | 6 kW                                        |
| Potencia FV máxima recomendada             | 9,6 kW                                      |
| Tensión máxima de entrada FV               | 600 V                                       |
| Tensión nominal de entrada FV              | 330 V                                       |
| Tensión de arranque                        | 90 V                                        |
| Rango de funcionamiento MPPT               | 90–520 V                                    |
| Número de MPPT                             | 2                                           |
| Número máximo de cadenas                   | 2                                           |
| Corriente máxima de entrada por MPPT       | 16 A                                        |
| Corriente máxima de cortocircuito por MPPT | 24 A                                        |
| Rango de tensión de batería                | 42–58 V                                     |
| Capacidad de batería admitida              | 50–2.000 Ah                                 |
| Potencia máxima de carga y descarga        | 6 kW                                        |

| Parámetro                                | Valor              |
|------------------------------------------|--------------------|
| Corriente máxima de carga y descarga     | 125 A              |
| Comunicación con la batería              | CAN                |
| Potencia nominal de respaldo             | 6 kW               |
| Potencia aparente máxima de respaldo     | 8 kVA durante 60 s |
| Tiempo de conmutación                    | Inferior a 10 ms   |
| Eficiencia máxima                        | Superior al 97,5 % |
| Eficiencia máxima batería-CA en descarga | 93,51 %            |
| Grado de protección                      | IP66               |
| Refrigeración                            | Natural            |
| Temperatura de funcionamiento            | -25 a 60 °C        |
| Dimensiones                              | 405 × 480 × 205 mm |
| Peso                                     | 22,4 kg            |

Los valores indicados proceden de la ficha técnica correspondiente al modelo de 6 kW.

### Compatibilidad con el generador fotovoltaico

La potencia fotovoltaica instalada es:

$$P_{FV} = 6,05kWp$$

Este valor se encuentra por debajo de la potencia fotovoltaica máxima recomendada por el fabricante:

$$6,05 < 9,6 \text{ kW}$$



La relación entre la potencia fotovoltaica instalada y la potencia nominal del inversor será:

$$R_{CC/CA} = \frac{6,05}{6} \approx 1,01$$

Por tanto, la potencia fotovoltaica supera la potencia nominal del inversor únicamente en un 0,83%, valor que se encuentra ampliamente dentro del límite admitido por el equipo.

Los once módulos fotovoltaicos se distribuirán entre los dos seguidores MPPT disponibles:

- MPPT 1: Seis módulos en serie
- MPPT 2: Cinco módulos en serie

Las tensiones de funcionamiento de ambas cadenas serán:

$$V_{mp,6} = 6 * 41,96 = 251,76V$$

$$V_{mp,5} = 5 * 41,96 = 209,80V$$

Ambos valores se encuentran dentro del rango MPPT del inversor, comprendido entre 90 y 520 V.

Considerando una temperatura mínima de cálculo de  $-10^{\circ}\text{C}$ , la tensión máxima de circuito abierto de la cadena de seis módulos será aproximadamente:

$$V_{OC,6-10^{\circ}\text{C}} \approx 328,20\text{ V}$$

Este valor se encuentra por debajo de la tensión máxima de entrada admitida por el inversor:

$$328,20 < 600\text{ V}$$

La corriente de funcionamiento de cada cadena será de 13,11 A, mientras que la corriente de cortocircuito será de 14 A. Ambas cumplen los límites establecidos por el fabricante:

$$13,11 < 16\text{ A}$$

$$14 < 24 \text{ A}$$

Por tanto, la configuración de seis módulos en un MPPT y cinco módulos en el segundo resulta compatible con las características eléctricas del inversor.

### **Compatibilidad con el banco de baterías**

El inversor admite baterías con una tensión comprendida entre 42 y 58V, por lo que resulta compatible eléctricamente con el banco Pylontech de 48V.

Cada módulo Pylontech US5000 presenta una capacidad aproximada de:

$$Q_{\text{módulo}} = \frac{4.800}{48} = 100Ah$$

Para siete unidades conectadas en paralelo, la capacidad total aproximada será:

$$Q_{\text{banco}} = 7 * 100 = 700Ah$$

Este valor se encuentra dentro del intervalo de capacidad admitido por el inversor:

$$50 < 700 < 2.000 \text{ Ah}$$

La compatibilidad entre ambos equipos también ha sido comprobada mediante la lista oficial publicada por Solis. En dicha documentación aparece la familia de inversores S6-EH1P(3-6)K-L-EU, a la que pertenece el modelo seleccionado, y se incluye expresamente la batería Pylontech US5000 entre los sistemas compatibles. [53]

La opción que deberá seleccionarse en la configuración del inversor es:

|          |
|----------|
| PYLON_LV |
|----------|

La comunicación entre el inversor y el sistema de gestión de las baterías se realizará mediante el protocolo CAN.

No obstante, antes de la ejecución deberá confirmarse con el servicio técnico del fabricante que la versión de firmware y la configuración seleccionadas sean las correspondientes al mercado español.

### **Consideración del rendimiento real del inversor**

Durante el dimensionamiento inicial del banco de baterías se adoptó un rendimiento aproximado del inversor del 95 %, al no haberse seleccionado todavía un modelo comercial concreto. Este valor permitió realizar una primera estimación de la capacidad necesaria del sistema de almacenamiento.

Una vez seleccionado el inversor Solis S6-EH1P6K-L-EU, su ficha técnica establece una eficiencia máxima de descarga desde la batería hacia corriente alterna del 93,51 %. La diferencia respecto al valor inicialmente adoptado es reducida y no modifica el número de baterías seleccionado.

Como comprobación final, aplicando el rendimiento real del inversor se obtiene:

$$E_{disponible} = 33,6 * 0,90 * 0,90 * 0,9351$$

$$E_{disponible} \approx 25,45kWh$$

La energía necesaria para garantizar los dos días de autonomía es:

$$E_{autonomía} = 22,656kWh$$

Por tanto:

$$25,45 > 22,656kWh$$

El banco de baterías seleccionado continúa proporcionando energía suficiente para cumplir el periodo de autonomía establecido. De este modo, el rendimiento del 95 % utilizado inicialmente puede considerarse una aproximación válida para el dimensionamiento preliminar, quedando la solución verificada posteriormente mediante el valor real del inversor.

### **Funcionamiento en modo respaldo**

La potencia continua de las cargas de seguridad y comunicaciones es:

$$P_{cargas} = 377,59W$$

Aplicando el margen de ampliación del 25 %:

$$P_{cargas,diseño} = 377,59 * 1,25 = 471,99W$$

El inversor dispone de una salida de respaldo con una potencia nominal de 6 kW, ampliamente superior a la demanda prevista:

$$471,99 W < 6.000 W$$

Asimismo, el tiempo de conmutación inferior a 10 ms permite reducir al mínimo la interrupción de alimentación cuando se produce un fallo de la red eléctrica.

### Resultado de la selección

Las principales comprobaciones se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 9-8 Comprobaciones inversor seleccionado

| Comprobación                   | Resultado            |
|--------------------------------|----------------------|
| Inversor seleccionado          | Solis S6-EH1P6K-L-EU |
| Potencia nominal               | 6 kW                 |
| Potencia FV instalada          | 6,05 kWp             |
| Potencia FV máxima recomendada | 9,6 kW               |
| Configuración MPPT 1           | 6 módulos en serie   |
| Configuración MPPT 2           | 5 módulos en serie   |
| Tensión máxima corregida       | 328,20 V             |
| Tensión máxima admitida        | 600 V                |
| Corriente por MPPT             | 13,11 A              |
| Corriente máxima admitida      | 16 A                 |
| Banco de baterías              | 7 Pylontech US5000   |
| Tensión nominal del banco      | 48 V                 |
| Capacidad aproximada           | 700 Ah               |
| Comunicación con el BMS        | CAN                  |
| Opción de configuración        | PYLON_LV             |
| Potencia nominal de respaldo   | 6 kW                 |

| Comprobación          | Resultado        |
|-----------------------|------------------|
| Tiempo de conmutación | Inferior a 10 ms |

A partir de las comprobaciones realizadas, se selecciona como equipo de conversión y gestión energética el inversor:



*Ilustración 12* Imagen del inversor seleccionado

El equipo resulta compatible con el generador fotovoltaico y con el banco de baterías Pylontech US5000, proporcionando además una salida de respaldo adecuada para mantener operativos los sistemas de seguridad y comunicaciones durante una interrupción de la red eléctrica.

## 9.5 Integración con la red eléctrica y verificación de la autonomía

La arquitectura energética propuesta integra la red eléctrica convencional, el generador fotovoltaico, el banco de baterías y el inversor híbrido. El objetivo es mantener alimentados los sistemas de seguridad y comunicaciones cuando se produzca una interrupción del suministro principal.

El inversor Solis S6-EH1P6K-L-EU actuará como elemento central de gestión, controlando el origen y el destino de la energía en función de la generación fotovoltaica, el estado de carga de las baterías y la disponibilidad de la red eléctrica.

La arquitectura general del sistema puede representarse mediante el siguiente esquema:

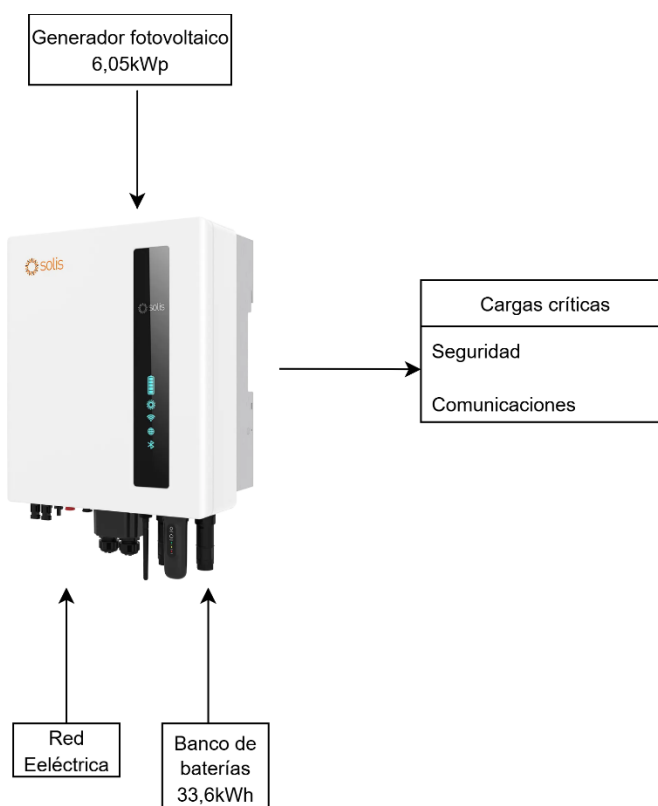


Figura 9-1 Esquema sistema eléctrico redundante

Fuente: Elaboración propia

La instalación se configurará para priorizar la alimentación de las cargas críticas. Durante el funcionamiento normal, la generación fotovoltaica suministrará energía a las cargas y permitirá mantener cargado el banco de baterías. Cuando la producción solar sea insuficiente, la red eléctrica aportará la energía restante.

En caso de fallo de la red, el inversor conmuta automáticamente a la salida de respaldo, alimentando los equipos mediante las baterías y la generación fotovoltaica disponible. El modelo seleccionado presenta un tiempo de conmutación inferior a 10 ms, reduciendo al mínimo la interrupción percibida por los sistemas conectados.

El funcionamiento previsto se resume en la siguiente tabla:

| Situación                           | Alimentación de las cargas | Actuación del sistema                                                              |
|-------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Red disponible y generación solar   | Fotovoltaica y red         | La energía solar alimenta las cargas y carga las baterías; la red cubre el déficit |
| Red disponible sin generación solar | Red eléctrica              | La red alimenta las cargas y mantiene el nivel de carga establecido                |
| Fallo de red con generación solar   | Fotovoltaica y baterías    | La producción solar alimenta las cargas y reduce la descarga de las baterías       |
| Fallo de red sin generación solar   | Baterías                   | El banco de baterías alimenta completamente las cargas críticas                    |
| Restablecimiento de la red          | Red y fotovoltaica         | Se recupera el funcionamiento normal y se recargan progresivamente las baterías    |

En una futura implantación, el conexionado, las protecciones y la puesta en servicio de la instalación deberán ajustarse al Reglamento electrotécnico para baja tensión y al régimen de autoconsumo que resulte aplicable [43], [44].

### Verificación de la autonomía

El banco seleccionado está formado por siete baterías Pylontech US5000, con una capacidad nominal total de:

$$C_{bat} = 33,6\text{kWh}$$

Para realizar la comprobación final se considera una profundidad de descarga del 90 %, un factor de envejecimiento del 90 % y la eficiencia de descarga batería–CA del inversor seleccionado, correspondiente al 93,51 %.

La energía disponible de diseño será:

$$E_{disponible} = 33,6 * 0,90 * 0,9351 * 0,90 = 25,45\text{kWh}$$

Considerando una demanda energética de diseño de:

$$E_{diseño} = 11,328\text{kWh/día}$$

La autonomía estimada será:

$$T_{\text{autonomía}} = \frac{25,45}{11,328}$$

$$T_{\text{autonomía}} \approx 2,25 \text{ días}$$

$$T_{\text{autonomía}} \approx 54 \text{ horas}$$

El resultado supera las 48 horas establecidas como requisito de diseño. Además, esta comprobación considera la ausencia total de generación fotovoltaica durante el periodo de fallo, por lo que representa un escenario conservador. Cuando exista radiación solar, la energía generada por los módulos reducirá la descarga de las baterías y podrá prolongar la autonomía efectiva.

En conclusión, la combinación de la red eléctrica, el generador fotovoltaico de 6,05 kWp, el banco de baterías de 33,6 kWh y el inversor híbrido seleccionado permite mantener operativos los sistemas de seguridad y comunicaciones durante una interrupción prolongada del suministro, cumpliendo el objetivo de autonomía energética establecido para la instalación.



## **10 FUNCIONAMIENTO GLOBAL Y RESPUESTA PREVISTA DEL SISTEMA**

Una vez definidos los sistemas de seguridad física, comunicaciones y alimentación eléctrica, resulta necesario describir su funcionamiento de forma conjunta. El presente apartado expone la respuesta prevista de la arquitectura propuesta tanto durante el funcionamiento normal como ante las principales incidencias consideradas en el análisis de riesgos.

Dado el carácter teórico del proyecto, esta descripción no constituye una prueba de funcionamiento ni una validación experimental. Representa el comportamiento esperado del sistema de acuerdo con la arquitectura, los equipos y los mecanismos de respaldo definidos en los capítulos anteriores.

### **10.1 Funcionamiento en condiciones normales**

Durante el funcionamiento habitual, los sistemas de detección de intrusión, videovigilancia y control de accesos permanecen activos y supervisados por la central de seguridad. Los eventos generados se transmiten hacia el centro de control o la Central Receptora de Alarmas, permitiendo la supervisión remota de la instalación.

La comunicación se realiza prioritariamente mediante el radioenlace, mientras que las conexiones móvil 4G/5G y satelital permanecen disponibles como vías alternativas. Paralelamente, la red eléctrica y la generación fotovoltaica alimentan las cargas de seguridad y comunicaciones, manteniendo cargado el banco de baterías.

### **10.2 Actuación ante una intrusión**

Cuando alguno de los elementos de detección identifica un posible acceso no autorizado, la central de intrusión recibe y procesa la señal de alarma. El evento y las imágenes asociadas se transmiten a la Central Receptora de Alarmas, desde donde se inicia el procedimiento de verificación correspondiente.

Una vez confirmada la intrusión, se aplicarán los protocolos operativos establecidos, incluyendo la comunicación a las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad y, cuando proceda, la movilización del servicio de Acuda.

La actuación del sistema no depende exclusivamente de la disponibilidad del radioenlace. En caso de que la vía principal no se encuentre operativa, la transmisión de alarmas e imágenes se realizará utilizando alguna de las vías alternativas disponibles.

### **10.3 Actuación ante un fallo de comunicaciones**

El router principal supervisará el estado de las diferentes conexiones. Cuando se detecte la pérdida de conectividad a través del radioenlace, el tráfico del sistema de seguridad se redirigirá hacia la conexión móvil 4G/5G.

Si la segunda vía tampoco se encuentra disponible, se utilizará la conexión satelital como último nivel de respaldo. La prioridad prevista será, por tanto:

1. Radioenlace.
2. Red móvil 4G/5G.
3. Conexión satelital.

La segmentación de la red de seguridad y el túnel cifrado hacia el centro de control se mantendrán sobre la vía disponible. Una vez recuperada una conexión de mayor prioridad, el sistema podrá restablecer la ruta habitual de comunicación.

Este comportamiento corresponde al funcionamiento previsto de la configuración propuesta y deberá comprobarse durante la puesta en servicio de una futura instalación real.

### **10.4 Actuación ante un fallo del suministro eléctrico**

Cuando se produzca una interrupción de la red eléctrica, el inversor híbrido pasará a alimentar las cargas críticas mediante el banco de baterías y la generación fotovoltaica disponible. De este modo, los sistemas de detección,

videovigilancia, control de accesos y comunicaciones podrán continuar funcionando durante el periodo de respaldo.

El dimensionamiento realizado proporciona una autonomía estimada de aproximadamente 54 horas en ausencia total de generación fotovoltaica, superando las 48 horas establecidas como requisito de diseño. La existencia de generación solar durante la interrupción reduciría la descarga de las baterías y podría prolongar la autonomía efectiva.

Cuando se restablezca la red eléctrica, el sistema recuperará progresivamente su funcionamiento normal y procederá a la recarga del banco de baterías.

### **10.5 Respuesta ante incidencias simultáneas**

En un escenario en el que coincidan una intrusión, la pérdida de la vía principal de comunicaciones y una interrupción del suministro eléctrico, la arquitectura propuesta está diseñada para mantener activas las funciones esenciales de detección, verificación y transmisión.

La alimentación se obtendría del sistema de respaldo energético y las comunicaciones se establecerían mediante la primera vía alternativa disponible. De esta forma, el fallo de un único suministro o medio de transmisión no implicaría necesariamente la pérdida completa de la capacidad de vigilancia.

No obstante, el comportamiento real dependerá de las condiciones concretas de la instalación, de la configuración definitiva de los equipos y de las correspondientes pruebas de puesta en servicio



## 11 CONCLUSIONES

El presente Trabajo Fin de Grado ha permitido desarrollar una propuesta integral de seguridad para un depósito de agua potable, abordando conjuntamente la protección física, las comunicaciones y la alimentación eléctrica. Este planteamiento evita considerar cada subsistema de manera aislada y permite analizar las dependencias existentes entre ellos.

El análisis realizado ha identificado como riesgos prioritarios la intrusión no autorizada, la pérdida de las comunicaciones y la interrupción del suministro eléctrico. Estos tres riesgos han servido como base para organizar el diseño y establecer una relación directa entre las necesidades de protección detectadas y las soluciones técnicas planteadas.

En relación con la seguridad física, se ha diseñado una estrategia basada en cuatro anillos de protección. Esta organización permite actuar de manera progresiva desde el perímetro exterior hasta las zonas de mayor criticidad, combinando sistemas de detección de intrusión, videovigilancia, análisis inteligente de vídeo y control de accesos. La utilización de tecnologías complementarias mejora la capacidad de detección temprana y facilita la verificación de los eventos generados.

Para reducir la dependencia de una única infraestructura de telecomunicaciones, se ha propuesto una arquitectura formada por un radioenlace principal, una conexión móvil 4G/5G y una conexión satelital. La gestión de estas vías mediante mecanismos de conmutación automática permite establecer un sistema con mayor disponibilidad y diversidad tecnológica. La incorporación de segmentación de red, comunicaciones cifradas y mecanismos de filtrado complementa el diseño desde el punto de vista de la ciberseguridad.

No obstante, al tratarse de una propuesta teórica, no puede afirmarse que se hayan comprobado en una instalación real los tiempos de conmutación, la disponibilidad efectiva de cada vía o el comportamiento del sistema ante una incidencia. La arquitectura desarrollada define el funcionamiento previsto y los procedimientos necesarios para su posterior implantación.

En cuanto a la alimentación eléctrica, el cálculo de consumos ha permitido dimensionar una instalación formada por un generador fotovoltaico de 6,05 kWp, un banco de baterías de 33,6 kWh y un inversor híbrido. Bajo las condiciones de cálculo adoptadas, la autonomía estimada es de aproximadamente 54 horas sin considerar aportación fotovoltaica durante el periodo de fallo, superando las 48 horas establecidas como requisito de diseño. La generación solar disponible durante una interrupción podría prolongar dicha autonomía, aunque su aportación dependerá de las condiciones meteorológicas y del estado real de la instalación.

Como conclusión general, la integración coordinada de seguridad física, comunicaciones redundantes y respaldo energético permite plantear una arquitectura más resiliente que una solución centrada únicamente en el cumplimiento mínimo de los requisitos de intrusión. El principal valor del proyecto reside en extender los criterios de redundancia y continuidad al conjunto de los sistemas necesarios para detectar, verificar y comunicar un incidente.

La solución propuesta puede servir como referencia para instalaciones con características similares, pero no debe aplicarse directamente sin un estudio particular. Su implantación real requeriría comprobar las condiciones del emplazamiento, actualizar los datos de cobertura y consumo, elaborar el correspondiente proyecto de ejecución y realizar las pruebas de puesta en servicio.

## 12 REFERENCIAS

- [1] K. Stouffer et al., Guide to Operational Technology (OT) Security, NIST Special Publication 800-82 Rev. 3. Gaithersburg, MD, USA: National Institute of Standards and Technology, sep. 2023, doi: 10.6028/NIST.SP.800-82r3.
- [2] España, "Ley 8/2011, de 28 de abril, por la que se establecen medidas para la protección de las infraestructuras críticas," Boletín Oficial del Estado, núm. 102, BOE-A-2011-7630, 29 abr. 2011. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/eli/es/l/2011/04/28/8/con>.
- [3] España, "Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro," Boletín Oficial del Estado, núm. 9, BOE-A-2023-628, 11 ene. 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2023/01/10/3/con>.
- [4] World Health Organization and International Water Association, Water Safety Plan Manual: Step-by-Step Risk Management for Drinking-Water Suppliers, 2nd ed. Geneva, Switzerland: WHO, 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240067691>.
- [5] España, "Real Decreto 704/2011, de 20 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de protección de las infraestructuras críticas," Boletín Oficial del Estado, núm. 121, BOE-A-2011-8849, 21 may. 2011. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2011/05/20/704/con>.
- [6] Asociación Española de Normalización, UNE-EN 50131-1:2008/A3:2021. Sistemas de alarma. Sistemas de alarma contra intrusión y atraco. Parte 1: Requisitos del sistema. Madrid, España: UNE, 2021.
- [7] Asociación Española de Normalización, UNE-EN 50131-2-4:2021. Sistemas de alarma. Sistemas de alarma de intrusión y atraco. Parte 2-4: Requisitos para detectores combinados de infrarrojos pasivos y de microondas. Madrid, España: UNE, 2021.
- [8] Asociación Española de Normalización, UNE-EN 50131-2-6:2009. Sistemas de alarma. Sistemas de alarma de intrusión y atraco. Parte 2-6: Contactos de apertura (magnéticos). Madrid, España: UNE, 2009.
- [9] Asociación Española de Normalización, UNE-EN 50131-2-8:2017. Sistemas de alarma. Sistemas de alarma de intrusión y atraco. Parte 2-8: Detectores de intrusión. Detectores de impactos. Madrid, España: UNE, 2017.
- [10] Asociación Española de Normalización, UNE-EN 50131-3:2010. Sistemas de alarma. Sistemas de alarma de intrusión y atraco. Parte 3: Equipo de control y señalización. Madrid, España: UNE, 2010.
- [11] Asociación Española de Normalización, UNE-EN 50131-4:2020. Sistemas de alarma. Sistemas de alarma de intrusión y atraco. Parte 4: Dispositivos de advertencia. Madrid, España: UNE, 2020.
- [12] Asociación Española de Normalización, UNE-EN 50131-6:2018. Sistemas de alarma. Sistemas de alarma de intrusión y atraco. Parte 6: Fuentes de alimentación. Madrid, España: UNE, 2018.
- [13] Asociación Española de Normalización, UNE-EN 50131-6:2018/A1:2022. Sistemas de alarma. Sistemas de alarma de intrusión y atraco. Parte 6: Fuentes de alimentación. Madrid, España: UNE, 2022.
- [14] Asociación Española de Normalización, UNE-CLC/TS 50131-7:2005 V2. Sistemas de alarma. Sistemas de alarma de intrusión. Parte 7: Guía de aplicación. Madrid, España: UNE, 2005.
- [15] Asociación Española de Normalización, UNE-EN 50136-1:2012/A1:2019. Sistemas de alarma. Sistemas y equipos de transmisión de alarmas. Parte 1: Requisitos generales para los sistemas de transmisión de alarmas. Madrid, España: UNE, 2019.
- [16] España, "Ley 5/2014, de 4 de abril, de Seguridad Privada," Boletín Oficial del Estado, núm. 83, BOE-A-2014-3649, 5 abr. 2014. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/eli/es/l/2014/04/04/5/con>.
- [17] España, "Orden INT/316/2011, de 1 de febrero, sobre funcionamiento de los sistemas de alarma en el ámbito de la seguridad privada," Boletín Oficial del Estado, núm. 42, BOE-A-2011-3170, 18 feb. 2011. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/eli/es/o/2011/02/01/int316/con>.
- [18] International Organization for Standardization, ISO 31000:2018. Risk Management-Guidelines. Geneva, Switzerland: ISO, 2018.
- [19] International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission, ISO/IEC 27005:2022. Information Security, Cybersecurity and Privacy Protection-Guidance on Managing Information Security Risks. Geneva, Switzerland: ISO, 2022.

- [20] Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas, MAGERIT, versión 3.0: Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información. Libro I-Método. Madrid, España, 2012. [En línea]. Disponible: <https://pilar.ccn-cert.cni.es/en/docman/documentos>.
- [21] PACOM Systems, "PACOM 8002 Integrated Access & Alarm Controller," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.1.1.
- [22] U.S. Food and Drug Administration, "Food defense," [En línea]. Disponible: <https://www.fda.gov/food/food-defense> [Accedido: 15-may-2026].
- [23] Google, "Google Maps," [En línea]. Disponible: <https://maps.google.com/> [Accedido: 15-may-2026].
- [24] DAVANTIS, "DFusion Mini DF04MR," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.1.2.
- [25] TAKEX, "PB-100HFA-KH," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.1.3.
- [26] Aritech, "DC111," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.1.4.
- [27] Honeywell, "DT8016AF4 Dual Tec," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.1.5.
- [28] Honeywell, "SC100 Series Seismic Vibration Sensors," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.1.6.
- [29] OPTEX, "REDSKAN Pro RLS-3060V," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.1.7.
- [30] OPTEX, "HX-80NAM," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.1.8.
- [31] OPTEX, "FTN-AM," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.1.9.
- [32] Hangzhou Hikvision Digital Technology Co., Ltd., "DS-2CD2647G2HT-LIZS," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.2.1.
- [33] Hangzhou Hikvision Digital Technology Co., Ltd., "DS-7608NXI-K2/8P," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.2.2.
- [34] HID Global, "HID ProxPoint Plus 6005," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.1.10.
- [35] Starlink, "Starlink Standard," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.3.4.
- [36] MikroTik, "Failover (WAN Backup), RouterOS documentation," [En línea]. Disponible: <https://help.mikrotik.com/docs/spaces/ROS/pages/26476608/Failover%2BWAN%2BBackup> [Accedido: 15-may-2026].
- [37] Cambium Networks, "ePMP 3000," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.3.6.
- [38] Cambium Networks, "ePMP Force 300-25," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.3.2.
- [39] WireGuard, "Protocol and cryptography," [En línea]. Disponible: <https://www.wireguard.com/protocol/> [Accedido: 15-may-2026].
- [40] Teltonika Networks, "RUTX50 Industrial 5G Router," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.3.3.
- [41] Antenas Móviles, "Mapa de antenas de telefonía móvil," [En línea]. Disponible: <https://www.antenasmoviles.es/> [Accedido: 15-may-2026].
- [42] Fortinet, "FortiGate/FortiWiFi 60F Series," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.3.7.
- [43] España, "Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión," Boletín Oficial del Estado, núm. 224, BOE-A-2002-18099, 18 sep. 2002. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2002/08/02/842/con>.
- [44] España, "Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica," Boletín Oficial del Estado, núm. 83, BOE-A-2019-5089, 6 abr. 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2019/04/05/244/con>.
- [45] PACOM Systems, "PACOM 8303 Supervised Power Supply," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.1.11.
- [46] MikroTik, "RB5009UPr+S+IN," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.3.1.
- [47] Tenda, "TEG1016D 16-Port Gigabit Ethernet Switch," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.3.5.
- [48] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía y CENSOLAR, Instalaciones de energía solar fotovoltaica: Pliego de condiciones técnicas de instalaciones aisladas de red. Madrid, España: IDAE, 2009. [En línea]. Disponible: <https://www.idae.es/publicaciones/instalaciones-de-energia-solar-fotovoltaica-pliego-de-condiciones-tecnicas-de-instalaciones-aisladas>.



- [49] European Commission, Joint Research Centre, "PVGIS 5 user manual," [En línea]. Disponible: [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis/using-pvgis-5/pvgis-5-user-manual\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis/using-pvgis-5/pvgis-5-user-manual_en) [Accedido: 15-may-2026].
- [50] JA Solar Technology Co., Ltd., "JAM72S30-550/MR Mono PERC Half-Cell Module," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.5.1.
- [51] Pylon Technologies Co., Ltd., "US5000 Series Rechargeable Li-ion Battery," manual y ficha técnica del fabricante, incluidos en el Anexo 13.5.2.
- [52] Ginlong Technologies Co., Ltd. (Solis), "S6-EH1P6K-L-EU Single-Phase Low-Voltage Energy Storage Inverter," ficha técnica del fabricante, incluida en el Anexo 13.5.3.
- [53] Ginlong Technologies Co., Ltd. (Solis), "Battery Matching List for S6-EH1P(3-6)K-L-EU," documento de compatibilidad del fabricante, incluido en el Anexo 13.5.4.



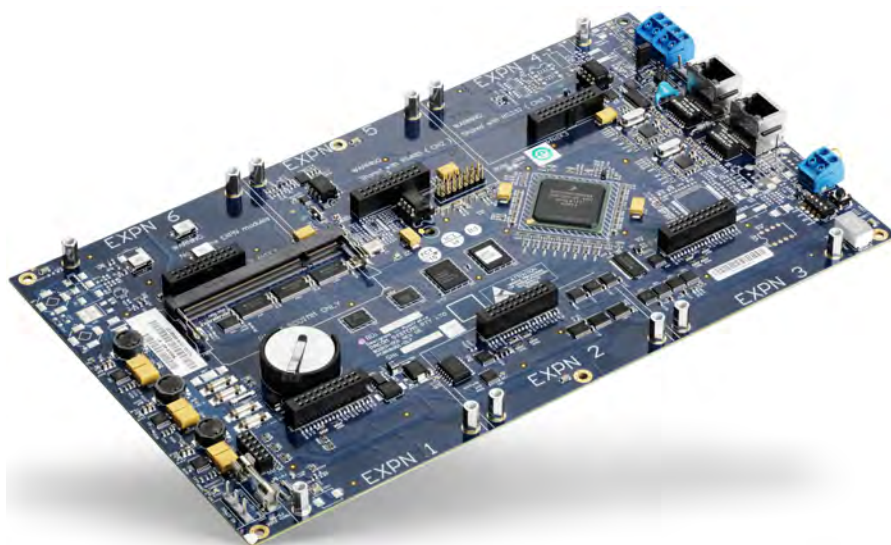
## **13 ANEXOS**

### **13.1 Anexo 1. Fichas técnicas del sistema de intrusión**

#### **13.1.1 PACOM 8002.**

## FEATURES

- ▶ Modular architecture ensures easy installation
- ▶ Dual Ethernet ports
- ▶ Anti-passback capabilities
- ▶ Auto-discovery of peripheral devices
- ▶ Dual-flash memory allows firmware upgrades while system active
- ▶ IP/RS485/RS232 ports
- ▶ Offline card and event transaction memory
- ▶ Multiple alarm area and keypad support
- ▶ Up to 256 inputs/64 outputs
- ▶ Peer-to-peer connections
- ▶ Slots for expansion card connection
- ▶ On-board 8MB memory (battery backed up) (expandable up to 72MB)
- ▶ 11 status indicator LEDs
- ▶ 6 x 20-pin (suitable for all 8000 Series Expansion Cards)



PACOM 8002 next generation controller is built using PACOM-Edge technology. PACOM-Edge represents a new family of devices enabling advanced security capabilities across an organization's Ethernet backbone. The IP capability means there is a reduced need for traditional security cabling which ensures convenient deployment and extensive scalability.

The 8002 Controller delivers an optimal, all-in-one building platform that integrates all functionality required for a remote security system. The security controller can operate stand-alone for smaller buildings or as part of a fully integrated alarm and access control system for larger buildings or multi-site applications.

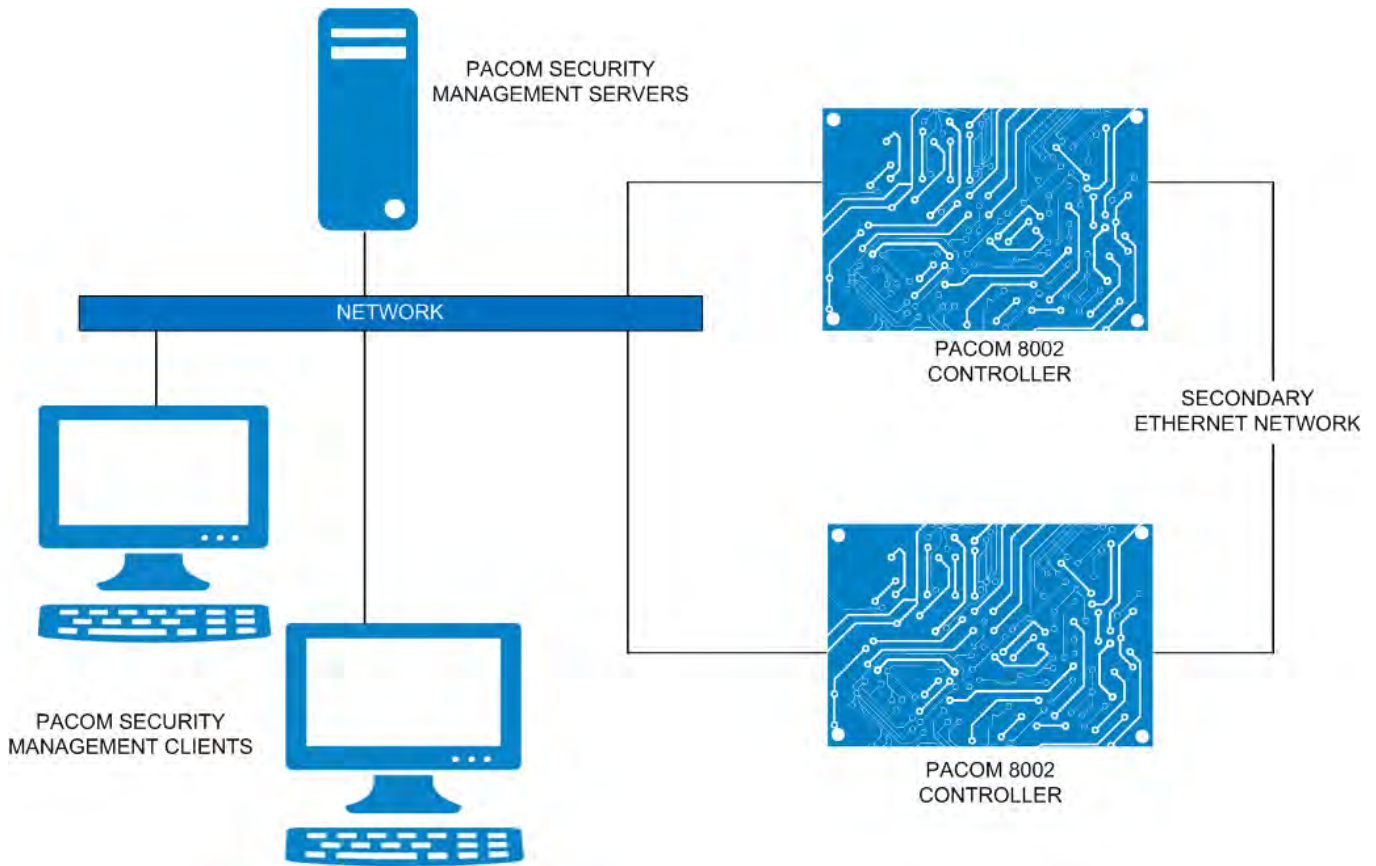
The modular architecture makes the 8002 simple to install and configure, as well as expand and integrate as your future security needs require. With dual on-board Ethernet capabilities, the 8002 is a fully integrated network-enabled security controller, providing the perfect platform to install and expand using your existing network infrastructure. It supports auto-discovery of peripheral devices for simplified installation. All doors can be individually configured to operate based on card only, PIN only or card and PIN, with access schedules providing further control. The 8002 can be conveniently installed in any location rated for a 3U rack mount device.

***The PACOM 8002 Intelligent Controller is a fully integrated network-enabled security controller, built using PACOM-Edge technology for advanced alarm and access control applications with PACOM GMS and Unison.***

Information is subject to change without notice. © PACOM Systems Pty Ltd  
Head Office: Level 2, 5 Eden Park Drive, Macquarie Park, NSW 2113 Australia  
[www.pacom.com](http://www.pacom.com)

Postal contacts for PACOM Systems as of December 31, 2020:  
UK: Stanley House, Brambel Road, Swindon, SN2 8ER UK  
EU: Avenida Aragon 402, planta 5. Edificio Allende, 28022 Madrid, Spain  
Other offices - see <https://pacom.com/en/contact-us-online>

## ARCHITECTURE



## 8002 CONTROLLER MODELS

| MODEL                                          | SUPPORTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8002 small capacity (S)                        | <p>Up to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 card readers</li> <li>• 500 access cardholders (GMS / Unison*)</li> <li>• 32 inputs</li> <li>• 8 outputs</li> <li>• 32 alarm areas</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                    |
| 8002 medium capacity (M)                       | <p>Up to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 32 card readers</li> <li>• 2000 access cardholders (GMS / Unison*)</li> <li>• 128 inputs</li> <li>• 32 outputs</li> <li>• 32 alarm areas</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                |
| 8002 large capacity (L)                        | <p>Up to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 64 card readers</li> <li>• 5000 access cardholders (GMS / Unison*)</li> <li>• 256 inputs</li> <li>• 64 outputs</li> <li>• 32 alarm areas.</li> </ul> <p>64MB memory expansion card increases offline event storage to 128,000 (if used together with reporting events to a PACOM Base Station, EMCS or Unison) and cardholder capacity to 256,000 (GMS) and 300,000 (Unison*).</p> |
| 8002 Unison SODIMM socket for memory expansion | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 64 card readers</li> <li>• 5000 users/cards</li> <li>• 256 alarm inputs</li> <li>• 64 outputs and 32 areas</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                            |

\* Refer to the Unison help for details on controller considerations and limitations.

## TECHNICAL SPECIFICATIONS

### ELECTRICAL

|                           |                                                                                                                                 |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Input Voltage             | 12 to 15VDC                                                                                                                     |
| Available Auxiliary Power | 750mA @ 12VDC for peripheral devices (dedicated to devices other than expansion cards)                                          |
| Current Consumption       | 210mA @ 12VDC typical, excluding expansion cards<br>230mA maximum with all alarm conditions present and all outputs active etc. |
| Fuse                      | <b>F5:</b> 5A slow blow glass type 5 x 20mm (0.2 x 0.8")                                                                        |

### BATTERY

|                 |                              |
|-----------------|------------------------------|
| Battery Charger | N/A (PACOM 8303 recommended) |
| Internal Memory | CR2450 3V lithium type       |

### ENVIRONMENTAL

|                       |                                                                |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------|
| Operating Temperature | EU: -10 to +55°C (14 to 131°F)<br>UL: 0 to +50°C (32 to 122°F) |
| Maximum Humidity      | 85% (non-condensing) @ 30°C (86°F)                             |

### PHYSICAL

|               |                                                                                                   |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions    | 273 x 160 x 18mm (10.8 x 6.3 x 0.7")<br>273 x 160 x 28mm (10.8 x 6.3 x 1.1") with expansion cards |
| Packed Weight | 515g (18.2oz)                                                                                     |

### COMMUNICATIONS

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Network Protocol           | Ethernet (10/100 auto switching), PPP                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Network Connectivity       | Dual Ethernet 10/100 BaseT TCP/IP, UDP/IP<br>Compatible with most 10/100/1000 MBPS Networks                                                                                                                                                                                                         |
| Modem                      | N/A (PACOM 8202 or 8201 recommended)                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Port                       | RS485 (each device line can support up to 32 PACOM RS485 peripheral devices)<br>RS232<br>Ethernet x 2                                                                                                                                                                                               |
| Offline Capabilities       | 1000 events/transactions (up to 128000 on 8002R-L with memory expansion card)<br>The 8002 is able to operate independently of PACOM security management software even when the software is offline.<br>Event transactions are the only aspect affected being overwritten once capacity is exceeded. |
| Expansion Card Connections | 6 x 20-pin (suitable for all 8000 Series Expansion Cards, however, some expansion cards must be used in specific slots)                                                                                                                                                                             |
| Memory                     | On-board 8MB (battery backed up)<br>Expandable to 72MB                                                                                                                                                                                                                                              |
| IP Connections             | 13 maximum                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

### SIGNALING

|                   |                                                                                                                              |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Input             | N/A (expandable to 16 (S type)/64 (M type)/256 (L type))                                                                     |
| Output            | N/A (expandable to 64)                                                                                                       |
| Status Indicators | 11 x LED (power, 7-segment multi-status, RS232 Rx, RS232 Tx, RS485 Rx, RS485 Tx, 5VDC power, 3VDC power, AC power, Ethernet) |

### SECURITY

|               |                           |
|---------------|---------------------------|
| Tamper Switch | On-board support provided |
| Encryption    | AES-128, AES-256          |

## SUPPORTED

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Card Formats       | 26-bit Wiegand, Wiegand Custom (up to 128-bits)                                                                                                                                                                                                          |
| Expansion Models   | 8201 3G GPRS Modem<br>8203 4-Output Expansion Module<br>8204 8-Input Expansion Module<br>8205 RS232/RS485 Expansion Module<br>8207 Star Coupler Expansion Module<br>8208 S-ART Interface<br>8209 PSTN Modem Expansion Module                             |
| Peripheral Devices | 1064 Single Door Controller<br>1068 2-Input/1-Output Module<br>1076 8-Input/4-Output Module<br>1076 2-Door Controller<br>8101 Series Keypads<br>8303 Monitoring Power Supply<br>8501 Input/Output Module<br>8602 Multi Interface<br>8603 Door Controller |

## COMPLIANCE & ACCREDITATION

ANSI/SIA CP-01 (ETL listed) | EN 50130-4:1995+A1:1998+A2:2003 | EN 50130-5:1998 | EN 50131-1:2001+A1:2009 | EN 50131-3:2009 | EN 50131-6:2008 | EN 50136-1-1:1998+ A1:2001 +A2:2008 | EN 50136-1-2:1998 | EN 50136-1-5:2008 | EN 50136-2-1:1998+A1:2001 | EN 50136-2-2:1998 | EN 55022:2010 Class A/B | EN 60950-1:2001+A1:2010+A11:2009+A12:2011 | EN 61000-3-2:2006+A1:2009+A2:2009 | EN 61000-3-3:1995+A1:2001+A2:2005 | FCC 47 CFR Part 68 | FCC 47 Part 15/B Class A/B | SSF 1014 Ver 3 | UL 294 (ETL Listed) | UL 1076 | UL 1610 | UL 2017

SIRA Dubai

## ORDERING INFORMATION

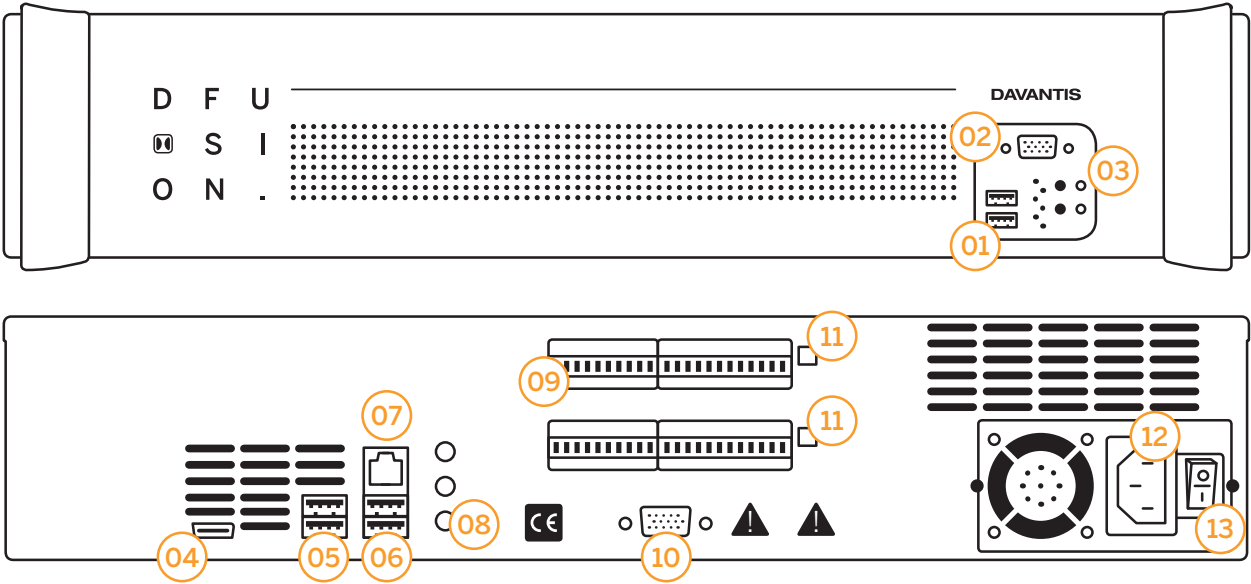
| PART NUMBER | TYPE CODE      | DESCRIPTION                                      |
|-------------|----------------|--------------------------------------------------|
| 300 040 013 | 8002R-001-S    | 8002 Small Capacity Field Controller (PCB only)  |
| 300 040 014 | 8002R-001-M    | 8002 Medium Capacity Field Controller (PCB only) |
| 300 040 015 | 8002R-001-L    | 8002 Large Capacity Field Controller (PCB Only)  |
| 300 040 016 | 8002R-001-S-UL | 8002 Small Capacity Field Controller (PCB only)  |
| 300 040 017 | 8002R-001-M-UL | 8002 Medium Capacity Field Controller (PCB only) |
| 300 040 018 | 8002R-001-L-UL | 8002 Large Capacity Field Controller (PCB only)  |

### 13.1.2 DAVANTIS DFusion Mini DF04MR.



# DFUSION

# DFUSION**PRO**



01 - 2 conexiones USB 2.0 02 - 1 conexión VGA 03 - 1 interruptor de encendido 04 - 1 conexión HDMI 05 - 2 conexiones USB 3.0 06 - 2 conexiones USB 2.0 07 - 1 conector de red RJ45 10/100/1000 08 - 1 jack estéreo de audio analógico 09 - 8 entradas N/A o N/C 10 - 1 conexión VGA 11 - 4/8/12/16 salidas de relé internas N/C (opcional) 12 - 1 ranura para cable de alimentación 13 - 1 interruptor de alimentación

## FICHA TÉCNICA

|                                                | DFUSION | DFUSION <b>PRO</b> |
|------------------------------------------------|---------|--------------------|
| Intrusos                                       | ●       | ●                  |
| Vehículos                                      | ●       | ●                  |
| Entrada / salida                               | ●       | ●                  |
| Sabotaje                                       | ●       | ●                  |
| Merodeo                                        | ●       | ●                  |
| Aparece / desaparece                           | ●       | ●                  |
| Virtual Onvif                                  | ●       | ●                  |
| Combinación de reglas                          | ●       | ●                  |
| Integración con centros de control, CRA y PSIM | ●       | ●                  |
| <b>HR</b> Análisis en alta resolución          | ●       | ●                  |
| Smart PTZ                                      |         | ●                  |
| Virtual IR para cámaras térmicas               |         | ●                  |
| Estabilizador para condiciones adversas        |         | ●                  |
| Modo pasillo                                   |         | ●                  |
| Módulo ATK <b>PRO</b> opcional                 |         | ●                  |
| Distancia cámara térmica                       | 235 m   | 505 m              |
| Distancia cámara día / noche                   | 67 m    | 120 m              |

# TABLA DE RANGOS

## Cámaras térmicas

### DFUSION

| f (mm) | Tamaño píxel (µm) | Sensor (px) | HFOV (o) | Distancia ciega (m) | Distancia (m) |
|--------|-------------------|-------------|----------|---------------------|---------------|
| 9      | 17                | 640 x 480   | 62º      | 3                   | 65            |
| 10     | 17                | 640 x 480   | 57º      | 3                   | 70            |
| 13     | 17                | 400 x 300   | 29º      | 8                   | 100           |
| 13     | 17                | 640 x 480   | 45º      | 5                   | 110           |
| 15     | 17                | 640 x 512   | 40º      | 6                   | 125           |
| 19     | 17                | 400 x 300   | 20º      | 12                  | 140           |
| 19     | 17                | 640 x 480   | 32º      | 8                   | 145           |
| 25     | 17                | 400 x 300   | 15º      | 16                  | 175           |
| 25     | 17                | 640 x 480   | 25º      | 10                  | 180           |
| 25     | 17                | 640 x 512   | 25º      | 10                  | 185           |
| 35     | 17                | 400 x 300   | 11º      | 23                  | 235           |
| 35     | 17                | 640 x 480   | 18º      | 15                  | 240           |

### DFUSIONPRO

|    |    |           |     |    |     |
|----|----|-----------|-----|----|-----|
| 19 | 17 | 400 x 300 | 20º | 12 | 195 |
| 19 | 17 | 640 x 480 | 32º | 8  | 205 |
| 25 | 17 | 400 x 300 | 15º | 16 | 245 |
| 25 | 17 | 640 x 512 | 25º | 10 | 255 |
| 35 | 17 | 640 x 480 | 18º | 15 | 335 |
| 50 | 17 | 640 x 512 | 12º | 19 | 445 |
| 60 | 17 | 640 x 480 | 10º | 23 | 505 |

## Cámaras día/noche

### DFUSION

|              | f (mm) | Altura (m) | Sensor  | HFOV (o) | Distancia ciega (m) | Distancia (m) |
|--------------|--------|------------|---------|----------|---------------------|---------------|
| Vista normal | 3      | 4          | (1/3)'' | 77º      | 2                   | 32            |
| Vista normal | 8      | 4          | (1/3)'' | 33º      | 8                   | 67            |

### DFUSIONPRO

|              |    |   |         |     |    |     |
|--------------|----|---|---------|-----|----|-----|
| Vista normal | 15 | 4 | (1/3)'' | 18º | 16 | 120 |
| Modo pasillo | 15 | 4 | (1/3)'' | 14º | 12 | 120 |

Cámara instalada a 4 metros del suelo. El rango máximo obtenido es la proporción de una persona de 1.8 metros que se encuentra en la parte superior de la imagen. Las distancias son más cortas en condiciones climáticas adversas. La diferencia térmica requerida es de 2°C. La observación mínima de la persona es de 2 segundos, recomendado 5 segundos. HFoV significa campo de visión horizontal.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

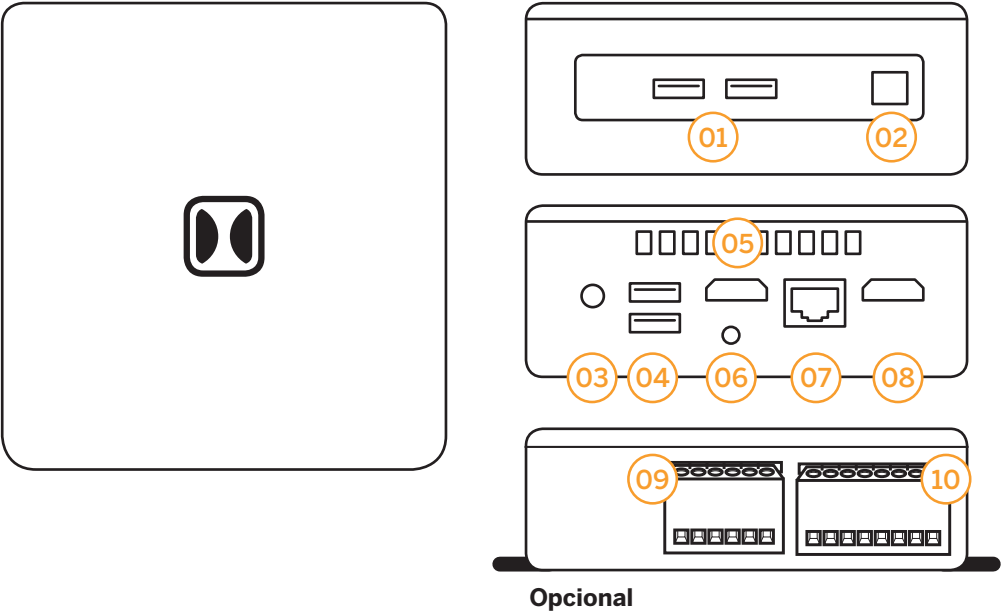
|                                   |                                                                   |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Procesador                        | INTEL                                                             |
| Memoria (RAM)                     | 8 / 16 GB                                                         |
| Disco duro                        | Alto rendimiento SATA / SSD (disco de estado sólido)              |
| Fuente alimentación               | 350W. 100 - 240V AC / 60 - 50 Hz + 10%                            |
| Consumo de energía                | Aprox. 130 W a plena carga                                        |
| Cable de alimentación y enchufe   | Cable de 1,5 m con conector IEC                                   |
| Clase ambiental                   | II (interior - General)                                           |
| Temperatura de almacenamiento     | -10°C a 60°C con una humedad relativa a 10 a 90% sin condensación |
| Temperatura de trabajo            | -10°C a +35°C a una humedad relativa a 10 a 90% sin condensación  |
| Bastidor                          | Caja robusta metálica en color negro                              |
| Dimensiones del dispositivo en mm | 482 x 90 x 300 x (A x A x P) (19"x 2U para montaje en rack)       |
| Dimensiones del embajaje en mm    | 560 x 170 x 590 (A x A x P)                                       |
| Peso                              | 6 Kg                                                              |
| Protocolos de comunicación        | TCP/IP, SMTP                                                      |
| Puertos de entrada y salida       | Entrada: 900, 5500, 21000 (personalizable)                        |
|                                   | Salida: 9034, 465 (personalizable)                                |
| Protección de datos               | Firma digital                                                     |
| GPU                               | NVIDIA                                                            |

### OPCIONAL

|                      |                                                                                  |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Salidas              | Internas REL4I, REL8I, N/C. 5amps @12V DC                                        |
|                      | Internas REL12I, REL16I, N/C. 5amps @12V DC                                      |
| Kit de visualización | Monitor 19" (VGA), ratón y teclado USB                                           |
| Daview AMS           | Gestión de alarmas para CRA, centros de control y PSIM con tecnología ClickThru™ |

# DFUSION MINI

## FICHA TÉCNICA



- 01 - Conexiones USB 3.0 02 - Botón de encendido 03 - Conector de corriente  
04 - Conexiones USB 3.0 05 - Puerto HDMI 06 - Salida de audio 07 - Conector de red RJ45 10/100/1000  
08 - Puerto HDMI 09 - 4 entradas digitales 10 - 4 relés NA/NC

|                  |                       |
|------------------|-----------------------|
| Intrusos         | Merodeo               |
| Vehículos        | Aparece / desaparece  |
| Entrada / salida | Combinación de reglas |
| Sabotaje         |                       |

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

|                                   |                                                                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Procesador                        | INTEL                                                                            |
| Memoria (RAM)                     | 4 GB                                                                             |
| Disco duro                        | SSD (Disco de estado sólido)                                                     |
| Fuente alimentación               | Corriente continua 12-19V, 65W (alimentación externa)                            |
| Consumo de energía                | Aprox. 30 W a plena carga                                                        |
| Temperatura de funcionamiento     | 0°C a +40°C                                                                      |
| Temperatura de almacenaje         | -20°C a +60°C                                                                    |
| Bastidor                          | Carcasa ultra compacta                                                           |
| Dimensiones del dispositivo en mm | 115 x 111 x 51                                                                   |
| Clase ambiental                   | II (Indoor - General)                                                            |
| Peso                              | 600 gr                                                                           |
| Protocolos de comunicación        | TCP/IP, SMTP                                                                     |
| Puertos de entrada y salida       | Entrada: 900, 5500, 21000 (personalizable)<br>Salida: 9034, 465 (personalizable) |
| Protección de datos               | Firma digital                                                                    |

### OPCIONAL

|                    |                                                                            |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Señales de entrada | Dispositivo externo USB, 4 entradas                                        |
| Salidas de relé    | Dispositivo externo USB, 4 salidas N/A (contacto seco) máx. 6A @ AC        |
| Daview AMS         | Gestión de alarmas para CRA o centro de control con simplicidad ClickThru™ |

67 m  
de detección

Tabla de rangos para cámaras día/noche

|                | f<br>(mm) | Altura<br>(m) | Sensor | HFOV<br>(o) | Distancia<br>ciega (m) | Distancia<br>(m) |
|----------------|-----------|---------------|--------|-------------|------------------------|------------------|
| Vista estándar | 3         | 4             | (1/3)" | 77°         | 2                      | 32               |
|                | 8         | 4             | (1/3)" | 33°         | 8                      | 67               |

DAVANTIS TECHNOLOGIES SL | Barcelona · España | Madrid · España |  
Niza · Francia | Luedinghausen · Alemania | Bogotá · Colombia | Singapur  
DAVANTIS TECHNOLOGIES INC | Washington DC · USA

info@davantis.com  
www.davantis.com



13.1.3 Takex PB-100HFA-KH.



KH Beams and TA Beam Towers in Marine Environment

## QUAD BEAMS

|                   |                                     |
|-------------------|-------------------------------------|
| <b>PB50HF-KH</b>  | Up to 50m External / 100m Internal  |
| <b>PB100HF-KH</b> | Up to 100m External / 200m Internal |
| <b>PB200HF-KH</b> | Up to 200m External / 400m Internal |

## ANTI-CRAWL BEAM

|                   |                                     |
|-------------------|-------------------------------------|
| <b>PB100AT-KH</b> | Up to 100m External / 200m Internal |
|-------------------|-------------------------------------|

## INTELLIGENT PHOTOELECTRIC BEAM SENSORS



Takex PBHF-KH Intelligent Quad Beams are designed specifically for use in Takex TA Series Beam Towers. Unique Quad beams are synchronised to maintain range and stability in severe weather, while rejecting 'nuisance-alarms' caused by birds, animals, or blown-litter.

PB100AT-KH Anti-Crawl beams are available for high-security applications to detect low-level or crawling intrusion.

Supplied with PTKH 'Quickfix' mounting brackets for fast, trouble-free assembly, the beam units locate in vertical slide-channels in the TA tower spine, allowing easy and precise height adjustment.

Takex KH Beams and TA Towers are the perfect combination for reliable perimeter intrusion detection in the most demanding of situations - as illustrated in the 'Marine Environment' example above.

## FEATURES

### 4 SYNCHRONISED HIGH POWER BEAMS

'AND-Gated' to prevent 'nuisance-alarms' from birds, animals and blown litter (HF-KH models).

### 'ANTI-CRAWL' FEATURE

For high-security applications the PB100AT-KH model detects low-level or crawling intrusion: selectable AND/OR facility for 2 or 4-beam activation with variable response times for maximum security while minimising 'nuisance-alarms'.

### 'DOUBLE-MODULATED' BEAM SIGNAL

This unique feature combined with external light compensation circuitry offers unrivaled immunity to accidental or deliberate interference from sunlight, car headlights and other artificial light sources.

### 4 SELECTABLE BEAM FREQUENCIES (CHANNELS)

Allows multiple beams to be used 'in-line' or 'stacked' without 'cross-talk' (interference).

### AUTO-GAIN LOCK / AUTO-GAIN CONTROL

Maintains beam stability in the harshest of weather conditions - eg. fog, rain, snow or frost.

### ENVIRONMENTAL MONITORING (FOG WARNING)

Can be used to warn of the build up of mist, fog or snow on the protected site.

### EASY BEAM ALIGNMENT

Beam heads adjust horizontally  $\pm 90^\circ$  (180° total) and vertically  $\pm 10^\circ$ , with signal-strength indicated by audible signal or test-meter: LED indicators for 'Alarm', 'Signal Attenuated', 'Alarm Memory', and LED or audible 'Walk-Test' mode.

### DOUBLE COATED ELECTRONICS

Electronic components are double coated for resistance to corrosion from moisture and condensation.

### 12/24VDC OPERATION

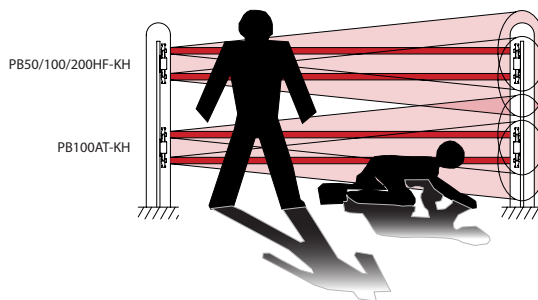
For maximum system flexibility.



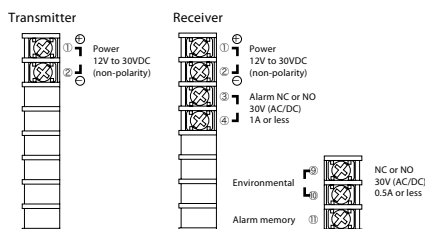
## INTELLIGENT PHOTOELECTRIC BEAM SENSORS



## EXAMPLE APPLICATION

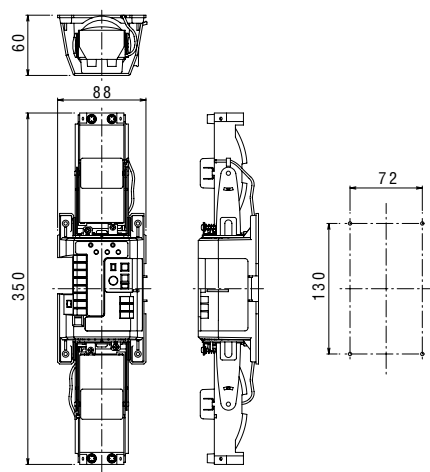


## TERMINAL ARRANGEMENT



|                   |                                                                 |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>PB50HF-KH</b>  | Up to 50m External / 100m Internal Quad Beam (4-Channel)        |
| <b>PB100HF-KH</b> | Up to 100m External / 200m Internal Quad Beam (4-Channel)       |
| <b>PB200HF-KH</b> | Up to 200m External / 400m Internal Quad Beam (4-Channel)       |
| <b>PB100AT-KH</b> | Up to 100m External / 200m Internal Anti-Crawl Beam (4-Channel) |

## DIMENSIONS



## ASSOCIATED PRODUCTS



| TA SERIES                                                                                                                            | PTS                                                                      | PTH                                                                                                                         | CRFB                                                                                      | TAPS                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Takeex TA Series Beam Towers are available as attractive but rugged Wall- or Floor-Mount units, as Single- or Double-Sided variants. | Thermostat for use with PTH heaters (one thermostat required per Tower). | Heater 12VDC, 250mA to prevent the build-up of condensation or frost on the Tower covers. Use one PTH under each Beam unit. | Mounting Base Bolt Set for TAD and TAS Towers (optional - for setting into wet concrete). | Pressure-sensitive Anti-Climb switch for all TA Series Towers (activation pressure approx. 20Kg). |

## SPECIFICATIONS

| Product name                          | Photoelectric beam sensor                                                                                                                                                            |                                                    |                                                    |                                                          |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Model                                 | PB50HF-KH                                                                                                                                                                            | PB100HF-KH                                         | PB200HF-KH                                         | PB100AT-KH                                               |
| Detection System                      | Near infrared beam interruption system                                                                                                                                               |                                                    |                                                    |                                                          |
| Infrared beam                         | Double modulation pulsed beams by LED                                                                                                                                                |                                                    |                                                    |                                                          |
| Protection distance                   | 50m                                                                                                                                                                                  | 100m                                               | 200m                                               | 100m                                                     |
| Max. arrival distance                 | 500m                                                                                                                                                                                 | 1000m                                              | 2000m                                              | 1000m                                                    |
| Response time                         | 50msec. to 700msec. variable (standard: 50msec.)                                                                                                                                     |                                                    |                                                    | Var.35 to 500msec. (AND)<br>100, 200, 300, 500msec. (OR) |
| Power supply                          | 12V to 30VDC (non-polarity)                                                                                                                                                          |                                                    |                                                    |                                                          |
| Current consumption                   | 60mA or less at protection<br>(max. 95mA or less)                                                                                                                                    | 70mA or less at protection<br>(max. 105mA or less) | 85mA or less at protection<br>(max. 120mA or less) |                                                          |
| Alarm output                          | Dry contact relay output 1c<br>Reset: Interruption time + off-delay (approx. 1.5sec)<br>Contact capacity: 30V (AC/DC) 1A or less                                                     |                                                    |                                                    |                                                          |
| Environmental output<br>(Fog warning) | Dry contact relay output 1c<br>Contact operation: Output when weather condition worsens<br>Contact capacity: 30V (AC/DC) 1A or less                                                  |                                                    |                                                    |                                                          |
| Alarm LED                             | Red LED (receiver) lights when alarm is initiated                                                                                                                                    |                                                    |                                                    |                                                          |
| Sensitivity attenuation LED           | Red LED (receiver) lights when beam reception is attenuated                                                                                                                          |                                                    |                                                    |                                                          |
| Ambient temperature range             | -35°C to + 66°C                                                                                                                                                                      |                                                    |                                                    |                                                          |
| Beam adjustment                       | Horizontal: ±90° / Vertical: ±10°                                                                                                                                                    |                                                    |                                                    |                                                          |
| Functions                             | Modulated beam frequency selection, Tone indicator,<br>Environmental module, Beam power selection, Alarm memory<br>indication, Programmed AGC, Auto-gain lock function, Monitor jack |                                                    |                                                    |                                                          |
| Wiring                                | Terminals                                                                                                                                                                            |                                                    |                                                    |                                                          |
| Weight                                | Transmitter: 300g / Receiver: 400g                                                                                                                                                   |                                                    |                                                    |                                                          |

Due to on going product improvements, specifications may change.

**Note:** This sensor is designed to detect intrusion and to initiate an alarm; it is not a burglary or crime preventing device. TAKEX is not responsible for damages or loss caused by accidents, theft, acts of God (including inductive lightning), abuse, misuse, abnormal use, faulty installation or improper maintenance.



**Takeex Europe Ltd.**  
Aviary Court, Wade Road  
Basingstoke, Hampshire RG24 8PE  
**tel:** 01256 475555  
**fax:** 01256 466268  
**email:** sales@takex.com  
**web:** www.takex.com

#### 13.1.4 Aritech DC111.

# DC111

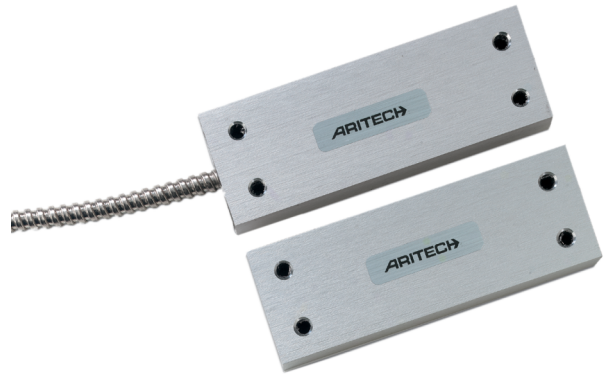
**Contacto magnético para suelo, de triple polarización. Apertura operativa máx. 5-15mm. 2m de cable blindado.**

## Aplicaciones

Contacto magnético diseñado para instalaciones de alta seguridad, en las que son necesarios equipos robustos. Idóneo para aeropuertos, almacenes, bancos, recintos militares, etc.

## Alta seguridad.

El interruptor reed con triple balanceo hace que el contacto magnético sea prácticamente inmune a cualquier tipo de sabotaje externo. Construido con una carcasa de aluminio extruido y completamente encapsulado con componentes de poliuretano. Tamper de montaje incorporado.



## Details

- Triple balanceo para aumentar la seguridad
- Calidad superior
- Longitud estándar del cable de 2 m (Blindaje metálico)
- Tamper de montaje
- Bucle de tamper incluido
- Certificación EN50131-2-6 Grado-3



# DC111

**Contacto magnético para suelo, de triple polarización. Apertura operativa máx. 5-15mm. 2m de cable blindado.**

## Technical specifications

### General

|                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| Tipo de Aplicación | Montaje en Superficie |
| Tipo de contacto   | CO                    |
| Conectividad       | 6 wires, 2 m          |

### Wired/wireless

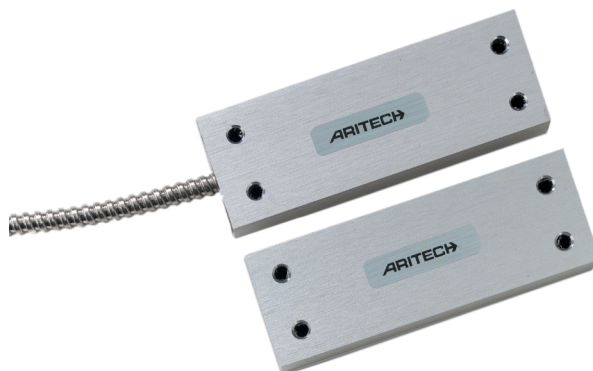
|                          |                           |
|--------------------------|---------------------------|
| Cableado - Inalámbrico   | Cableado                  |
| Brecha de funcionamiento | 5 mm (min.); 15 mm (max.) |

### Físico

|                                   |                               |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| Dimensiones del imán              | 108 x 38 x 19 mm              |
| Dimensiones del contacto / sensor | 108 x 38 x 19 mm              |
| Colour                            | Plata                         |
| Material                          | Acabado en aluminio anodizado |

### Estándares y regulaciones

|               |          |
|---------------|----------|
| Grado EN50131 | Grado 3  |
| Certification | IMQ, VdS |
| Normativas    | VdS      |



Como empresa innovadora, Carrier Fire & Security se reserva el derecho de modificar las especificaciones de los productos sin previo aviso. Para conocer las últimas especificaciones de los productos, visite la Web de [es.firesecurityproducts.com](http://es.firesecurityproducts.com) o póngase en contacto con su comercial.

Last updated on 25 November 2021 - 10:53

### 13.1.5 Honeywell Dual Tec Grado 3

# DT8016AF4 / MF4

## Sensores de movimiento DUAL TEC® con/sin antienmascaramiento



Diseñado para entornos comerciales de gama media a alta donde sea necesario un sistema de seguridad de Grado 3. El nuevo sensor de movimiento DT8016AF4 de Honeywell con antienmascaramiento ofrece una solución fiable con prestaciones específicas patentadas para prevenir falsas alarmas. Incluye el procesamiento de señales DualCore™, idóneo para zonas difíciles de proteger con productos estándar. Cuenta con un total de cinco patentes para mejorar la fiabilidad, la instalación y para evitar falsas alarmas.

Además, ambos sensores incorporan clemas enchufables, para facilitar la instalación y que sea más rápida y sencilla. Otra característica de estos sensores es que incorporan resistencias final de línea y la funcionalidad del test de paseo optimiza el tiempo de instalación.

Con los sensores DT8016AF4 / DT8016MF4, se logra un rendimiento óptimo gracias a la tecnología de microondas en banda-X combinada con una óptica de espejo de sensibilidad uniforme.

### Características:

- Electrónica "plug-in"**  
 Diseñado para una instalación sencilla con un conector "plug-in"
- Resistencias de final de línea (RFL) integradas**  
 Las resistencias de final de línea RFL integradas para las señales de alarma, de tamper y de antienmascaramiento reducen el tiempo y los potenciales errores durante la instalación.
- Activación del test de paseo**  
 Reduce el tiempo de instalación ya que se puede iniciar el test de paseo simplemente enfocando un haz de luz blanca hacia el detector.
- Óptica de espejo**  
 Gracias a la óptica de espejo, el sensor de movimiento dispone de la tecnología más fiable con la mejor relación detección y reducción de falsas alarmas.
- Certificado grado de seguridad 3 (solo versión DT8016AF4)**  
 El sensor está certificado para entornos de alto riesgo (Grado de seguridad 3, clase ambiental II según la EN50131-2-4:2008).
- Tecnología de antienmascaramiento por infrarrojo activo (solo versión DT8016AF4)**  
 Detecta rápidamente los objetos o el enmascaramiento accidental y/o intencionado. Este sensor envía una señal de problema (TBL) cuando se produce un enmascaramiento. Esto reduce significativamente la posibilidad de inutilizar el sensor.
- Amplia cobertura de detección**  
 Amplio rango de detección en comparación con productos similares existentes en el mercado, lo que proporciona una mayor flexibilidad de utilización en las instalaciones.
- Diseño profesional**  
 Los detectores DT8016AF4 y DT8016MF4 han sido diseñados para instalaciones de alta seguridad y ofrecen un diseño profesional que los diferencia de otros detectores del mercado.
- Sensor inercial patentado**  
 Incorpora un sensor inercial por lo que si se produce una vibración que afecte al detector, el sensor inercial la detecta y anula evitando el riesgo de generar una falsa alarma.
- Solución patentada de procesamiento de señal PIR**  
 El sensor analiza un periodo de tiempo más amplio e integra la señal recibida antes de tomar cualquier decisión de activación de alarma.
- Solución de ángulo cero patentada**  
 El instalador puede ajustarla con facilidad, solo tirando de una pequeña pieza, habilitando o deshabilitando la zona de detección del ángulo cero, ofreciendo una solución más eficiente y fiable.
- Solución de autodiagnóstico patentada**  
 El sensor diagnostica el circuito de microondas de manera periódica enviando y recibiendo una señal de prueba. Si se produce una anomalía, el sensor activa el relé de problema (TBL).
- Solución de instalación patentada**  
 Para fijar el sensor a la pared, el instalador tan solo tiene que introducir el tornillo en la ubicación preestablecida donde se sostendrá automáticamente, agilizando y facilitando la instalación.

# DT8016AF4 - DT8016MF4

Sensores de movimiento DUAL TEC® con y sin antienmascaramiento

## ESPECIFICACIONES:

|                                   |                                                                                                          |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipo de detección                 | PIR (espejo) + microondas                                                                                |
| Cobertura                         | 16 x 22 m                                                                                                |
| RFL                               | Alarma y tamper: 1K, 2K2, 4K7 y 5K6; por defecto = 1K<br>Antienmascaramiento*: 2K2, 3K; por defecto = 3K |
| Zonas de detección                | Largo alcance 36, alcance intermedio 10, corto alcance 12 y ángulo cero 2                                |
| Test de paseo                     | 30 s                                                                                                     |
| Frecuencia                        | Banda-X : 10,525 GHz                                                                                     |
| Inmunidad RF                      | 15 V/m, 80 MHz – 2,7 GHz                                                                                 |
| Altura de montaje                 | 2,3 m (óptima)                                                                                           |
| Requisitos de alimentación        | 9 – 15VCC                                                                                                |
| Consumo a temp. ambiente          | 9 mA típico, 14 mA máx.                                                                                  |
| Relé de alarma                    | Forma A/30 mA a 25 VCC, máx. 22 Ohm/Duración: 3 s                                                        |
| Relé antienmascaramiento*/fallo   | Forma B/30 mA a 25 VCC, máx. 22 Ohm                                                                      |
| Tamper                            | Forma A/30 mA a 25 VCC - Apertura y pared                                                                |
| Temperatura de funcionamiento     | De -10°C a +55°C                                                                                         |
| Compensación de temperatura       | Bidireccional avanzada                                                                                   |
| Humedad relativa                  | De 5% a 95% sin condensación                                                                             |
| Inmunidad a la luz blanca del PIR | 10 000 lux (típica)                                                                                      |
| Dimensiones                       | 116 x 70 x 43 mm (al. x an. x pr.)                                                                       |
| Peso                              | 135 g                                                                                                    |
| Certificaciones (DT8016AF4)       | EN50131-2-4:2008 Grado 3 Clase II**                                                                      |
| Certificaciones (DT8016MF4)       | EN50131-2-4:2008 Grado 2 Clase II                                                                        |

\* Para el modelo DT8016AF4

\*\* Por favor, consulte el manual de instalación del sensor

## Pedidos:

**DT8016AF4** Sensor de movimiento DUAL TEC® con óptica de espejo y antienmascaramiento - Grado 3

**DT8016MF4** Sensor de movimiento DUAL TEC® con óptica de espejo - Grado 2

## Accesorios:

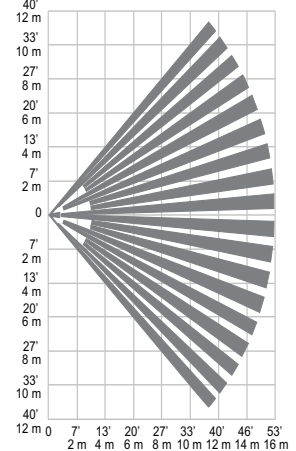
**SMB10** Rótula de montaje blanca (paquete de 5)

**SMB10C** Rótula de montaje a techo blanca (paquete de 5)

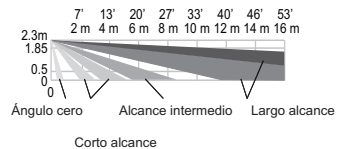
**SMB10T** Rótula de montaje con tamper blanca (paquete de 5)

## Patrones de detección:

### • Vista superior



### • Vista lateral



### • Vista interior



Honeywell se reserva el derecho a modificar las especificaciones de los productos sin previo aviso.

## Más información:

[www.honeywell.com/security/es](http://www.honeywell.com/security/es)

## Honeywell Security Group

Avenida de Italia, 7

C.T. Coslada

28821 Coslada (Madrid)

España

Tel: +34 902 667 800

[www.honeywell.com](http://www.honeywell.com)

HSC-DT8016AF4-06-ES(0914)DS-Z

Septiembre 2014

© 2014 Honeywell International Inc.

**Honeywell**

### 13.1.6 Honeywell SC100.

# SC100 series

## Seismic sensor



The SC100 range of Seismic sensors is designed to detect specific vibrations arising from attempts to penetrate high value storage units, protecting them against intrusion.

The SC100 model is a universal seismic sensor which can be used to protect Vaults, Doors, fixed ATMs, Safes and other solid structures.

The SC105 is a dedicated version for portable ATMs, ticket or vending machines that are situated in noisy

environments. It offers the optimum sensitivity/false alarm immunity ratio for such free-standing objects.

The SC100 series offers several unique features that reduce installation time including integrated EOL resistors, a built-in diagnostic tool and the smallest footprint available on market.

## Features:

- **Detects attacks on:** ATMs, night deposit safes, free standing safes, vault doors, strong room vaults, modular vaults, vending machines, hatches, gates, chests, gun cabinets and other solid structures.
- **Detects attacks from items such as:**
  - Sledgehammers or explosives
  - Repeated blows from hammers and chisels
  - Drilling with normal and water-cooled diamond drills; cutting with mechanical, thermal and water jet cutting tools; penetration by oxy/acetylene torches and thermal lances
  - Hydraulic jacks
- **Smallest sensor:** Smallest available on the market so easier to fit when space is limited.
- **Universal (ATM& vault):** The SC100 can also be used for ATM's and night deposit safes using a simple dip switch setting where others use separate sensors.
- **Drilling shield (standard):** Protects internal electronics against sabotage.
- **Extended temperature range:** Allows operation in extreme temperature conditions (-40°C to +70°C).
- **Remote sensitivity reduction input:** Allows remote adjustment of sensor sensitivity during ATM servicing to avoid false alarms.
- **Universal mounting plate:** Uses most pre-drilled mounting holes thus eliminating time consuming drilling/threading. Also makes refurbishment easier. In addition, the same mounting plate can be used for both mounting on concrete and welding on steel.
- **Integrated EOL resistors:** Saves installation time as End Of Line resistors for both alarm and tamper loop are built into the sensor and DIP-switch selectable. This also reduces future requirements for servicing arising from faulty EOL resistor connections.
- **Integrated temperature alarm:** Alarm triggers on both SC100 and SC105 sensors if the local temperature exceeds 85°C. Additionally the SC100 version alarms when temperature rises faster than 6°C per minute. This helps detect attacks by oxy/acetylene torches and thermic lances.
- **Diagnostic LED:** A built-in tool enables easy selection of the correct sensitivity setting, removing the need for time consuming external tools.
- **Selectable sensitivity:** Four different sensitivity settings available to adapt to required range and environmental conditions.
- **Remote test electronics / test transmitter:** Input to remotely start functional test using the SC113 (internal) test transmitter or SC115 (external) test transmitter
- **Available accessories:** Mounting plate, keyhole protection kit, Day/Night kit, Test transmitter (internal), Test transmitter (external) and armed cable; This range of accessories allows the SC100 and SC105 Seismic sensors to be installed in a wide range of applications.
- **Low current consumption:** Typically 3mA @ 12VDC

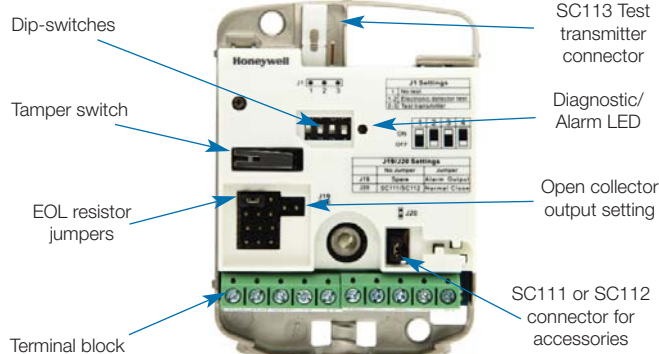
# SC100 series

## Seismic sensors

| Specifications           |                                                                             | SC100                                                                                                              | SC105                                                                                                                                            |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Power Requirements       | Supply Voltage                                                              | 8 – 16 VDC, nominal 12 VDC                                                                                         |                                                                                                                                                  |
|                          | Current Consumption                                                         | Typical 3 mA @ 12 VDC                                                                                              |                                                                                                                                                  |
| Sensitivity              | Adjustable Sensitivity                                                      | 4 levels by DIP Switches                                                                                           |                                                                                                                                                  |
|                          | ATMs / Vault Selection                                                      | by DIP switch                                                                                                      | N/A                                                                                                                                              |
|                          | Delayed Triggering                                                          | N/A                                                                                                                | by DIP switch                                                                                                                                    |
|                          | Reduced Sensitivity Input                                                   | For maintenance & Service: Active low (<1.5 VDC)                                                                   |                                                                                                                                                  |
|                          | Detection Radius                                                            | 5m                                                                                                                 | 3m                                                                                                                                               |
|                          | Alarm algorithm                                                             | Highly sensitive to all known attacks while rejecting known false alarm sources by innovative filters and firmware | Equal to SC100 but adapted to higher environmental noise of public areas where protected objects mainly are installed to prevent unwanted alarms |
| Alarm Outputs            | Solid State Relay (Change Over)                                             | 30 VDC / 100 mA; Type C                                                                                            | 30 VDC / 100 mA; Type A                                                                                                                          |
|                          | Open Collector                                                              | Active low during alarm                                                                                            |                                                                                                                                                  |
|                          | Alarm Hold Time                                                             | Approx. 2.5 secs                                                                                                   |                                                                                                                                                  |
| Sabotage Protection      | Pry-off and Cover Switch                                                    | 30 VDC / 100 mA                                                                                                    |                                                                                                                                                  |
|                          | Low Supply Voltage Alarm *                                                  | < 7 VDC                                                                                                            |                                                                                                                                                  |
|                          | Temperature Alarm *                                                         | +85°C ± 5°C                                                                                                        |                                                                                                                                                  |
|                          | Internal Functional Alarm*                                                  | Stainless steel drill shield                                                                                       |                                                                                                                                                  |
| Inputs                   | Remote test                                                                 | Active low 1.5 VDC, test duration < 0.5 sec                                                                        |                                                                                                                                                  |
|                          | Reduced Sensitivity Input                                                   | Active low 1.5 VDC, test duration < 0.5 sec<br>Sensitivity reduction to 12.5 %                                     |                                                                                                                                                  |
| Installation Tool        | A noise and alarm indicator is incorporated to support sensitivity setting. |                                                                                                                    |                                                                                                                                                  |
| Environmental Conditions | Maximum Humidity                                                            | 95% RH (non-condensing)                                                                                            |                                                                                                                                                  |
|                          | Operating Temperature                                                       | -40°C – + 70°C                                                                                                     |                                                                                                                                                  |
|                          | Storage Temperature                                                         | -50°C – + 70°C                                                                                                     |                                                                                                                                                  |
|                          | Environmental Class (VdS)                                                   | III                                                                                                                |                                                                                                                                                  |
|                          | Housing Protection Category                                                 | IP43                                                                                                               |                                                                                                                                                  |
| Housing                  | Dimensions (H x W x D)                                                      | 80 mm x 60 mm x 21 mm                                                                                              |                                                                                                                                                  |
|                          | Chassis and Cover                                                           | Die-cast metal                                                                                                     |                                                                                                                                                  |
|                          | Colour                                                                      | RAL7035 (light grey)                                                                                               |                                                                                                                                                  |
|                          | Weight                                                                      | 228g                                                                                                               |                                                                                                                                                  |

Honeywell reserves the right to alter the specification of products without notice.

| Applications        | SC100 | SC105 |
|---------------------|-------|-------|
| Vault Doors         | ✓     |       |
| ATMs                | ✓     |       |
| Night Deposit Safes | ✓     |       |
| Strong Room Vaults  | ✓     |       |
| Modular Vaults      | ✓     |       |
| Free Standing Safes | ✓     |       |
| Hatches             | ✓     |       |
| Gates               | ✓     | ✓     |
| Chests              | ✓     | ✓     |
| Lobby-ATMs          |       | ✓     |
| Filing Cabinets     |       | ✓     |
| Containers          |       | ✓     |
| Vending machines    |       | ✓     |
| Ticket machines     |       | ✓     |



### Ordering references:

|              |                                  |              |                                 |
|--------------|----------------------------------|--------------|---------------------------------|
| <b>SC100</b> | Seismic sensor (see table above) | <b>SC114</b> | 1.80m armed cable kit (8 wires) |
| <b>SC105</b> | Seismic sensor (see table above) | <b>SC115</b> | External test transmitter       |
| <b>SC110</b> | Mounting plate                   | <b>SC116</b> | Wall recess mounting kit        |
| <b>SC111</b> | Movable mounting kit             | <b>SC117</b> | Floor recess mounting kit       |
| <b>SC112</b> | Keyhole protection kit           | <b>SC118</b> | Spacer for SC112                |
| <b>SC113</b> | Internal test transmitter        |              |                                 |

### Find out more:

[www.honeywell.com/security/uk](http://www.honeywell.com/security/uk)

Fax: +44 (0) 1698 738300

email: [HSUK64SalesTeam@Honeywell.com](mailto:HSUK64SalesTeam@Honeywell.com)

### Honeywell Security Group

Newhouse Industrial Estate

Motherwell - Lanarkshire

ML1 5SB - Scotland

Tel: +44 (0) 1698 738200

Ampèrestraat 41

1446 TR Purmerend

Nederland

Tel: +31 (0) 299-410200

[www.honeywell.com](http://www.honeywell.com)

HSC-SC10X-02-EN(1210)DS-G  
December 2010

© 2010 Honeywell International Inc.

### SC100 series accessories



SC110



SC111



SC112



SC113



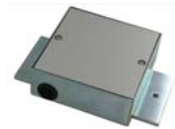
SC114



SC115



SC116



SC117



SC118

# Honeywell

### 13.1.7 Optex RLS-3060V.



# REDSKAN Pro

## SENSORES LIDAR DE LARGO ALCANCE PARA INTERIOR Y EXTERIOR

Extremadamente fiables y versátiles, los sensores de seguridad REDSCAN PRO utilizan tecnología LiDAR para crear un muro o plano láser de alta resolución de hasta 100 m de longitud y ofrecen la protección ideal para perímetros, edificios, tejados y activos.

Gracias a su analítica de detección integrada, el sensor LiDAR detecta de manera precisa, hasta en condiciones meteorológicas y de iluminación cambiantes. La información de detección incluye la velocidad, la distancia de los objetos en movimiento o merodeo y seguimiento de los mismos con coordenadas X, Y exactas.

### Modelos disponibles:

**RLS-50100V** : 50 x 100 m

**RLS-3060V** : 30 x 60 m

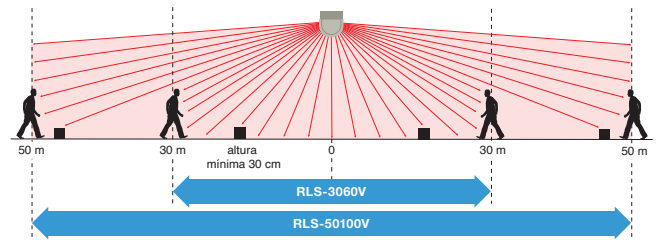


PARA APLICACIONES DE ALTA SEGURIDAD EN EXTERIOR E INTERIOR

# La serie REDSCAN PRO detecta con precisión y consistencia, sin espacios, en áreas cercanas y lejanas.

## Detección precisa en un área extensa

Los modelos REDSCAN PRO ofrecen, respectivamente, un área de detección de 30 × 60 m (RLS-3060V) y de 50 × 100 m (RLS-50100V), protegiendo zonas extensas como una línea de vallado, la fachada de un edificio, áreas abiertas, tejados o techos. En cualquier lugar dentro del área de detección, se detectará el objeto en movimiento con la misma precisión y perspectiva correcta. Los cambios de iluminación no afectan la detección.



La imagen muestra la unidad REDSCAN PRO en un montaje vertical

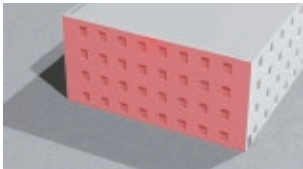
## Montaje vertical u horizontal seleccionable

La serie REDSCAN PRO puede instalarse verticalmente, horizontalmente o con un ángulo de hasta 45°.

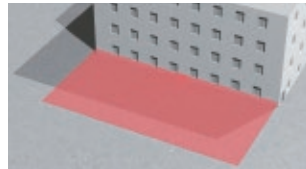
## Método de instalación seleccionable

RLS-3060V y RLV-50100V tienen tres métodos de instalación: Montaje en pared, techo y poste. Puede seleccionar el método que mejor se adapte al lugar de instalación.

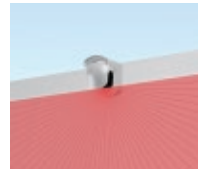
### Área de detección vertical



### Área de detección horizontal



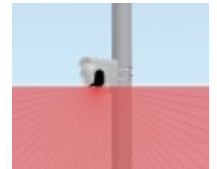
### Montaje en pared



### Montaje en techo

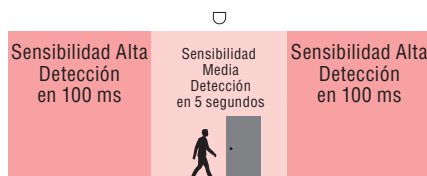


### Montaje en poste

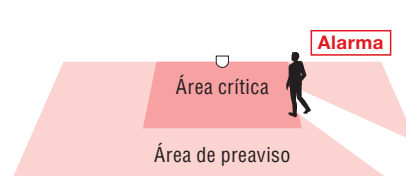


## Ocho zonas de detección independientes

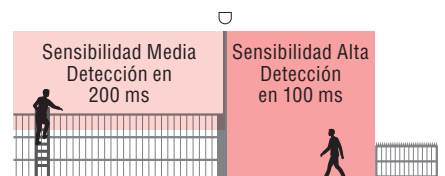
El área de detección puede dividirse hasta en 8 zonas independientes y, para cada una de ellas, pueden personalizarse el tamaño, la sensibilidad y la salida de alarma. Con esta flexibilidad, un sensor puede actuar como varios sensores y adaptarse fácilmente a los requisitos del lugar.



Una zona de detección específica, como una puerta o una ventana, puede establecerse en un nivel de sensibilidad diferente.



Algunas zonas de detección pueden definirse como preaviso y otras como alarma inmediata.

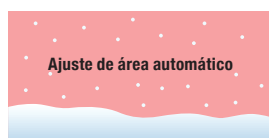


La sensibilidad puede ajustarse conforme al riesgo evaluado por zonas por ejemplo: sensibilidad alta para detectar una persona corriendo; y media para un intruso que escala por una fachada.

# Alto rendimiento y resistencia ambiental

## Ajuste de área automático

Con las estaciones, pueden producirse cambios en el terreno o en el área de detección, por ejemplo la acumulación de hojas o nieve. El ajuste de área automático permite a REDSCAN PRO ajustar de manera dinámica el área de detección entre la altura del objeto y la referencia del suelo. El rango de ajuste es de 1 m de forma predeterminada, pero puede ir de 0 a 20 m.



## Tolerancia a animales pequeños

Cuando la REDSCAN PRO se configura en modo vertical, hay una función de tolerancia a animales pequeños que permite ignorarlos si se mueven por el suelo. De forma predeterminada, esta función está habilitada, pero podría deshabilitarse si es necesario, aumentando la sensibilidad de la detección cerca del suelo.



## Función de resistencia ambiental

Esta función ofrece una estabilidad de detección adicional en condiciones climatológicas adversas como la niebla o nieve. El sensor proporciona diferentes configuraciones para ajustar el algoritmo de detección, en función de la severidad o de la densidad del clima.



# Facilidad de instalación y configuración

## Visualización del área de detección

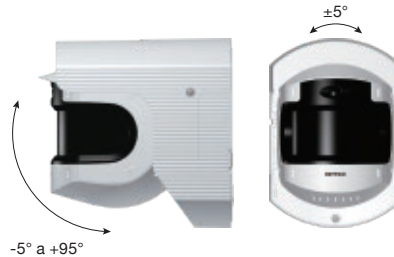
La serie REDSCAN PRO incluye una cámara de asistencia que ofrece una línea láser guía sobre el área detectada. Esta ayuda permite una alineación aproximada y rápida del área de detección.



Cámara de asistencia (2 MP, vista panorámica)

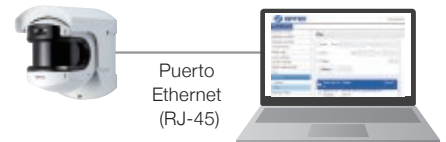
## Función integrada de ajuste de ángulo

El soporte integrado de la carcasa permite una inclinación de  $-5^{\circ}$  a  $95^{\circ}$ . El ajuste lateral de  $\pm 5^{\circ}$  se proporciona mediante software.



## Interfaz web de usuario intuitiva

Todos los ajustes se realizan mediante el navegador web, lo que facilita y flexibiliza la configuración y el mantenimiento.



## Compatible con ONVIF (Profile S)



ONVIF es una marca comercial de Onvif, Inc.  
[www.onvif.org/profiles/profile-s/](http://www.onvif.org/profiles/profile-s/)

Las unidades REDSCAN PRO LiDAR son sensores compatibles con el (Profile S) de ONVIF, permitiendo el envío de salidas de alarma a través del protocolo ONVIF a cualquier sistema de vídeo de la red compatible con ONVIF o a dispositivos de la red IP.

# Verificación de eventos

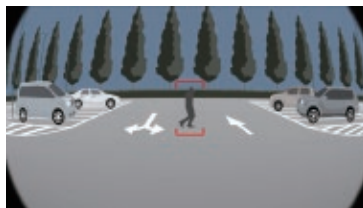
## Función de registro de eventos

Los eventos quedan registrados en el dispositivo.

|                          | Fecha y hora        | Activación                    | Resultado |
|--------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------|
| <input type="checkbox"/> | 2019/05/18 04:58:08 | MO/A1/AA/CC/DQ/AR/AM/TR/SQ/TA |           |
| <input type="checkbox"/> | 2019/05/18 20:58:08 | MO/A1/AA/CC/DQ/AR/AM/TR/SQ/TA |           |
| <input type="checkbox"/> | 2019/05/19 07:58:08 | MO/A1/AA/CC/DQ/AR/AM/TR/SQ/TA |           |

## Cámara de asistencia (2 MP, 170°)

Las imágenes anteriores y posteriores a los eventos se almacenan con el registro para la verificación y el análisis de las alarmas.



## Memoria de alta capacidad

Los eventos registrados, las imágenes y los vídeos se guardan en la memoria interna. Pueden almacenarse hasta 500 eventos.



# Aplicaciones

El REDSCAN PRO gracias a la alta resolución, a la velocidad de detección y a la precisión de su tecnología láser puede proteger lugares de alta seguridad contra múltiples tipos de intrusión y acceso no autorizado.

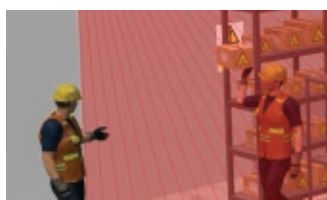
## Detección de una persona a gatas



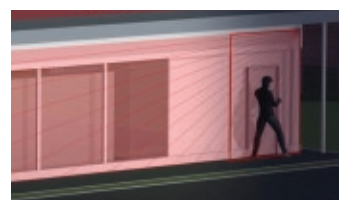
## Detección de una persona corriendo



## Detección de lanzamiento de un objeto



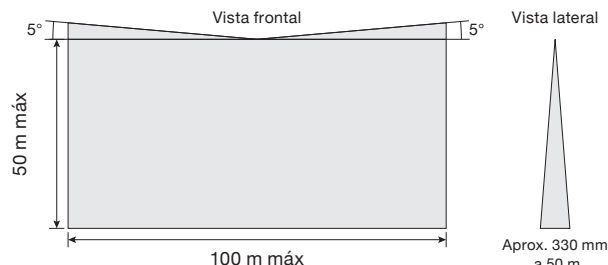
## Detección de intrusión rápida



## Áreas de detección

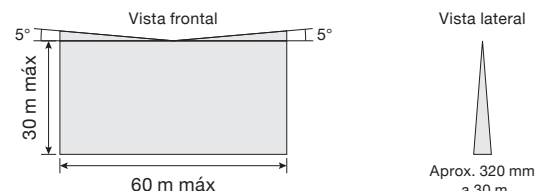
### RLS-50100V

- 50 x 100 m
- Resolución de detección muy alta: 0,125°
- Área de detección rectangular
- Función de registro con cámara
- Ajuste mediante navegador de Internet



### RLS-3060V

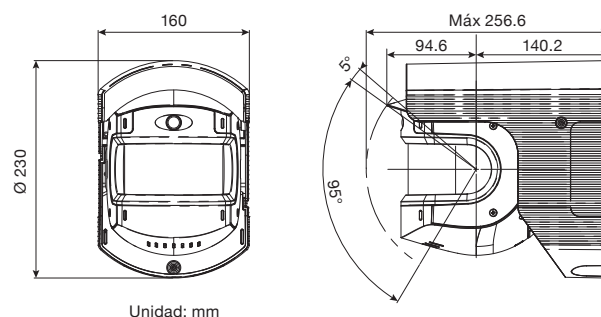
- 30 x 60 m
- Resolución de detección alta: 0,25°
- Área de detección rectangular
- Función de registro con cámara
- Ajuste mediante navegador de Internet



## Opciones

| LAC-1                                                               | RLS-LWV                                          | RLS-LWVH                                                                |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Herramienta de verificación de área láser para todas las series RLS | Ventana de reemplazo para RLS-3060V y RLS-50100V | Ventana de reemplazo con unidad calefactora para RLS-3060V y RLS-50100V |
|                                                                     |                                                  |                                                                         |

## Dimensiones



Unidad: mm

## Especificaciones

| Modelo                                      | RLS-50100V                                                         | RLS-3060V                                      |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Ubicación de la instalación                 | Interior / Exterior                                                |                                                |
| Método de detección                         | Escáner láser infrarrojos                                          |                                                |
| Clase de protección láser                   | Clase 1                                                            |                                                |
| Entrada de alimentación                     | De 19,2 a 30 VCC, PoE+ (compatible con IEEE 802.3at)               |                                                |
| Consumo de corriente                        | 500 mA máx. (24 VCC), 12 W máx. (PoE+)                             |                                                |
|                                             | con opción de calefactor: 1,25 A máx. (24 VCC), 25,5 W máx. (PoE+) |                                                |
| Método de montaje                           | Montaje en techo, Montaje en pared, Montaje en poste               |                                                |
| Área de detección                           | 50 x 100 m, 190 grados                                             | 30 x 60 m, 190 grados                          |
| Rango de detección                          | Radio de 1 a 50 m con un 10 % de reflectividad                     | Radio de 1 a 30 m con un 10 % de reflectividad |
| Resolución de detección/tiempo de respuesta | 0,125 grados/de 100 ms a 15 min                                    | 0,25 grados/de 100 ms a 15 min                 |
| Altura de montaje (modo vertical)           | Interior: 2 m o más/Exterior: 4 m o más (recomendado)              |                                                |
| Puerto de comunicación                      | Ethernet RJ-45 10BASE-T/100BASE-TX (autonegociación)               |                                                |
| Protocolos                                  | UDP/TCP/HTTP/HTTPS/IPV4/DNS/DHCP/SNMPv1-v3/NTP/WS-Discovery/ONVIF  |                                                |
| Salida                                      | 6 salidas, 28 VCC, 0,2 A máx. N.A./N.C. seleccionable              |                                                |
| Entrada                                     | 1 entrada de voltaje sin contacto                                  |                                                |
| Periodo de alarma                           | Temporizador de retardo de aproximadamente 2 s                     |                                                |
| Temperatura de funcionamiento               | De -20°C a 60 °C                                                   |                                                |
|                                             | con RLS-LWVH: de -40°C a 60 °C                                     |                                                |
| Dimensiones, peso                           | 230 x 160 x 256,6 mm máx., 2,6 kg                                  |                                                |
| Grado de protección IP                      | IP66                                                               |                                                |



OPTEX CO., LTD. (JAPAN)

www.optex.co.jp/e

OPTEX INC. / AMERICAS HQ (U.S.)  
www.optexamerica.com  
OPTEX EMEA Security Headquarters  
OPTEX (EUROPE) LTD (UK)  
OPTEX Security B.V. (Netherlands)  
www.optex-europe.com

OPTEX SECURITY SAS (France)  
www.optex-europe.com/fr  
OPTEX SECURITY Sp.z o.o. (Poland)  
www.optex-europe.com/pl  
OPTEX/ Fiber Sensys (Middle East)  
www.optex-fsi.com  
OPTEX PINNACLE INDIA, PVT., LTD. (India)  
www.optexpinnacle.com  
OPTEX KOREA CO., LTD. (Korea)  
www.optexkorea.com

OPTEX (DONGGUAN) CO., LTD.  
SHANGHAI OFFICE (China)  
www.optexchina.com  
OPTEX (Thailand) CO., LTD. (Thailand)  
www.optex.co.th

#### 13.1.8 Optex HX80-DAM.



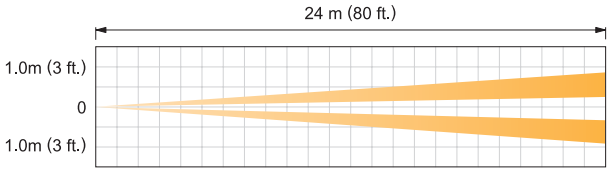
Specifications

| Model                 | HX-80N                                                   | HX-80NAM                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------|
| Detection method      | Passive infrared                                         |                              |
| Anti-masking          | -                                                        | ✓                            |
| PIR Coverage          | 24.0 m × 2.0 m (80' × 6'7") narrow / 20 zones            |                              |
| PIR distance limit    | 6.5 m, 10.0 m, 13.0 m, 18.0 m (22', 33', 42', 59')       |                              |
| Detectable speed      | 0.3 m/s - 1.5 m/s (1'/s - 4'11"/s)                       |                              |
| Sensitivity           | 2.0 °C (3.6 °F) at 0.6 m/s                               |                              |
| Power input           | 9.5 - 18 V DC                                            |                              |
| Current draw          | 35 mA (max.) at 12 V DC                                  | 40 mA (max.) at 12 V DC      |
| Alarm period          | 2.0 ± 1 sec.                                             |                              |
| Warm-up period        | Approx. 60 sec. (LED blinks)                             |                              |
| Alarm output          | Form C 28 V DC 0.2 A (max.)                              |                              |
| Tamper output         | N.C. 28 V DC, 0.1 A (max.) N.C. open when cover removed. |                              |
| Trouble output        | -                                                        | N.C. 28 V DC, 0.1 A (max.)   |
| Aux input             | N.C. 28 V DC, 0.1 A (max.)                               |                              |
| LED indicator         | Red: Warm-up, Alarm                                      | Red: Warm-up, Alarm, Trouble |
| RF interference       | No alarm 10 V/m                                          |                              |
| Operating temperature | -20 - +60 °C (-4 - +140 °F)                              |                              |
| Environment humidity  | 95% max.                                                 |                              |
| Weatherproof          | IP55                                                     |                              |
| Mounting              | Wall                                                     |                              |
| Mounting height       | 2.5 - 3.0 m (8'2" - 9'10")                               |                              |
| Bracket adjust angle  | Vertical: ±20° Horizontal: ±95°                          |                              |
| Weight                | 720 g (25.4 oz.)                                         |                              |
| Accessories           | Bracket, Screw (4 × 20 mm) × 4                           |                              |

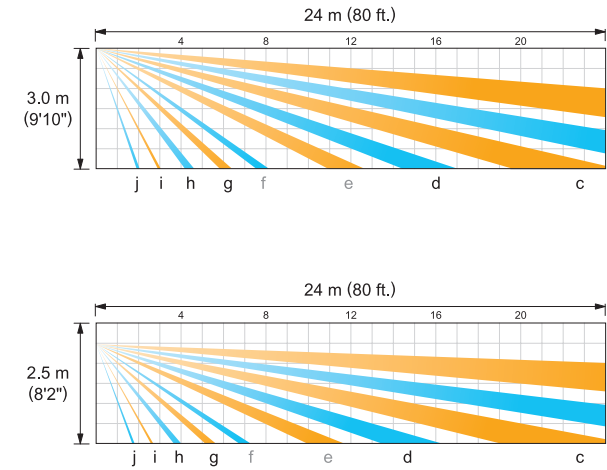
\*Specifications and designs are subject to change without prior notice.  
\*Batteries and wireless transmitters are not included these products.

Coverage

Top view

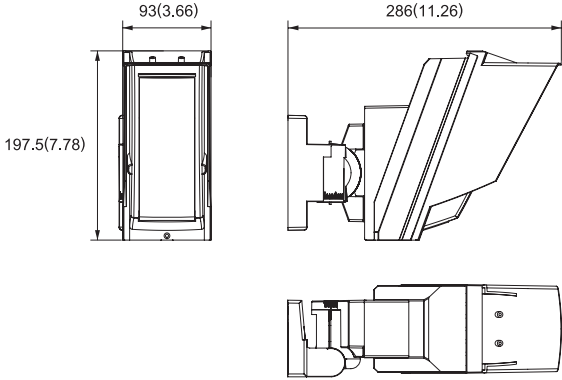


Side view

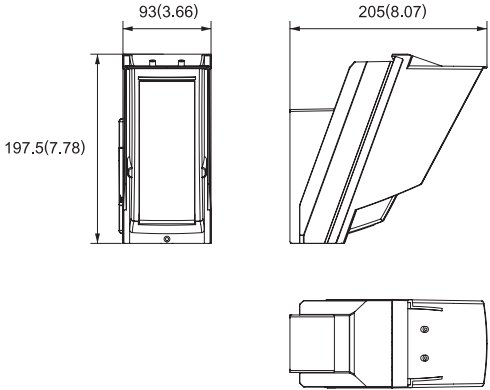


Dimensions

Using bracket



Without bracket



mm (inch)

24m Long and Narrow range  
High mount Outdoor detector

**HX-80N**  
**series**



Introducing No.1  
OPTEX advantage

- HX-80N** : 2 PIRs standard model
- HX-80NAM** : Anti-masking model
- HX-80NRAM** : Battery operated model



**OPTEX CO., LTD.** (ISO 9001 Certified / ISO14001 Certified)  
5-8-12 Ogoto, Otsu, Shiga, 520-0101 Japan  
TEL +81(0)77 579 8670 FAX +81(0)77 579 8190 <http://www.optex.co.jp/e/>  
OPTEX INCORPORATED (USA) <http://www.optexamerica.com/>  
OPTEX (EUROPE) LTD. (UK) <http://www.optex-europe.com/>  
(ISO9001 Certified)  
OPTEX SECURITY SAS (FRANCE) <http://www.optex-security.com/>  
OPTEX KOREA CO., LTD. (KOREA) <http://www.optexkorea.com/>  
OPTEX SECURITY Sp. z o.o. (POLAND) <http://www.optex.com.pl/>  
OPTEX (DONGGUAN) CO., LTD. <http://www.optexchina.com/>  
Shenzhen office (CHINA)



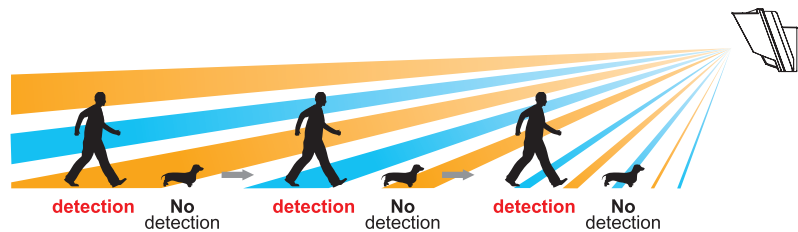
# 24m/80ft. Closing time for intruders

We are bringing down the curtain.

## Product features

### Catch performance

The HX Series features superb Catch Performance. The most important element in reliable outdoor detector is accuracy to distinguish a human from a small animal. The exclusive pyro element on board enables the HX to project an ideal detection pattern, thus allowing for more accurate detection of humans and less false alarms.



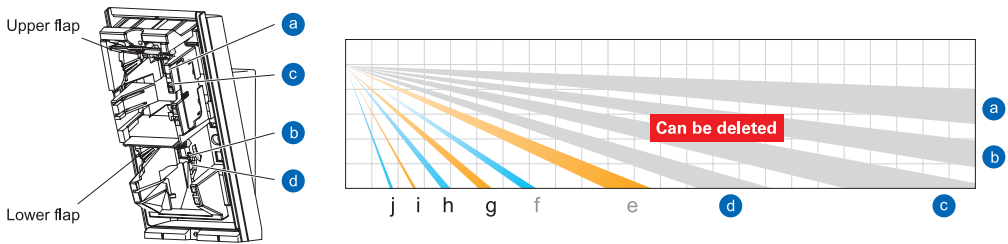
**HX-80N** 2 PIRs standard model

### Adjustability

HX coverage can be adjusted by means of built-in flaps and plates

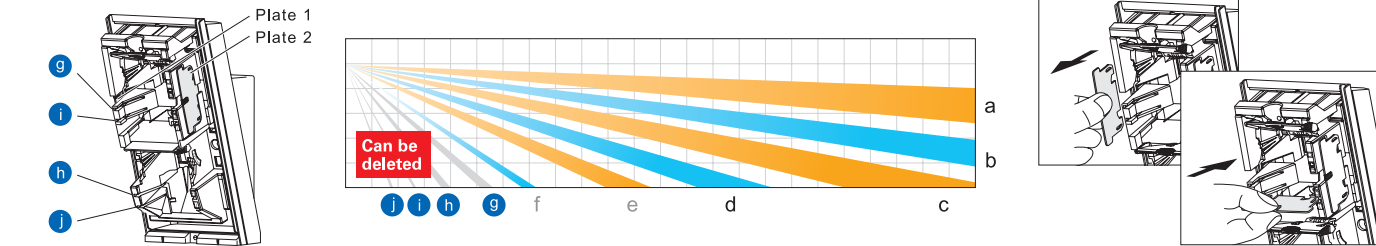
#### Flaps for long distance limit

To adjust the long range of detection, set the upper and lower flaps.



#### Plates for short range masking

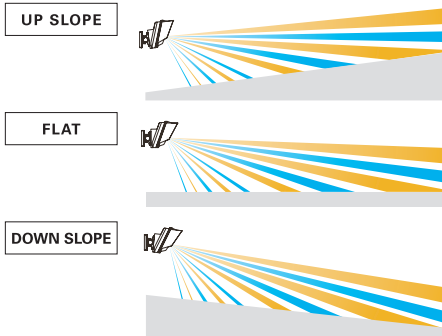
To adjust the short range of detection, set the masking plates.



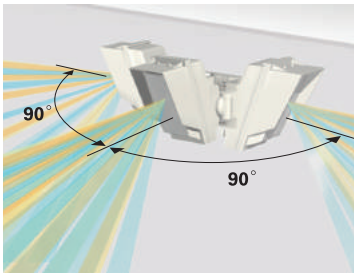
\* Plate 1 and 2 are identical.

### Slope friendliness

Not all outdoor ground is flat like most indoor environments. Steep slopes can cause negative effects on the catch performance feature. The adjustable included bracket enables the HX to maintain the optimal catch performance.



### 180° horizontal angle adjustable bracket



### Basic Performance

- Mounting height 2.5-3.0m
- Intelligent AND detection logic with unique pyro-element
- Double conductive shielding
- Advanced temperature compensation logic
- Summer night compensation logic
- Vegetation sway analysis logic

### Product line up

**HX-80NAM** Anti-masking

#### Active IR digital anti-masking

When an object is placed close to the lens surface, for a period of more than 180 seconds, the IR Anti-Masking circuit will activate and generate a trouble signal.

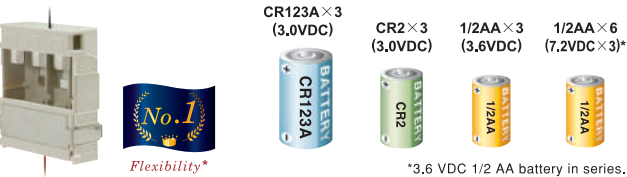


**HX-80NRAM** Battery operated model

#### Save installation time and cost.

HX-80NRAM is battery operated model therefore requires no complicated wiring.

#### Battery box for numerous battery types



### Application



Residential site



Commercial site



Storage site

\*According to our survey on November, 2010.

### 13.1.9 Optex FTN-AM.





**FTN-ST:** Modelo standard con dos PIR

**FTN-AM:** Igual que el FTN-ST pero con antimasking

## PRESTACIONES

---

- \* Diseño compacto
- \* Soporte ajustable 190°
- \* Lógica inteligente AND
- \* Antimasking digital (modelo AM)
- \* Tamper (opcional)

## CONTENIDO

---

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN                              | 2  |
| 1.1 Antes de la instalación                  | 2  |
| 1.2 Descripción de los elementos             | 3  |
| 1.3 Área de detección                        | 4  |
| 2. INSTALACIÓN                               | 4  |
| 3. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO (Walk Test)      | 7  |
| 4. CONFIGURACIÓN DEL DIP SWITCH              | 8  |
| 4.1 LED                                      | 8  |
| 4.2 Salida alarma                            | 8  |
| 4.3 Sensibilidad PIR                         | 8  |
| 4.4 Antimasking                              | 8  |
| 5. OTROS                                     | 9  |
| 5.1 Conexión del Tamper (opcional)           | 9  |
| 5.2 Ejemplo de cableado final de línea (EOL) | 10 |
| 5.3 Significado de los colores del LED       | 10 |
| 6. ESPECIFICACIONES                          | 11 |
| 7. DIMENSIONES                               | 11 |

## Advertencias de Seguridad:

Antes de realizar la instalación, asegúrese de leer atentamente estas instrucciones para trabajar de un modo seguro y efectivo. Conserve este manual para posibles consultas futuras.



Nunca utilice este producto para una aplicación distinta de la detección de movimiento. Asimismo no lo utilice para activar un obturador o similar. Podría causar daños.



Para evitar el riesgo de choque eléctrico, no toque la carcasa con las manos mojadas. Evite tocarlo si el producto se humedece tras la lluvia.



No intente desmontar el sensor o modificarlo, ya que incrementaría el riesgo de incendio.



No intente conectar los terminales a unidades que necesiten una alimentación mayor. Esto podría dañar el producto.



Evite la proyección directa de agua sobre el producto.



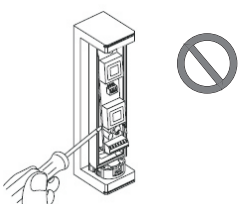
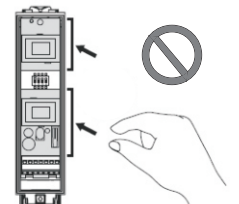
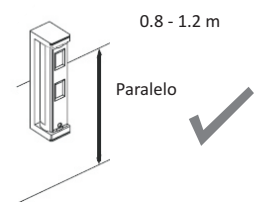
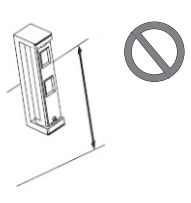
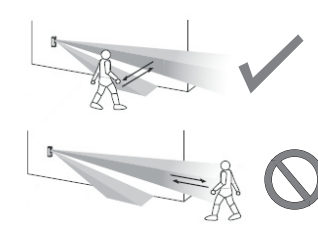
Limpie e inspeccione el sensor de forma periódica. Si detecta cualquier anomalía, contacte con su proveedor habitual.

## 1. INTRODUCCIÓN

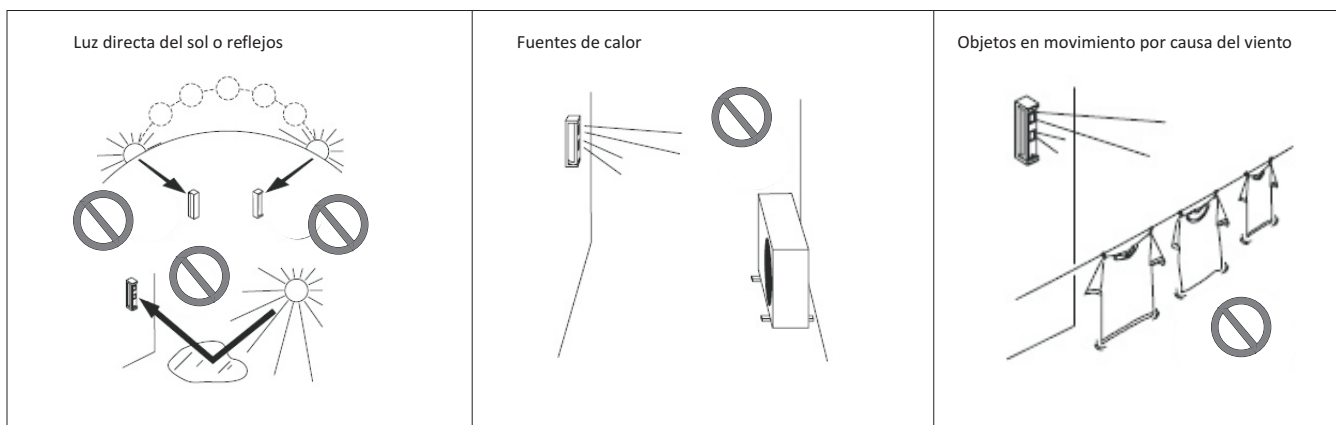
### 1.1 Antes de la instalación

|                                                                                                         |                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <b>Advertencia!</b> | Respete estas instrucciones de seguridad para prevenir daños serios o incluso la muerte. |
|  <b>Precaución!</b>  | Siga estas precauciones para prevenir potenciales heridas o daños materiales.            |

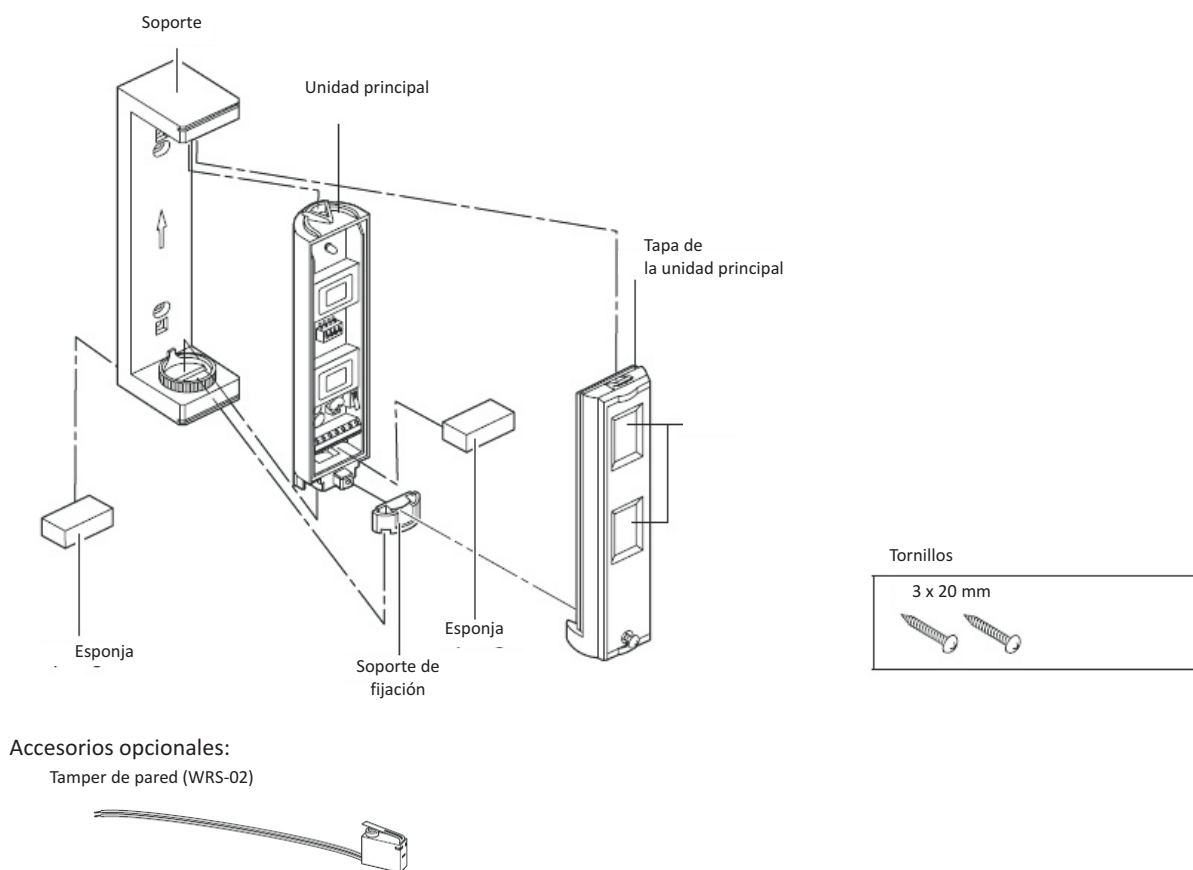
La marca  indica recomendación  
La señal  indica prohibición

|  <b>Advertencia!</b>                                             |  <b>Precaución!</b>                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>No extraiga el circuito impreso</p>                           | <p>No toque el circuito impreso salvo para ajustar el DIP switch</p>                                                                                                                                                        |
| <p>Altura de instalación</p> <p>0.8 - 1.2 m</p> <p>Paralelo</p>  | <p>Mantenga el sensor paralelo al suelo</p>  <p>Considere la dirección de una persona aproximándose, así como el área de detección</p>  |

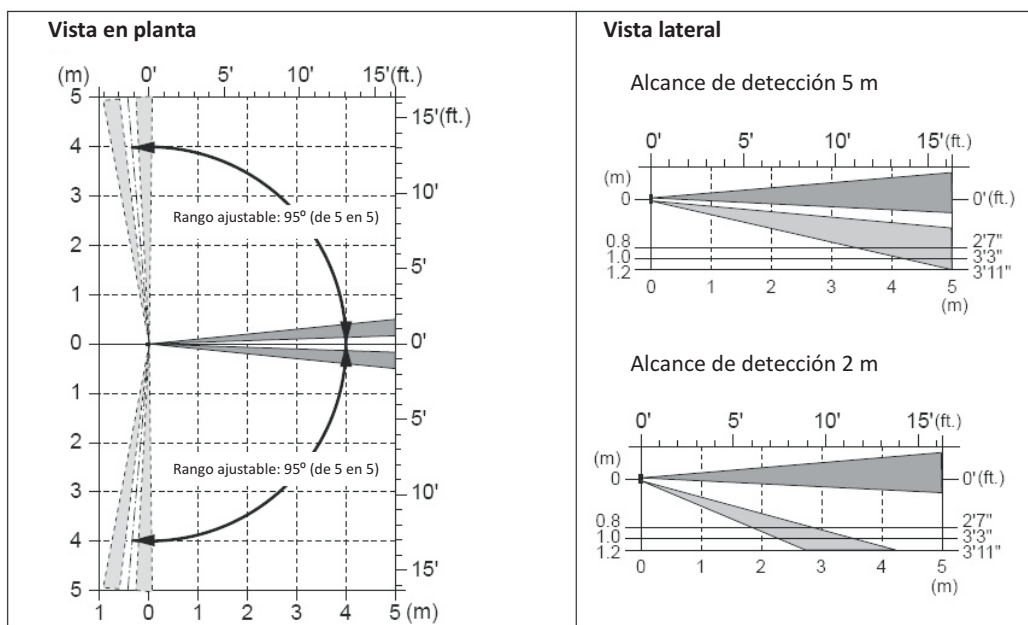
Instale el sensor en un lugar libre de factores que puedan originar falsas alarmas. Por ejemplo:



## 1.2 Descripción de los elementos

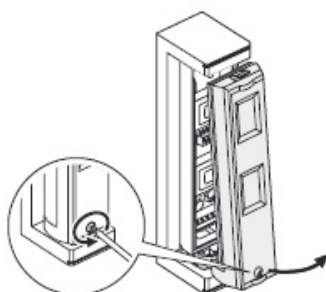


## 1.3 Área de detección

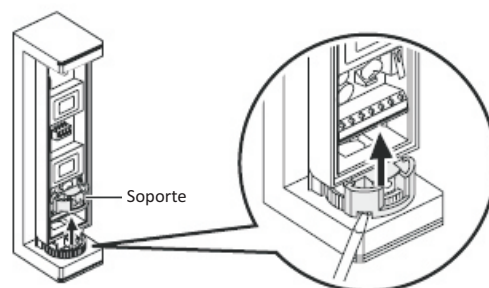


## 2. INSTALACIÓN

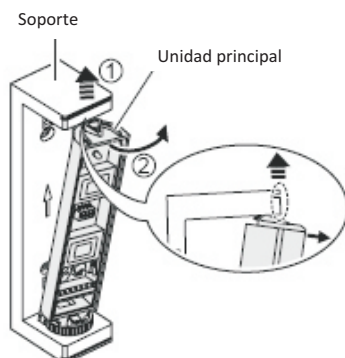
### 1 Abra la tapa



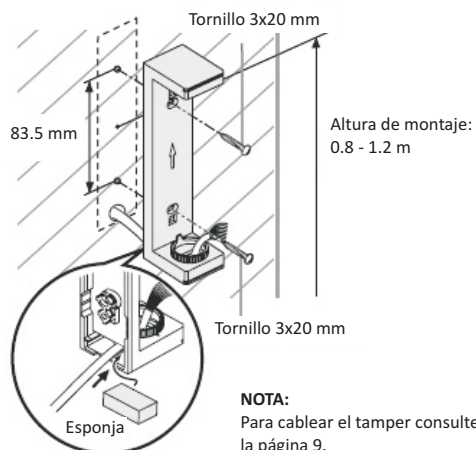
### 2 Retire el soporte de fijación



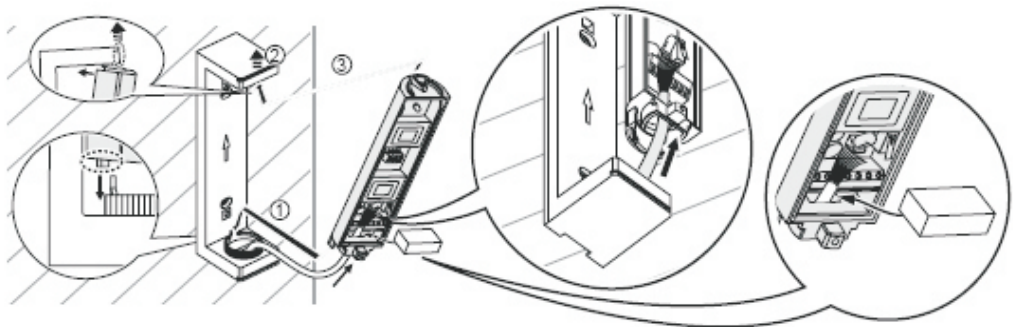
### 3 Tire de la parte superior del soporte hacia arriba y extraiga la unidad principal.



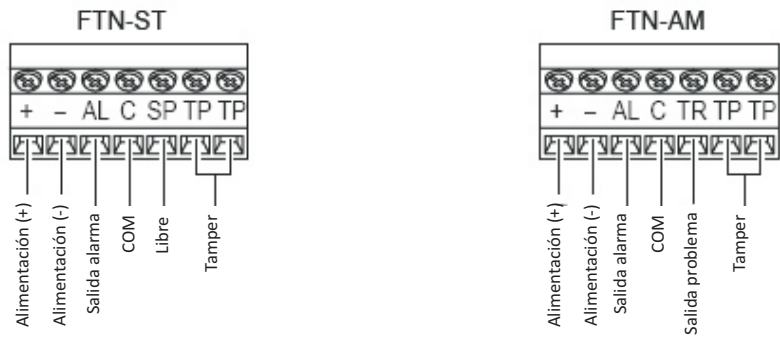
### 4 Pase el cable de la pared a través de la abertura inferior del soporte. Monte luego el soporte sobre la pared.



- 5** Pase el cable a través de la unidad principal. Tire ligeramente hacia arriba de la parte superior del soporte y monte la unidad.



**6** Terminales de los cables

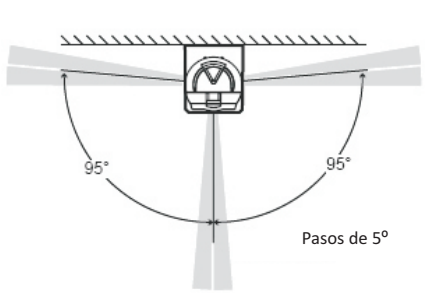


**NOTAS:**  
\* La salida antimasking se conoce como "salida problema".  
\* Para EOL consulte la página 10.

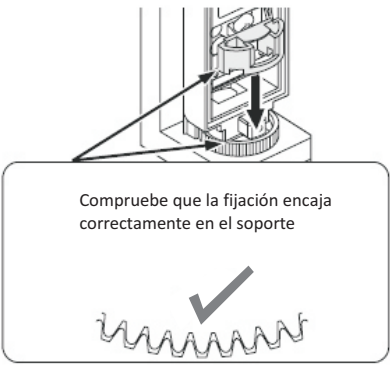
Longitud del cable de alimentación:

| Diámetro de cable             | FTN-ST |        | FTN-AM |        |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                               | 12 V   | 14 V   | 12 V   | 14 V   |
| AWG22 (0.33 mm <sup>2</sup> ) | 340 m  | 730 m  | 290 m  | 620 m  |
| AWG20 (0.52 mm <sup>2</sup> ) | 530 m  | 1160 m | 450 m  | 980 m  |
| AWG18 (0.83 mm <sup>2</sup> ) | 850 m  | 1850 m | 720 m  | 1570 m |

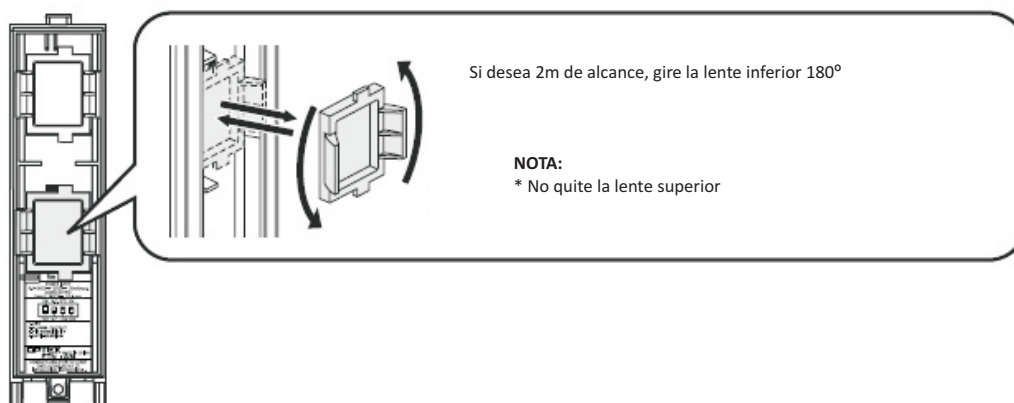
- 7** Determine el ángulo horizontal de detección y encaje la fijación.



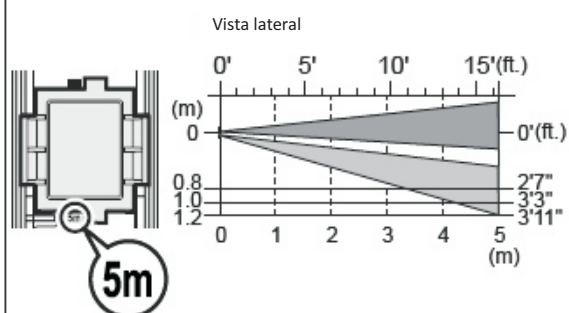
**NOTA:**  
Para hacer ajustes, mueva la fijación.



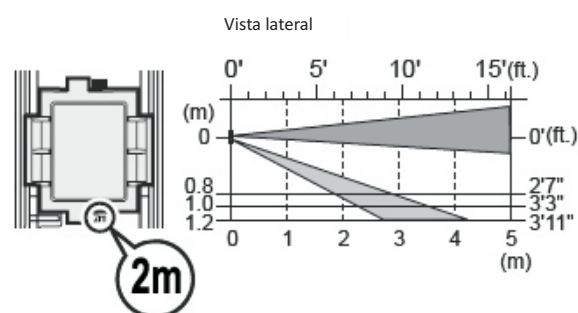
## 8 Determine el alcance de detección (2m ó 5m)



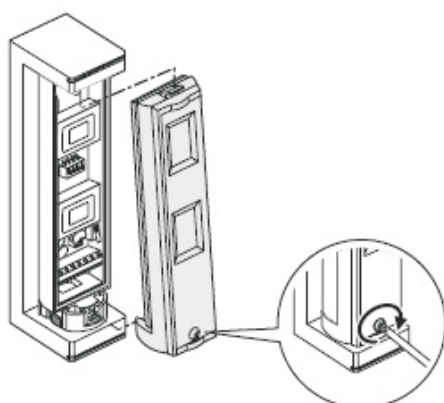
Alcance de detección 5 m (el que viene por defecto)



Alcance de detección 2 m



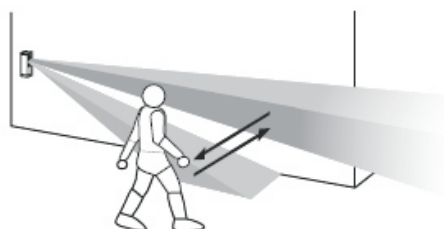
## 9 Coloque la tapa de la unidad principal



### NOTA:

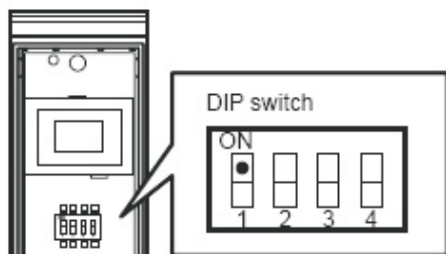
Para preparar la prueba de funcionamiento (test walk), compruebe que el switch 1 del DIP está en ON antes de colocar la cubierta

## 10 Realice la prueba de funcionamiento (walk test). Para más detalles, consulte la página 7.



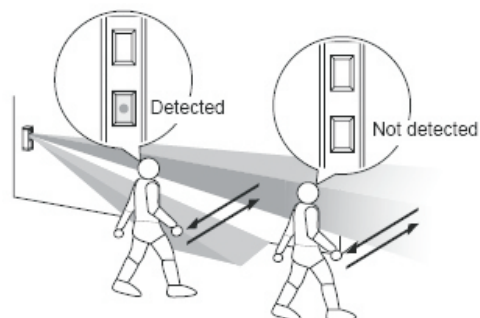
### 3. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO (WALK TEST)

- 1** Coloque el switch 1 (LED) en ON

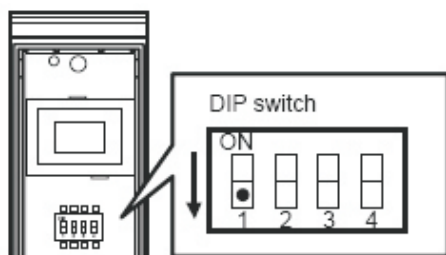


**NOTA:**  
El switch viene en ON de fábrica

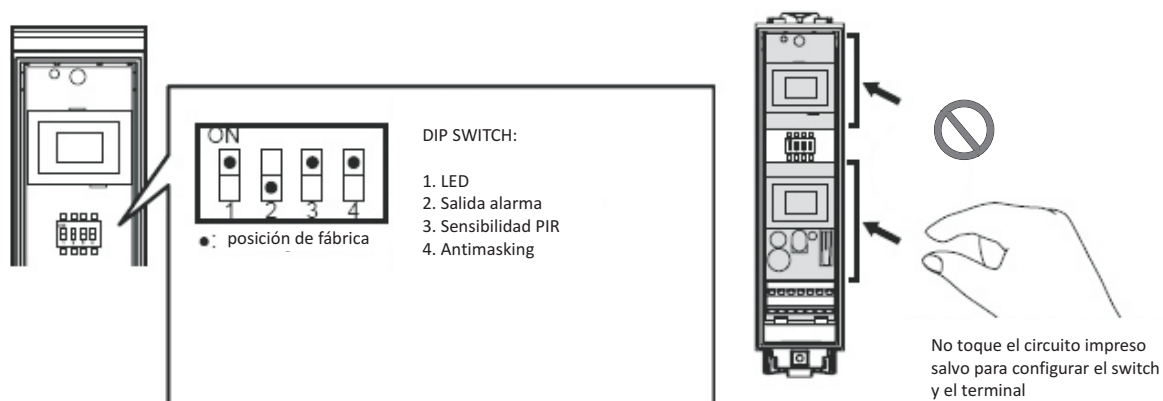
- 2** Compruebe que el LED se enciende durante 2 s cuando se detecta un objeto.



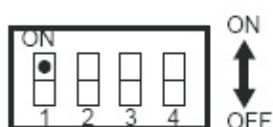
- 3** Si el LED no necesita encenderse siempre, coloque el switch en OFF.



## 4. CONFIGURACIÓN DEL DIP SWITCH



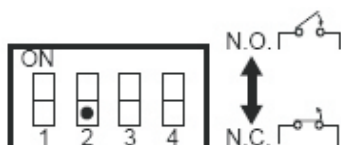
### 4.1 LED



DIP switch 1

| Posición        | Función |
|-----------------|---------|
| ON (de fábrica) | LED OFF |
| OFF             | LED ON  |

### 4.2 Salida de alarma



DIP switch 2

| Posición          | Función     |
|-------------------|-------------|
| N.O.              | salida N.O. |
| N.C. (de fábrica) | salida N.C. |

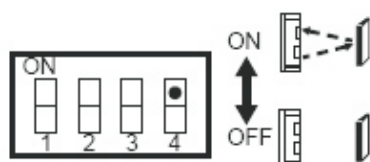
### 4.3 Sensibilidad PIR



DIP switch 3

| Posición         | Función             |
|------------------|---------------------|
| STD (de fábrica) | Sensibilidad normal |
| LOW              | Sensibilidad baja   |

### 4.4 Antimasking (sólo modelo FTN-AM)



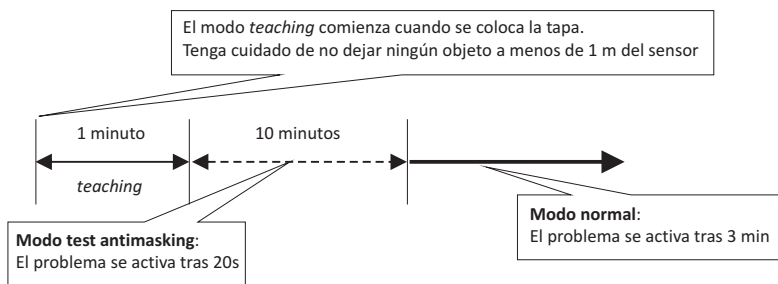
DIP switch 4

| Posición         | Función             |
|------------------|---------------------|
| STD (de fábrica) | Sensibilidad normal |
| LOW              | Sensibilidad baja   |



## Función ANTIMASKING

Cuando las condiciones de enmascaramiento continúan durante más de 3 minutos, se genera un problema (*trouble*). El problema se inicia tras 20 segundos en el modo de test antimasking.



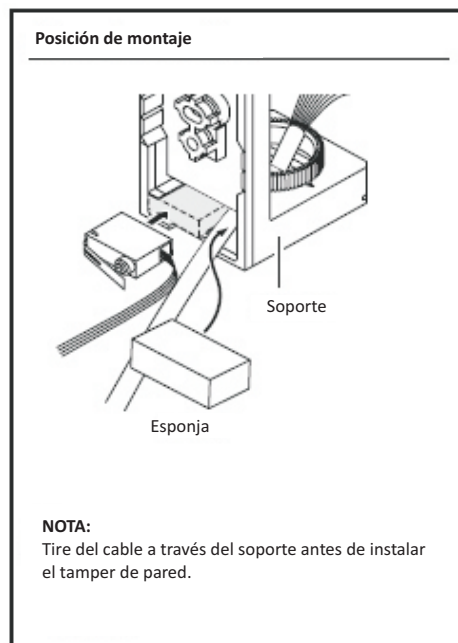
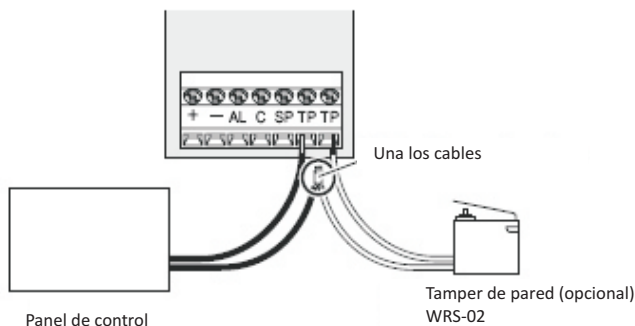
### NOTA:

Si se genera un problema (detección falsa de antimasking) inmediatamente después de arrancar, cambie el DIP switch 4 a la posición OFF y luego a ON. A continuación cierre la tapa.

## 5. OTROS

### 5.1. Conexión del Tamper (opcional)

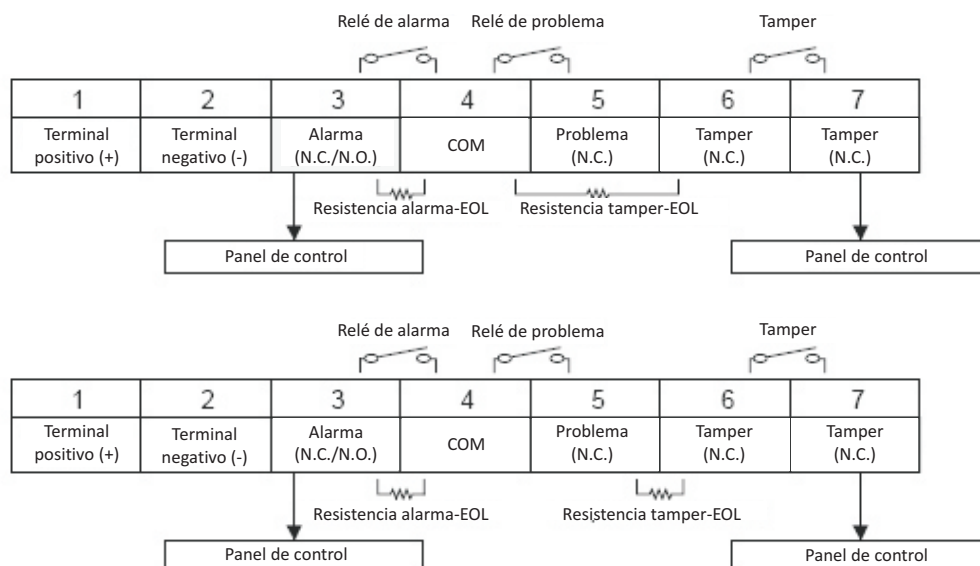
Conecte el cable del tamper como se muestra en la figura. El tamper de pared es opcional.



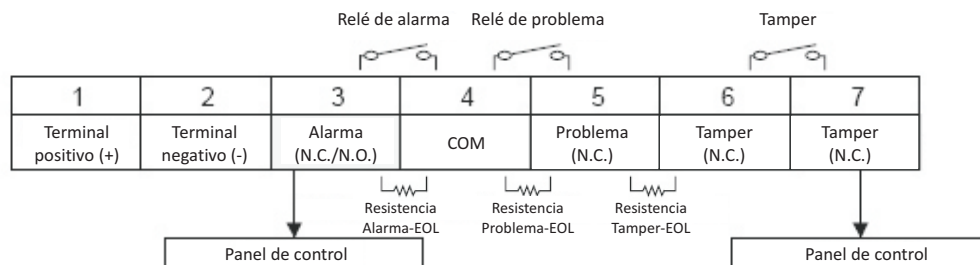
## 5.2. Ejemplo de cableado final de línea (EOL)

Como la salida de alarma y la salida problema comparten el terminal COM, el cableado del sensor FIT debe hacerse según el siguiente diagrama:

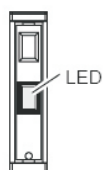
### EOL doble



### EOL triple



## 5.3. Significado de los colores del LED



Parpadeo



Fijo



Apagado

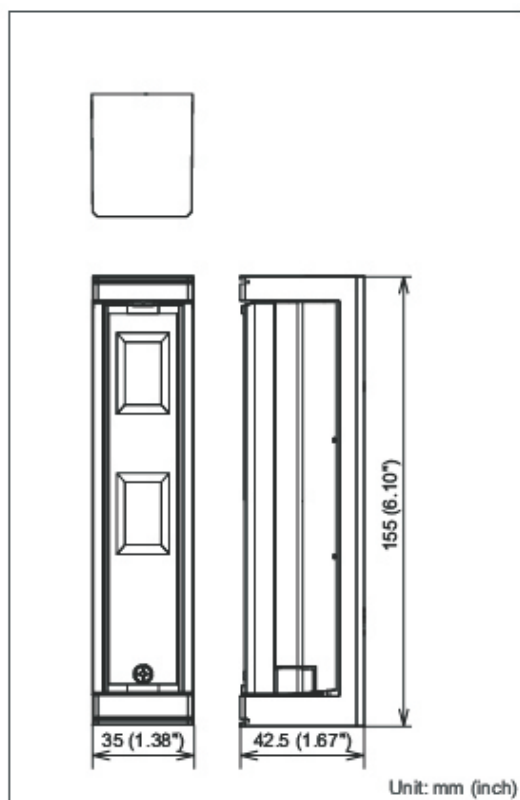
| Estado del sensor                                                                                             | LED indicador                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Calentamiento<br><b>NOTA:</b><br>El LED parpadea incluso si el DIP switch 4 está en OFF.                      | <br>Parpadea durante 60 s aprox.                       |
| Alarma                                                                                                        | <br>Se enciende fijo durante 2 s                       |
| Detección de masking (sólo FTN-RAM)<br><b>NOTA:</b><br>El LED parpadea incluso si el DIP switch 4 está en OFF | <br>Parpadea 3 veces, se apaga y luego repite el ciclo |

## 6. ESPECIFICACIONES

| MODELO                      | FTN-ST                                                                   | FTN-AM             |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Método de detección         | Infrarrojo pasivo                                                        |                    |
| Cobertura PIR               | 5 x 1 m                                                                  |                    |
| Límite de alcance detección | 2 m, 5 m                                                                 |                    |
| Velocidad detectable        | 0.3 - 1.5 m/s                                                            |                    |
| Sensibilidad                | 2.0 °C a 0.6 m/s                                                         |                    |
| Voltaje                     | 9.5 - 18 VDC                                                             |                    |
| Consumo corriente           | 17 mA máx a 12 VDC                                                       | 20 mA máx a 12 VDC |
| Alimentación                | 3 - 9 VDC. Batería alcalina o de Litio                                   |                    |
| Período de alarma           | 2.0 +/- 1.0 s                                                            |                    |
| Período de calentamiento    | Aprox. 60 s (LED parpadeando)                                            |                    |
| Salida de Alarma            | N.C./N.O. seleccionable 28 VDC 0.1 A máx                                 |                    |
| Salida de Problema          | N.C. 28 VDC 0.1 A máx. Abierta cuando se ha quitado la tapa              |                    |
| LED indicador               | Fijo/parpadeo: calentamiento, alarma, detección de masking (sólo FTN-AM) |                    |
| Contador de pulsos          | Aprox. 20 s 2 ó 4                                                        |                    |
| Temperatura de trabajo      | -20 °C -- +60 °C                                                         |                    |
| Humedad ambiente            | 95% máx                                                                  |                    |
| Índice de Protección        | IP 55                                                                    |                    |
| Montaje                     | Pared (exterior, interior)                                               |                    |
| Altura de montaje           | 0.8 - 1.2 m                                                              |                    |
| Peso                        | 100 g                                                                    |                    |
| Accesorios                  | 2 tornillos 3 x 20 mm                                                    |                    |

NOTA: Las especificaciones y el diseño están sometidos a cambios sin previo aviso.

## 7. DIMENSIONES



Esta unidad está diseñada para detectar movimiento y activar panel de alarma. Siendo parte de un sistema completo de detección, no podemos aceptar ninguna responsabilidad por cualquier daño producido por una intrusión. Este producto cumple con la directiva EMC 2004/108/CE sobre compatibilidad electromagnética.

#### 13.1.10 HID ProxPoint Plus 6005

# ProxPoint Plus



Control de Accesos

**FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN: 125 KHz**

**HID**

El lector ProxPoint Plus 6005 de HID Global combina múltiples opciones de configuración con un diseño atractivo, discreto y un precio económico. Sus componentes electrónicos encapsulados de manera segura son ideales para usos en interiores y exteriores.

Combina múltiples opciones de configuración con un atractivo y discreto diseño y un precio económico. Sus seguros equipos electrónicos son ideales tanto para interior como para exterior.

- **El pequeño lector de bajo costo presenta un indicador acústico y un LED multicolor que puede ser controlado localmente o a distancia.**
- **El lector puede ser utilizado tanto en interior como en exterior.**
- **Cable estándar 45 cm**
- **Las carcasas de la colección de diseño están disponibles en negro y gris.**

## Características:

- **Presenta un indicador acústico y un LED multicolor que pueden ser controlados localmente o a distancia.**
- **Proporciona diversas configuraciones de indicadores acústicos y LED dependiendo de las necesidades individuales.**
- **Puede leer tarjetas de HID con formatos de hasta 85 bits.**
- **Diseñada para instalar sobre metal sin alterar el alcance de lectura.**

- Disponible tanto con Wiegand como con Clock-and-Data (datos de banda magnética).
- Compatible con todos los sistemas de control de acceso estándares.
- Estético diseño disponible en dos modelos y en cuatro colores para conjuntar con cualquier decoración.
- Incluye manual de instalación multilingüe.

| Especificaciones          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensiones               | 7,96 x 4,3 x 1,68 cm.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Peso                      | 75 g                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Rango de Lectura          | <p>Tarjeta ProxCard II - hasta 7,6 cm<br/> Tarjeta ISOProx II - hasta 6,35 cm<br/> Tarjeta DuoProx II - hasta 6,35 cm<br/> Tarjetas inteligentes ISOProx/DuoProx II - hasta 6,35 cm<br/> Proximidad &amp; Tarjeta MIFARE® - hasta 6,35 cm<br/> Tarjeta ProxCard Plus - hasta 2,5 cm<br/> Mando ProxKey III - hasta 3,8 cm<br/> Etiqueta MicroProx - hasta 5,1 cm</p> <p>*Depende de las condiciones de instalación.</p> |
| Alimentación              | 5-16 V                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Temperatura Operativa     | -30° a 65° C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Frecuencia de Transmisión | 125 kHz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Garantía                  | - HID: Garantía durante la vida útil del producto (a evaluar por el fabricante).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

> INTELEKTRON, IN, API, REI, REIWin, APIWin, VISWin y sus respectivos logos son marcas registradas de INTELEKTRON S.A. Las características del producto pueden sufrir variaciones sustanciales a lo largo del tiempo. INTELEKTRON S.A. se reserva el derecho de alterarlas sin previo aviso.



13.1.11 PACOM 8303

## FEATURES

- ▶ Compatible with PACOM 8002 & 8003 Controllers
- ▶ Provides low voltage, battery failure, battery charger failure and AC fail alarms
- ▶ Configured, controlled and monitored remotely
- ▶ Universal AC input
- ▶ Battery testing and charging
- ▶ PSU temperature monitoring
- ▶ Auto-switching to backup battery DC or UPS on AC fail
- ▶ Overload and short-circuit protection
- ▶ Deep discharge protection for backup batteries



The PACOM 8303 Monitoring Power Supply provides a regulated 12 to 15V DC supply for powering controllers, peripheral devices and charging backup batteries. The power supply unit can be remotely configured, controlled and monitored by PACOM security management software. A PACOM Controller acts as an interface to the 8303 via RS485.

The 8303 features a universal AC input for use anywhere in the world without modification or configuration and has protection against overload and short-circuits, battery deep discharge and incorrect polarity. The 8303 has a built-in battery charger, two power outputs and can also power an RS485 device line.

In conjunction with the PACOM 8002 and 8003 controllers, the 8303 can:

- publish real-time status of backup batteries to the system,
- monitor battery voltages, power supply volatges and temperature,
- notify the security system if any monitored parameters fall outside specified limits,
- periodically load test the batteries during normal operation.

***The PACOM 8303 Monitoring Power Supply Unit powers the 8002 and 8003 Intelligent Controllers, charges the backup batteries for the controller and can be remotely controlled by the PACOM Security Management Software.***



## TECHNICAL SPECIFICATIONS

### ELECTRICAL

|                          |                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mains Supply             | 90 to 264VAC (100 to 240VAC nominal, auto-switching) @ 50/60Hz                                                                                                                                                                  |
| Main Output Voltage      | 10.75 to 16.5VDC (15VDC nominal) @ 3.0A                                                                                                                                                                                         |
| Auxiliary Output Voltage | 10.75 to 16.5VDC (15VDC nominal) @ 1.1A                                                                                                                                                                                         |
| Output Ripple            | <100mV                                                                                                                                                                                                                          |
| Output Current           | 4.1A maximum                                                                                                                                                                                                                    |
| Over Current Protection  | 110 to 130% of rated output current                                                                                                                                                                                             |
| Over Voltage Protection  | 115 to 150% of rated output voltage                                                                                                                                                                                             |
| Current Consumption      | 60mA typical, PCB only                                                                                                                                                                                                          |
| Output Power             | 65W                                                                                                                                                                                                                             |
| Low Voltage Fault        | Configurable from 0 to 24.5VDC using PACOM Management Software.<br><b>Note:</b> For EN 50131-6 compliance, this value must be kept at or above 11.5.                                                                            |
| Fuse                     | <b>F1:</b> Main supply, 5A slow blow glass type 5 x 20mm (0.2 x 0.8")<br><b>F2:</b> Auxiliary supply, 2A slow blow glass type 5 x 20mm (0.2 x 0.8")<br><b>F3:</b> Battery supply, 4A slow blow glass type 5 x 20mm (0.2 x 0.8") |

### BATTERY

|                       |                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Battery Capacity      | 1 x 15Ah (security grades 1 and 2), 1 x 17Ah (grade 3) general recommendation<br><b>Note:</b> For EN 50131-6 compliance, this value depends on the security grade, which specifies backup battery duration and recharge time requirements. |
| Type                  | Maintenance-free sealed lead-acid, 10+ year high performance recommended.                                                                                                                                                                  |
| Charging Current      | 800mA                                                                                                                                                                                                                                      |
| Low Voltage Fault     | 11.5V @ supply output                                                                                                                                                                                                                      |
| Deep Discharge Cutoff | 10.5V @ supply output                                                                                                                                                                                                                      |

### ENVIRONMENTAL

|                       |                                     |
|-----------------------|-------------------------------------|
| Class                 | II                                  |
| Operating Temperature | -10 to +55°C (14 to 131°F)          |
| Maximum Humidity      | 95% (non-condensing) @ 40°C (104°F) |

### PHYSICAL

|                        |                                     |
|------------------------|-------------------------------------|
| Enclosure Construction | Steel (ventilated)                  |
| Dimensions             | 174 x 112 x 96mm (6.9 x 4.4 x 3.8") |
| Packed Weight          | 1054g (37.2oz)                      |

### STANDARDS

|          |                                                               |
|----------|---------------------------------------------------------------|
| Security | Type A power supply unit<br>6kVAC transient protection for UL |
|----------|---------------------------------------------------------------|

## COMPLIANCE & ACCREDITATION

AS/NZS CISPR22:2006 Class B | AS/NZS 60950.1:2003 INC. AMDTS 1,2&3 | EN55032 | EN50131-6 | EN61000-3-2:2006 , EN60950-1:2006 +A1:2010 +A11:2009 | EN 50131-3:2009 in conjunction with EN 50131-1:2006+A1:2009 | EN 50131-6:2008+A1:2014 | EN 50130-4:2011+A1:2014 | EN 50130-5:2011 | EN 50131-10:2014 | EN61000-3-2:2006 | EN 50136-2:2013 in conjunction with EN 50136-1:2012 | EN61000-3-3:1995 including amendments 1 & 2 | EN61000-3-2:2006 | FCC Title 47 Part 15 Subpart B Class B | ULC-S318-96 (US/Canada model) UL603 (US/Canada model) RoHS | China RoHS | C-Tick | CE Safety

(UL: UL603, UL 294 (Line Security: III, Attack:III, Endurance:IV. Standby Power: III), S318 installed in accordance with NFPA 70-NEC and Canadian Electrical Code, Part 1).

All power supplies are required to have recharge periods to provide standby power for the following end-use applications (NPP, model NP12-8AH 128AH):

- UL1076: 4 hours at 2.75A using 2 x 8AH batteries (48 hours recharge)
- UL1610, S304: 24 hours at 1.25A using 3 x 8AH batteries (24 hours recharge)
- UL294: 2 hours at 4.1A using 2 x 8AH batteries (48 hours recharge)

## ORDERING INFORMATION

| PART NO.    | TYPE CODE     | DESCRIPTION                                        |
|-------------|---------------|----------------------------------------------------|
| 300 042 003 | PD8303R-01    | 8303 Monitoring Power Supply Unit                  |
| 300 042 004 | PD8303R-01-UL | 8303 Monitoring Power Supply Unit (US/Canada only) |

## **13.2 Anexo 2. Fichas técnicas del sistema de videovigilancia**

### **13.2.1 Cámaras. Hikvision DS-2CD2647G2HT-LIZS**

## DS-2CD2647G2HT-LIZS

4 MP Smart Hybrid Light with ColorVu Motorized Varifocal Bullet Network Camera

# ColorVu



- High quality imaging with 4 MP resolution
- Smart Hybrid Light: advanced technology with long range
- Clear imaging against strong back light due to 130 dB WDR technology
- Efficient H.265+ compression technology
- Motorized varifocal lens for easy installation and monitoring
- Focus on human and vehicle classification based on deep learning
- Water and dust resistant (IP67) and vandal resistant (IK10)

## ▪ Specification

| Camera                      |                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Image Sensor                | 1/1.8" Progressive Scan CMOS                                                                                                                                                         |
| Max. Resolution             | 2688 × 1520                                                                                                                                                                          |
| Min. Illumination           | Color: 0.0008 Lux @ (F1.2, AGC ON), 0 Lux with light                                                                                                                                 |
| Shutter Time                | 1/3 s to 1/100,000 s                                                                                                                                                                 |
| Day & Night                 | IR cut filter                                                                                                                                                                        |
| Angle Adjustment            | Pan: 0° to 355°, tilt: 0° to 90°, rotate: 0° to 360°                                                                                                                                 |
| Lens                        |                                                                                                                                                                                      |
| Lens Type                   | Varifocal lens, motorized lens, 2.8 to 12 mm                                                                                                                                         |
| Focal Length & FOV          | 2.8 to 12 mm, horizontal FOV 114.6° to 41.8°, vertical FOV 59.3° to 23.6°, diagonal FOV 141.3° to 48.1°                                                                              |
| Lens Mount                  | Integrated                                                                                                                                                                           |
| Iris Type                   | Fixed                                                                                                                                                                                |
| Aperture                    | F1.2                                                                                                                                                                                 |
| Depth of Field              | 1 m to ∞                                                                                                                                                                             |
| DORI                        |                                                                                                                                                                                      |
| DORI                        | Wide: D: 60.0m, O: 23.8 m, R: 12.0 m, I: 6.0 m<br>Tele: D: 149 m, O: 59.1 m, R: 29.8 m, I: 14.9 m                                                                                    |
| Illuminator                 |                                                                                                                                                                                      |
| Supplement Light Type       | IR, White Light                                                                                                                                                                      |
| Supplement Light Range      | Up to 60 m                                                                                                                                                                           |
| Smart Supplement Light      | Yes                                                                                                                                                                                  |
| IR Wavelength               | 850 nm                                                                                                                                                                               |
| Video                       |                                                                                                                                                                                      |
| Main Stream                 | 50 Hz: 25 fps (2688 × 1520, 1920 × 1080, 1280 × 720)<br>60 Hz: 30 fps (2688 × 1520, 1920 × 1080, 1280 × 720)                                                                         |
| Sub-Stream                  | 50 Hz: 25 fps (1280 × 720, 640 × 480, 640 × 360)<br>60 Hz: 30 fps (1280 × 720, 640 × 480, 640 × 360)                                                                                 |
| Third Stream                | 50 Hz: 10 fps (1920 × 1080, 1280 × 720, 640 × 480, 640 × 360)<br>60 Hz: 10 fps (1920 × 1080, 1280 × 720, 640 × 480, 640 × 360)<br>*Third stream is supported under certain settings. |
| Video Compression           | Main stream: H.265/H.264/H.264+/H.265+,<br>Sub-stream: H.265/H.264/MJPEG,<br>Third stream: H.265/H.264,<br>*Third stream is supported under certain settings.                        |
| Video Bit Rate              | 32 Kbps to 8 Mbps                                                                                                                                                                    |
| H.264 Type                  | Baseline Profile, Main Profile, High Profile                                                                                                                                         |
| H.265 Type                  | Main Profile                                                                                                                                                                         |
| Bit Rate Control            | CBR, VBR                                                                                                                                                                             |
| Scalable Video Coding (SVC) | H.264 and H.265 encoding                                                                                                                                                             |
| Region of Interest (ROI)    | 1 fixed region for main stream and sub-stream                                                                                                                                        |
| Audio                       |                                                                                                                                                                                      |
| Audio Compression           | G.711ulaw/G.711alaw/G.722.1/G.726/MP2L2/PCM/MP3/AAC-LC                                                                                                                               |
| Audio Bit Rate              | 64 Kbps (G.711ulaw/G.711alaw)/16 Kbps (G.722.1)/16 Kbps (G.726)/16 Kbps to 64 Kbps (AAC-LC)/32 to 192 Kbps (MP2L2)/8 to 320 Kbps (MP3)                                               |

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Audio Sampling Rate           | 8 kHz/16 kHz/32 kHz/44.1 kHz/48 kHz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Environment Noise Filtering   | Yes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Network</b>                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Protocols                     | TCP/IP, ICMP, HTTP, HTTPS, FTP, DHCP, DNS, DDNS, RTP, RTSP, RTCP, NTP, UPnP, SMTP, IGMP, 802.1X, QoS, IPv4, IPv6, UDP, Bonjour, SSL/TLS, PPPoE, SNMP, WebSocket, WebSockets, SRTP, SFTP                                                                                                                                                                                               |
| Simultaneous Live View        | Up to 6 channels                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| API                           | Open Network Video Interface (Profile S, Profile G, Profile T), ISAPI, SDK, ISUP                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| User/Host                     | Up to 32 users<br>3 user levels: administrator, operator, and user                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Security                      | Password protection, complicated password, HTTPS encryption, 802.1X authentication (EAP-TLS, EAP-LEAP, EAP-MD5), watermark, IP address filter, basic and digest authentication for HTTP/HTTPS, WSSE and digest authentication for Open Network Video Interface, RTP/RTSP over HTTPS, control timeout settings, security audit log, TLS 1.1/1.2/1.3, host authentication (MAC address) |
| Network Storage               | NAS (NFS, SMB/CIFS), Auto Network Replenishment (ANR)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Client                        | iVMS-4200, Hik-Connect, Hik-Central                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Web Browser                   | Plug-in required live view: IE 10, IE 11,<br>Plug-in free live view: Chrome 57.0+, Firefox 52.0+, Edge 89+,<br>Local service: Chrome 57.0+, Firefox 52.0+, Edge 89+                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Image</b>                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Image Parameters Switch       | Yes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Image Settings                | Rotate mode, saturation, brightness, contrast, sharpness, gain, white balance, adjustable by client software or web browser                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Day/Night Switch              | Day, Night, Auto, Schedule                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Image Enhancement             | BLC, HLC, 3D DNR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| SNR                           | ≥ 52 dB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Wide Dynamic Range (WDR)      | 130 dB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Privacy Mask                  | 4 programmable polygon privacy masks                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Interface</b>              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Ethernet Interface            | 1 RJ45 10 M/100 M self-adaptive Ethernet port                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| On-Board Storage              | Built-in memory card slot, support microSD/microSDHC/microSDXC card, up to 512 GB                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Audio                         | 1 input (line in), two-core terminal block, max. input amplitude: 3.3 Vpp, input impedance: 4.7 KΩ, interface type: non-equilibrium,<br>1 output (line out), two-core terminal block, max. output amplitude: 3.3 Vpp, output impedance: 100 Ω, interface type: non-equilibrium                                                                                                        |
| Alarm                         | 1 input, 1 output (max. 24 VDC/24 VAC, 1 A)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Reset Key                     | Yes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Event</b>                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Basic Event                   | Motion detection (support alarm triggering by specified target types (human and vehicle)), video tampering alarm, exception                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Smart Event                   | Scene change detection                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Linkage                       | Upload to FTP/NAS/memory card, notify surveillance center, trigger recording, trigger capture, send email, audible warning, trigger alarm output                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Deep Learning Function</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Face Capture                  | Yes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Perimeter Protection             | Line crossing, intrusion, region entrance, region exiting<br>Support alarm triggering by specified target types (human and vehicle)                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>General</b>                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Power                            | 12 VDC $\pm$ 25%, 1.21 A, max. 14.5 W, $\varnothing$ 5.5 mm coaxial power plug, reverse polarity protection,<br>PoE: IEEE 802.3at, Class 4, max. 18 W                                                                                                                                                                                                 |
| Material                         | Front cover: Metal, body: Metal, bracket: Metal                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Dimension                        | 298 mm $\times$ 97.9 mm $\times$ 95.7 mm (11.8" $\times$ 3.9" $\times$ 3.8")                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Package Dimension                | 386 mm $\times$ 190 mm $\times$ 180 mm (15.2" $\times$ 7.5" $\times$ 7.1")                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Weight                           | Approx. 1085 g (2.4 lb.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| With Package Weight              | Approx. 1639 g (3.6 lb.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Storage Conditions               | -30 °C to 60 °C (-22 °F to 140 °F). Humidity 95% or less (non-condensing)                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Startup and Operating Conditions | -30 °C to 60 °C (-22 °F to 140 °F). Humidity 95% or less (non-condensing)                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| General Function                 | Heartbeat, mirror, password reset via email, pixel counter, anti-banding                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Language                         | 33 languages: English, Russian, Estonian, Bulgarian, Hungarian, Greek, German, Italian, Czech, Slovak, French, Polish, Dutch, Portuguese, Spanish, Romanian, Danish, Swedish, Norwegian, Finnish, Croatian, Slovenian, Serbian, Turkish, Korean, Traditional Chinese, Thai, Vietnamese, Japanese, Latvian, Lithuanian, Portuguese (Brazil), Ukrainian |
| <b>Approval</b>                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| EMC                              | CE-EMC: EN 55032: 2015, EN 61000-3-2:2019, EN 61000-3-3: 2013+A1:2019, EN 50130-4: 2011 +A1: 2014                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Safety                           | UL: UL 62368-1,<br>CB: IEC 62368-1: 2014+A11,<br>CE-LVD: EN 62368-1: 2014/A11: 2017                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Environment                      | CE-RoHS: 2011/65/EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Protection                       | IP67: IEC 60529-2013, IK10: IEC 62262:2002                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

## ▪ Typical Application

Hikvision products are classified into three levels according to their anti-corrosion performance. Refer to the following description to choose for your using environment.

This model has NO SPECIFIC PROTECTION.

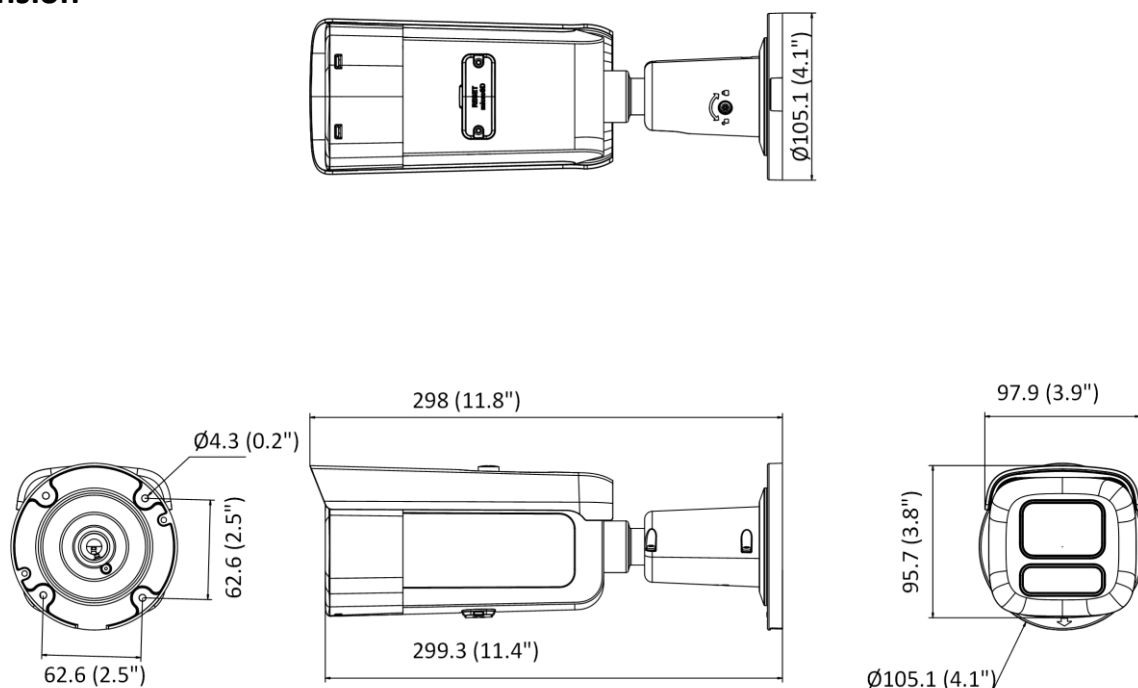
| Level                  | Description                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Top-level protection   | Hikvision products at this level are equipped for use in areas where professional anti-corrosion protection is a must. Typical application scenarios include coastlines, docks, chemical plants, and more.                                             |
| Moderate protection    | Hikvision products at this level are equipped for use in areas with moderate anti-corrosion demands. Typical application scenarios include coastal areas about 2 kilometers (1.24 miles) away from coastlines, as well as areas affected by acid rain. |
| No specific protection | Hikvision products at this level are equipped for use in areas where no specific anti-corrosion protection is needed.                                                                                                                                  |

## ▪ Available Model

DS-2CD2647G2HT-LIZS(2.8-12mm)

DS-2CD2647G2HT-LIZS(2.8-12)/eF/Black

## Dimension



Unit: mm (inch)

## Accessory

### Optional

| DS-1275ZJ-SUS<br>Vertical Pole Mount        | DS-1276ZJ-SUS<br>Corner Mount        | DS-1260ZJ<br>Junction Box       | DS-1280ZJ-S<br>Junction Box        | DS-1275ZJ-S-SUS<br>Vertical Pole Mount |
|---------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|
|                                             |                                      |                                 |                                    |                                        |
| DS-1275ZJ-SUS(Black)<br>Vertical Pole Mount | DS-1276ZJ-SUS(Black)<br>Corner Mount | DS-1260ZJ-Black<br>Junction Box | DS-1280ZJ-S(Black)<br>Junction Box |                                        |
|                                             |                                      |                                 |                                    |                                        |

### Headquarters

No.555 Qianmo Road, Binjiang District,  
Hangzhou 310051, China  
T +86-571-8807-5998  
www.hikvision.com



Follow us on social media to get the latest product and solution information.



Hikvision



HikvisionHQ



HikvisionHQ



Hikvision\_Global



Hikvision  
Corporate Channel



hikvisionhq



### 13.2.2 NVR. Hikvision DS-7608NXI-K2/8P

CCTV IP / NVRs Profesionales / Hikvision

# DS-7608NXI-K2/8P(D)

HIKVISION



## Características

---

- Hikvision
- Gama PRO
- Grabador NVR para cámaras IP
- 8 CH PoE IEEE 802.3af/at 80 W
- Ancho de banda entrante soportado 80 Mbps
- Resolución máxima 12 Mpx
- Compresión H.265+/H.265/H.264+/H.264
- Salida HDMI 4K y VGA
- Detección de movimiento 2.0 todos los canales
- AcuSense, filtro de falsa alarma para vehículos y personas (en cruce de línea e intrusión de área) en hasta 2 canales
- Reconocimiento facial
- Alarmas
- Audio
- Acceso IP Dual Stream
- Ratón
- Espacio para 2 HDD
- Interfaz WEB, CMS y Smartphone
- Compatible con ONVIF

## Especificaciones

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Marca                       | Hikvision                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Gama                        | PRO                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Entradas para cámaras IP    | Puerto LAN hasta 8 canales                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Alimentación PoE            | Switch de 8 puertos PoE IEEE802.3af/at (máx. 80 W)                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Cámaras IP compatibles      | HIKVISION (protocolo nativo), ONVIF                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Audio bidireccional         | 1 salida RCA                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Salidas de vídeo            | 1xHDMI 4K, 1xVGA independientes                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Formato compresión vídeo    | H.265+ / H.265 / H.264+ / H.264                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Resolución display          | HDMI: 3840x2160, 2560x1440, 1920x1080, 1600x1200, 1280x1024, 1280x720, 1024x768<br>VGA: 1920x1080, 1280x1024, 1280x720                                                                                                                                                                                    |
| Ancho de banda total        | 80 Mbps entrada / 160 Mbps salida                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Tipo de Stream              | Vídeo / Vídeo + Audio                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Grabación Main Stream       | 12MP /8MP /6MP /5MP /4MP /3MP /1080P /UXGA /720P /VGA /4CIF /DCIF /2CIF /CIF /QCIF                                                                                                                                                                                                                        |
| Capacidad de decodificación | Con AI activada: 2CH@12MPx, 3CH@8MP, 6CH@4MP, 12CH@1080p<br>Con AI desactivada: 2CH@12MPx, 4CH@8MP, 8CH@4MP, 16CH@1080p                                                                                                                                                                                   |
| Multifunción simultánea     | Péntaplex: Directo, Grabación, Reproducción, Backup y Acceso Remoto                                                                                                                                                                                                                                       |
| Detección de movimiento     | Detección de movimiento 2.0 con clasificación de humanos y vehículos aplicado en la detección de movimiento<br>Para el NVR: Disponible en todos los canales hasta 4 Mpx (hasta 8 Mpx con modo SVC habilitado).<br>Con cámaras con detección de movimiento 2.0: Disponible en todos los canales.           |
| AcuSense                    | Protección perimetral basada en reglas VCA con filtro de falsa alarma para detección de humanos y vehículos aplicado sobre:<br>Cruce de Línea, Intrusión en Área.<br>Para el NVR: Disponible en hasta 2 canales de 4 Mpx.<br>Con cámaras con AcuSense: Disponible en todos los canales.                   |
| Reconocimiento facial       | Comparación de rostros, captura de rostros, búsqueda por rostros.<br>Almacenamiento en hasta 16 librerías con hasta 20.000 rostros en total (cada imagen = 4 MB, capacidad total = 1 GB).<br>Detección facial y herramientas de análisis hasta en 1CH con 8 Mpx.<br>Comparación de rostros en hasta 4 CH. |
| Alarmas                     | 4 Entradas / 1 Salida                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Método de grabación         | Manual, programada, detección de movimiento                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Backup externo              | Memoria USB / HDD USB / CD-RW USB / DVR-RW USB                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                                      |                                                                                         |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Acceso remoto</b>                 | Navegador Web, App Smartphone Hik-Connect, Software PC iVMS-4200 y Hik-Central          |
| <b>Conexiones remotas</b>            | 128                                                                                     |
| <b>Almacenamiento interno</b>        | 2 HDD SATA 3.5" de hasta 16 TB cada uno (no incluidos)                                  |
| <b>Comunicación</b>                  | 2 x USB 2.0 parte frontal, 1 x USB 2.0 parte trasera / 1 x RJ45 10/100/1000M (Ethernet) |
| <b>Alimentación</b>                  | DC 48 V / 2.5 A, ? 15 W (sin HDD)                                                       |
| <b>Temperatura de funcionamiento</b> | -10°C ~ 55°C (10%-90% Humedad)                                                          |
| <b>Dimensiones / Peso</b>            | 52 (Al) x 385 (An) x 315 (Fo) mm / 3 Kg (sin HDD)                                       |

### 13.2.3 Iluminadores infrarrojos.

**13.3 Anexo 3. Fichas técnicas de comunicaciones****13.3.1 MikroTik RB5009UPr+S+IN**

# RB5009UPr+S+IN

## RB5009UPr+S+IN



## Safety Warnings

Before you work on any equipment, be aware of the hazards involved with electrical circuitry, and be familiar with standard practices for preventing accidents.

Ultimate disposal of this product should be handled according to all national laws and regulations.

The Installation of the equipment must comply with local and national electrical codes.

This unit is intended to be installed in the rackmount. Please read the mounting instructions carefully before beginning installation. Failure to use the correct hardware or to follow the correct procedures could result in a hazardous situation for people and damage to the system.

This product is intended to be installed indoors. Keep this product away from water, fire, humidity, or hot environments.

Use only the power supply and accessories approved by the manufacturer, which can be found in the original packaging of this product.

Read the installation instructions before connecting the system to the power source.

We cannot guarantee that no accidents or damage will occur due to the improper use of the device. Please use this product with care and operate at your own risk!

In the case of device failure, please disconnect it from power. The fastest way to do so is by unplugging the power plug from the power outlet.

It is the customer's responsibility to follow local country regulations, including operation within legal frequency channels, output power, cabling requirements, and Dynamic Frequency Selection (DFS) requirements. All Mikrotik devices must be professionally installed.

## Setup

- Make sure your ISP is allowing hardware change and will automatically issue an IP address.
- Connect your ISP cable to the first Ethernet port.
- Connect your PC to any of the Ethernet ports.
- Connect the device to the power source.
- Use a Web browser or WinBox to connect to the default IP address of 192.168.88.1 from any port, with the username *admin* and no password (or, for some models, check user and wireless passwords on the sticker).
- If IP is not available, download WinBox from our webpage and use it to connect through MAC address.
- Update RouterOS software to the latest version, and make sure that the device has an internet connection.
- If the device does not have an internet connection update software by downloading the latest version from our webpage <https://mikrotik.com/download>
- Find the latest software and choose your packages.
- To get the architecture type of your device model, open WinBox, WebFig go to (System/Resources).
- Download packages to the PC and upload them to the WinBox, WebFig, (Files) menu, and reboot the device.
- Set up your password to secure the device.

# Powering

The power consumption under maximum load can reach 150 W. The device accepts power from the power jack, 2-pin terminal, or from any Ethernet port:

- Direct-input power jack (5.5 mm outside and 2 mm inside, female, pin-positive plug) accepts 24-57 V DC.
- The **Ethernet ports** accept Power over Ethernet 24-57 V DC, **802.3af/at** - 802.3af/at (ether1), Mode B (ether2-ether8).
- 2-pin terminal input Voltage 24-57 V DC.
- PoE-Out ports Ether1 - Ether8, max out per port output (input < 30 V): 640 mA, max out per port output (input > 30 V): 420 mA.
- Max total out 2.59 A.
- Total output power 130 W.
- Total output current 2.28 A.

Mode B: **Ethernet port 2 - 8.**

Pins 4 & 5 = DC+

Pins 7 & 8 = DC-

Connecting to a POE Adapter:

1. Connect the Ethernet cable from the device to the POE port of the POE adapter.
2. Connect an Ethernet cable from your LAN to the LAN port of the POE adapter, please mind arrows for data and power flow.
3. Connect the power cord to the adapter, and then plug the power cord into a power outlet.

## Configuration

Once logged in, we recommend clicking the "Check for updates" button in the QuickSet menu, as updating your RouterOS software to the latest version ensures the best performance and stability. For wireless models, please make sure you have selected the country where the device will be used, to conform to local regulations.

RouterOS includes many configuration options in addition to what is described in this document. We suggest starting here to get yourself accustomed to the possibilities: <https://mt.lv/help>. In case an IP connection is not available, the Winbox tool (<https://mt.lv/winbox>) can be used to connect to the MAC address of the device from the LAN side (all access is blocked from the Internet port by default).

For recovery purposes, it is possible to boot the device for reinstallation, see section [Buttons and jumpers](#).

## Mounting

The device is designed to use indoors and it can be mounted on the wall, or it can be placed on the desktop.



1. Find the designed mounting holes on both sides of the device, as shown in the picture;
2. Use provided screws to secure the device to the wall;
3. Based on the wall material you can use a drill bit and provided dowels.

The device has no protection from water contamination, please ensure the placement of the device in a dry and ventilated environment.

We recommend Cat6 cables for our devices.

*The mounting and configuration of this device should be done by a qualified person.*



# Rackmount

If desired placement is rackmount, additional brackets can be purchased separately:

## RB5009 rackmount kit K-79



## Extension slots and ports

- Product code RB5009UPr+S+IN.
- CPU 88F7040 1.4 GHz.
- CPU architecture ARM 64bit.
- CPU core count 4.
- Size of RAM 1 GB.
- RAM type DDR4.
- Storage 1 GB, NAND.
- A number of 1G Ethernet ports 7.
- A number of 2.5G Ethernet ports 1.
- A number of 10G SFP+ ports 1.
- USB port 1 (3.0 type A).
- Operating system Only v7 RouterOS.
- Switch chip model 88E6393.
- Dimensions 220 x 125 x 22 mm.
- Operating temperature -40°C to +60°C.

## Buttons and jumpers

The RouterBOOT reset button has the following functions. Press the button and apply the power, then:

- Release the button when the green LED starts flashing, to reset the RouterOS configuration to defaults.
- Release the button after LED is no longer lit (~20 seconds) to cause a device to look for Netinstall servers (required for reinstalling RouterOS over the network).

Regardless of the above option used, the system will load the backup RouterBOOT loader if the button is pressed before power is applied to the device. Useful for RouterBOOT debugging and recovery.

## LED

- Hidden Green LED behind the Reset button is a USER LED
- Blue LED 1 is the DC1 Power LED
- Blue LED 2 is the DC2 Power LED
- Green SFP+ LED is an SFP+ port link and activity LED
- Ethernet RJ45 Green LEDs are Ethernet port link and activity LEDs
- Ethernet RJ45 Port 1 Orange LED is PoE-in status LED
- Ethernet RJ45 Port 2-8 Orange LEDs are unused on this model

## Accessories

The package includes the following accessories that come with the device:

- ADAPT1\_EU/US Switching Power Supply 48V 2A.
- SET1\_K-55 fastening set.
- PAD1\_4 pcs Pad D=7; H=1.5 mm, black, one side adhesive 3M988T

Please visit wiki pages for the MikroTik SFP module compatibility table:

[https://wiki.mikrotik.com/wiki/MikroTik\\_wired\\_interface\\_compatibility](https://wiki.mikrotik.com/wiki/MikroTik_wired_interface_compatibility)

## Operating system support

The device supports RouterOS software version 7.4.1. The specific factory-installed version number is indicated in the RouterOS menu /system resource. Other operating systems have not been tested.

 To avoid pollution of the environment, please separate the device from household waste and dispose of it in a safe manner, such as at designated waste disposal sites. Familiarize yourself with the procedures for the proper transportation of the equipment to the designated disposal sites in your area.

## Federal Communication Commission Interference Statement

This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class B digital device, pursuant to Part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference in a residential installation.



This equipment generates, uses, and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instructions, may cause harmful interference to radio communications. However, there is no guarantee that interference will not occur in a particular installation. If this equipment does cause harmful interference to radio or television reception, which can be determined by turning the equipment off and on, the user is encouraged to try to correct the interference by one or more of the following measures:

- Reorient or relocate the receiving antenna.
- Increase the separation between the equipment and receiver.
- Connect the equipment into an outlet on a circuit different from that to which the receiver is connected.
- Consult the dealer or an experienced radio/TV technician for help.

FCC Caution: Any changes or modifications not expressly approved by the party responsible for compliance could void the user's authority to operate this equipment.

This device complies with Part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions: (1) This device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

Note: This unit was tested with shielded cables on the peripheral devices. Shielded cables must be used with the unit to ensure compliance.

## Innovation, Science and Economic Development Canada

This device contains license-exempt transmitter(s)/receiver(s) that comply with Innovation, Science, and Economic Development Canada's license-exempt RSS(s). Operation is subject to the following two conditions: (1) This device may not cause interference. (2) This device must accept any interference, including interference that may cause undesired operation of the device.

L'émetteur/récepteur exempt de licence contenu dans le présent appareil est conforme aux CNR d'Innovation, Sciences et Développement économique Canada applicables aux appareils radio exempts de licence. L'exploitation est autorisée aux deux conditions suivantes: 1) L'appareil ne doit pas produire de brouillage; 2) L'appareil doit accepter tout brouillage radioélectrique subi, même si le brouillage est susceptible d'en compromettre le fonctionnement.

This Class B digital apparatus complies with Canadian ICES-003.

Cet appareil numérique de la classe [B] est conforme à la norme NMB-003 du Canada.

CAN ICES-003 (B) / NMB-003 (B)

## UKCA marking



### (EN) Technical Specifications / (DE) Technische Spezifikationen / (FR) Spécifications techniques / (IT) Specifiche tecniche / (ES) Especificaciones técnicas / (RU) Технические характеристики:

| (EN) Product Power Input Options<br>(DE) Produkt Stromquellen Optionen<br>(FR) Options d'entrée d'alimentation du produit<br>(IT) Opzioni di ingresso alimentazione del prodotto<br>(ES) Opciones de entrada de energía del producto<br>(RU) Варианты входной мощности продукта | (EN) Power Adapter Output Specification<br>(DE) Ausgangsspezifikationen des Gleichstromadapters<br>(FR) Spécifications de sortie de l'adaptateur de courant continu<br>(IT) Specifiche di uscita dell'adattatore di corrente continua<br>(ES) Especificaciones de salida del adaptador de corriente continua<br>(RU) Выходные характеристики адаптера постоянного тока |            | (EN) Degrees of protection provided by enclosure (IP Code)<br>(DE) IP-Klasse des Gehäuses<br>(FR) Classe IP du boîtier<br>(IT) Classe IP della custodia<br>(ES) Clase de IP del recinto<br>(RU) Класс защиты корпуса IP | (EN) Operating Temperature<br>(DE) Betriebstemperatur<br>(FR) température de fonctionnement<br>(IT) temperatura di esercizio<br>(ES) Temperatura de funcionamiento<br>(RU) Рабочая Температура |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Voltage, V                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Current, A |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                |
| DC Jack (24 - 57 V DC)<br><br>PoE In Ethernet Port (24 - 57 V DC)<br><br>2-pin terminal (24 - 57 V DC)                                                                                                                                                                          | 48 V                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2 A        | IP20                                                                                                                                                                                                                    | ±0°..+60°C                                                                                                                                                                                     |

 Information contained here is subject to change. Please visit the product page on [www.mikrotik.com](http://www.mikrotik.com) for the most up-to-date version of this document.

### 13.3.2 Cambium Force 300-25

# Serie ePMP™ Force 300

## vistazo rápido :

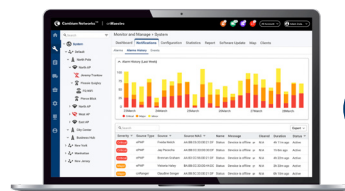
- **Amplia selección de módulos de abonado de alto rendimiento para aplicaciones de banda ancha inalámbrica fija punto a punto y punto a multipunto**
- **Hasta 600 Mbps de capacidad y canales de hasta 80 MHz que aprovechan los protocolos probados en la tecnología 802.11ac Wave 2**
- **Compatible con puntos de acceso de la serie 3000 para un rendimiento MU-MIMO y con compatibilidad con versiones anteriores de puntos de acceso 1000/2000 para facilitar la migración**
- **Garantía de hardware de 3 años**



Los proveedores de servicios enfrentan una demanda cada vez mayor de capacidad en una cantidad limitada de espectro. La serie Force 300 de módulos de suscriptor (SM) satisface esta demanda ofreciendo alto rendimiento y baja latencia en implementaciones punto a multipunto y punto a punto.

**La serie Force 300 SM ofrece una amplia gama de opciones de antenas, pero todas cuentan con las siguientes características diferenciadoras:**

- Hasta 600 Mbps de capacidad y latencias tan bajas como 2 ms cuando se usa la tecnología ePTP.
- Interfaz de aire probada sobre la tecnología 802.11ac Wave 2
- Interoperabilidad con el 3000, que utiliza MU-MIMO para lograr 1,2 Gbps por sector transmitiendo a dos Force 300 SM simultáneamente.
- Interoperabilidad con 3000L, MP 3000 MicroPOP y compatibilidad con versiones anteriores de 2000 y 1000.
- Analizador de espectro siempre activo integrado para evaluar el piso de ruido en una amplia franja de espectro de 5 GHz.
- Múltiples niveles de QoS (Calidad de servicio) para aplicaciones de voz, video y datos que admiten una amplia variedad de paquetes de servicios para usuarios residenciales y empresariales.



- Funciones de seguridad que satisfacen los requisitos de los usuarios empresariales, industriales, gubernamentales y de proveedores de servicios.
- Gestión por el sistema de gestión de elementos cnMaestro™ de Cambium Networks para facilitar el aprovisionamiento, la supervisión y las actualizaciones.
- Planificación de red con LINKPlanner y cnHeat.
- Garantía de hardware de 3 años y soporte de Cambium Networks.
- Cada SM viene con un inyector Power over Ethernet y hardware de montaje en poste incluido.

## Serie ePMP™ Force 300

### Espectro

Las especificaciones de esta tabla se aplican a todos los modelos, excepto donde se indique.

**Modelos disponibles** Fuerza 300-13, Fuerza 300-16, Fuerza 300-19, Fuerza 300-19R, Fuerza 300-25, Fuerza 300 CSM

**Ancho de canal MHz** 20 | 40 | 80  
**300-19R:** 5 | 10 | 20 | 40 | 80

**Capa física patentada** Interfaz aérea sobre tecnología 802.11ac Wave 2 (2x2 MIMO / OFDM)

**Espaciado de canales** Configurable en incrementos de 5 MHz

**Rango de frecuencia** Operación de banda ancha 4910 - 5970 MHz (Nota: Las frecuencias y bandas permitidas están determinadas por las regulaciones de cada país).  
**300 CSM:** 4910-6135 MHz (Nota: Las frecuencias y bandas permitidas están determinadas por las regulaciones de cada país).

**Capa MAC**  
 (El control de acceso a medios) Propiedad de Cambium

**Interfaz Ethernet** 10/100/1000 BaseT, compatible con los pines Cambium PoE y PoE estándar

**Protocolos utilizados** IPv4 / IPv6 (pila doble), UDP, TCP, ICMP, SNMPv2c, NTP, STP, IGMP, SSH

**Administración de redes** IPv4 / IPv6, HTTPS, SNMPv2c, SSH, Cambium Networks cnMaestro™

**VLAN** 802.1Q con prioridad 802.1p

### Rendimiento

|                               | Fuerza 300-13                                                                                                                                                                  | Fuerza 300-16                                                                                                                                                                  | Fuerza 300-19                                                                                                                                                                  | Fuerza 300-19R                                                                                                                                                                 | Fuerza 300-25                                                                                                                                                                  | Fuerza 300 CSM                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ARQ                           | SÍ                                                                                                                                                                             | SÍ                                                                                                                                                                             | SÍ                                                                                                                                                                             | SÍ                                                                                                                                                                             | SÍ                                                                                                                                                                             | SÍ                                                                                                                                                                             |
| <b>Recepción nominal</b>      | MCS 0 = -89 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -89 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -89 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -89 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -87 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -89 dBm a MCS                                                                                                                                                          |
| <b>Sensibilidad (w / FEC)</b> | 8 (256 QAM-3/4) = -68                                                                                                                                                          | 8 (256 QAM-3/4) = -66                                                                                                                                                          | 8 (256 QAM-3/4) = -68                                                                                                                                                          | 8 (256 QAM-3/4) = -68                                                                                                                                                          | 8 (256 QAM-3/4) = -63                                                                                                                                                          | 8 (256 QAM-3/4) = -66                                                                                                                                                          |
| <b>@ Canal de 20 MHz</b>      | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               |
| <b>Recepción nominal</b>      | MCS 0 = -87 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -87 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -87 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -87 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -85 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -87 dBm a MCS                                                                                                                                                          |
| <b>Sensibilidad (w / FEC)</b> | 9 (256 QAM-5/6) = -66                                                                                                                                                          | 9 (256 QAM-5/6) = -64                                                                                                                                                          | 9 (256 QAM-5/6) = -66                                                                                                                                                          | 9 (256 QAM-5/6) = -66                                                                                                                                                          | 9 (256 QAM-5/6) = -59                                                                                                                                                          | 9 (256 QAM-5/6) = -64                                                                                                                                                          |
| <b>@ Canal de 40 MHz</b>      | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               |
| <b>Recepción nominal</b>      | MCS 0 = -84 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -84 dBm a                                                                                                                                                              | MCS 0 = -84 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -84 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -82 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -84 dBm a MCS                                                                                                                                                          |
| <b>Sensibilidad (w / FEC)</b> | 9 (256 QAM-5/6) = -61                                                                                                                                                          | MCS9 (256 QAM-5/6)                                                                                                                                                             | 9 (256 QAM-5/6) = -61                                                                                                                                                          | 9 (256 QAM-5/6) = -61                                                                                                                                                          | 9 (256 QAM-5/6) = -56                                                                                                                                                          | 9 (256 QAM-5/6) = -59                                                                                                                                                          |
| <b>@ Canal de 80 MHz</b>      | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | = -59 dBm (por cadena)                                                                                                                                                         | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               |
| <b>Niveles de modulación</b>  | MCS 0 (BPSK) a                                                                                                                                                                 | MCS 0 (BPSK) a                                                                                                                                                                 | MCS 0 (BPSK) a                                                                                                                                                                 | MCS 0 (BPSK) a                                                                                                                                                                 | MCS 0 (BPSK) a                                                                                                                                                                 | MCS 0 (BPSK) a                                                                                                                                                                 |
| <b>(Adaptado)</b>             | MCS 9 (256 QAM-5/6)                                                                                                                                                            | MCS 9 (256 QAM-5/6)                                                                                                                                                            | MCS 9 (256 QAM-5/6)                                                                                                                                                            | MCS 9 (256 QAM-5/6)                                                                                                                                                            | MCS 9 (256 QAM-5/6)                                                                                                                                                            | MCS 9 (256 QAM-5/6)                                                                                                                                                            |
| <b>Transmitir energía</b>     | 0 hasta +28 dBm                                                                                                                                                                | 0 hasta +29 dBm                                                                                                                                                                | 0 hasta +28 dBm                                                                                                                                                                | 0 hasta +28 dBm                                                                                                                                                                | 0 hasta +27 dBm                                                                                                                                                                | 0 hasta +29 dBm                                                                                                                                                                |
| <b>Rango</b>                  | (combinado, a regional                                                                                                                                                         | (combinado, a regional                                                                                                                                                         | (combinado, a regional                                                                                                                                                         | (combinado, a regional                                                                                                                                                         | (combinado, a regional                                                                                                                                                         | (combinado, a regional                                                                                                                                                         |
|                               | Límite EIRP) (intervalo de 1 dB)                                                                                                                                               | Límite EIRP) (intervalo de 1 dB)                                                                                                                                               | Límite EIRP) (intervalo de 1 dB)                                                                                                                                               | Límite EIRP) (intervalo de 1 dB)                                                                                                                                               | Límite EIRP) (intervalo de 1 dB)                                                                                                                                               | Límite EIRP) (intervalo de 1 dB)                                                                                                                                               |
| <b>QoS</b>                    | Prioridad de tres niveles                                                                                                                                                      | Prioridad de tres niveles                                                                                                                                                      | Prioridad de tres niveles                                                                                                                                                      | Prioridad de tres niveles                                                                                                                                                      | Prioridad de tres niveles                                                                                                                                                      | Prioridad de tres niveles                                                                                                                                                      |
| <b>(Calidad de Servicio)</b>  | (Voz, Alto, Bajo) con clasificación de paquetes por DSCP, COS, ID de VLAN, dirección IP y MAC, difusión, multidifusión y prioridad de estación, compatibilidad con MIR / CIR * | (Voz, Alto, Bajo) con clasificación de paquetes por DSCP, COS, ID de VLAN, dirección IP y MAC, difusión, multidifusión y prioridad de estación, compatibilidad con MIR / CIR * | (Voz, Alto, Bajo) con clasificación de paquetes por DSCP, COS, ID de VLAN, dirección IP y MAC, difusión, multidifusión y prioridad de estación, compatibilidad con MIR / CIR * | (Voz, Alto, Bajo) con clasificación de paquetes por DSCP, COS, ID de VLAN, dirección IP y MAC, difusión, multidifusión y prioridad de estación, compatibilidad con MIR / CIR * | (Voz, Alto, Bajo) con clasificación de paquetes por DSCP, COS, ID de VLAN, dirección IP y MAC, difusión, multidifusión y prioridad de estación, compatibilidad con MIR / CIR * | (Voz, Alto, Bajo) con clasificación de paquetes por DSCP, COS, ID de VLAN, dirección IP y MAC, difusión, multidifusión y prioridad de estación, compatibilidad con MIR / CIR * |

## Serie ePMP™ Force 300

| Físico                                                                         |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                               |                                                                                                |                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                | Fuerza 300-13                                                                                                   | Fuerza 300-16                                                                                                   | Fuerza 300-19                                                                                                   | Fuerza 300-19R                                                                                                                                                                                | Fuerza 300-25                                                                                  | Fuerza 300 CSM                                                                                                                                                                                |
| Aumento Supresión *                                                            | 1 julio integrado                                                                                               | 1 julio integrado                                                                                               | 1 julio integrado                                                                                               | 1 julio integrado                                                                                                                                                                             | 1 julio integrado                                                                              | 1 julio integrado                                                                                                                                                                             |
| Ambiental                                                                      | IP55                                                                                                            | IP55                                                                                                            | IP55                                                                                                            | IP67 y IP68                                                                                                                                                                                   | IP55                                                                                           | IP67 y IP68                                                                                                                                                                                   |
| Temperatura                                                                    | - 30 ° C hasta 60 ° C<br>(-22 ° F a 140 ° F)                                                                    | - 30 ° C hasta 60 ° C<br>(-22 ° F a 140 ° F)                                                                    | - 30 ° C hasta 60 ° C<br>(-22 ° F a 140 ° F)                                                                    | - 30 ° C hasta 60 ° C<br>(-22 ° F a 140 ° F)                                                                                                                                                  | - 30 ° C hasta 60 ° C<br>(-22 ° F a 140 ° F)                                                   | - 30 ° C hasta 60 ° C<br>(-22 ° F a 140 ° F)                                                                                                                                                  |
| Peso                                                                           | 0,48 kg (1,05 libras)<br>Incluye montaje soporte                                                                | 0,50 kg (1,1 libras)<br>Incluye montaje soporte                                                                 | 1,45 kg (3,2 libras)<br>Incluye montaje soporte                                                                 | 1,45 kg (3,2 libras)<br>Incluye montaje soporte                                                                                                                                               | 2,4 kg (5,3 libras)<br>Incluye montaje soporte                                                 | 0,5 kg (1,1 libras)<br>Incluye montaje soporte                                                                                                                                                |
| Supervivencia del viento                                                       | 180 km / hora<br>(112 mi / hora)                                                                                | 180 km / hora<br>(112 mi / hora)                                                                                | 180 km / hora<br>(112 mi / hora)                                                                                | 180 km / hora<br>(112 mi / hora)                                                                                                                                                              | 180 km / hora<br>(112 mi / hora)                                                               | 180 km / hora<br>(112 mi / hora)                                                                                                                                                              |
| Dimensiones<br>(Diámetro x profundidad)                                        | 13,0 x 20,3 x 5,40 cm (5,1 x 8,0 x 2,1 pulgadas)<br>con soporte de montaje adjunto                              | 12,4 x 25,1 x 11,9 cm (4,9 x 9,9 x 4,7 pulgadas)<br>con soporte de montaje adjunto                              | 27,8 x 27,8 x 4,5 cm (10,9 x 10,9 x 1,8 pulgadas)<br>con soporte de montaje adjunto                             | 27,8 x 27,8 x 4,5 cm (10,9 x 10,9 x 1,8 pulgadas)<br>con soporte de montaje adjunto                                                                                                           | 47 x 31 cm<br>(18,5 x 12,2 pulgadas)<br>con soporte de montaje adjunto                         | 84 x 223 x 32 mm (3,3 x 8,8 x 1,3 pulgadas)<br>sin corchetes                                                                                                                                  |
| Diámetro del poste Rango                                                       | 1 - 1,6 pulg. (2,5 - 4,1 cm)<br>con abrazadera incluida;<br>hasta 2,25 pulg. (5,7 cm) con abrazadera más grande | 1 - 1,6 pulg. (2,5 - 4,1 cm)<br>con abrazadera incluida;<br>hasta 2,25 pulg. (5,7 cm) con abrazadera más grande | 1 - 1,6 pulg. (2,5 - 4,1 cm)<br>con abrazadera incluida;<br>hasta 2,25 pulg. (5,7 cm) con abrazadera más grande | 1 - 1,6 pulg. (2,5 - 4,1 cm)<br>con abrazadera incluida;<br>hasta 2,25 pulg. (5,7 cm) con abrazadera más grande                                                                               | 2,5 - 3 pulg. (6,4 - 7,6 cm)<br>con abrazadera incluida                                        | 2,5 - 3 pulg. (6,4 - 7,6 cm)<br>con abrazadera incluida                                                                                                                                       |
| Energía Consumo                                                                | 12 W<br><br>(Hasta 15 W en temperaturas extremadamente frías cuando calentador está activado.)                  | 12 W<br><br>(Hasta 15 W en temperaturas extremadamente frías cuando calentador está activado.)                  | 12 W<br><br>(Hasta 15 W en temperaturas extremadamente frías cuando calentador está activado.)                  | 12 W<br><br>(Hasta 15 W en temperaturas extremadamente frías cuando calentador está activado.)                                                                                                | 12 W<br><br>(Hasta 15 W en temperaturas extremadamente frías cuando calentador está activado.) | 12 W<br><br>(Hasta 15 W en temperaturas extremadamente frías cuando calentador está activado.)                                                                                                |
| Voltaje de entrada                                                             | PoE pasivo (30 VCC nominal);<br>Rango de 14-30 VCC                                                              | 30 V                                                                                                            | PoE pasivo (30 VCC nominal);<br>Rango de 14-30 VCC                                                              | PoE pasivo (30 VCC nominal);<br>Rango de 14-30 VCC<br><br>Nota: Se debe mantener un mínimo de 14 V en el conector de radio en todas las condiciones, incluidas las longitudes de cable largas | 30 V                                                                                           | PoE pasivo (30 VCC nominal);<br>Rango de 14-30 VCC<br><br>Nota: Se debe mantener un mínimo de 14 V en el conector de radio en todas las condiciones, incluidas las longitudes de cable largas |
| * Supresor de sobretensión opcional de 30 V disponible: pieza n.o C000000L065A |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                               |                                                                                                |                                                                                                                                                                                               |
| Seguridad                                                                      |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                               |                                                                                                |                                                                                                                                                                                               |
| Cifrado                                                                        | Todos los modelos: AES de 128 bits (modo CCMP)                                                                  |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                               |                                                                                                |                                                                                                                                                                                               |
| Certificaciones                                                                |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                               |                                                                                                |                                                                                                                                                                                               |
| ID DE LA FCC                                                                   | Z8H89FT0048                                                                                                     | Z8H-89FT0016 **                                                                                                 | Z8H89FT0048                                                                                                     | Z8H89FT0048                                                                                                                                                                                   | Z8H89FT0017                                                                                    | Z8H-89FT0047                                                                                                                                                                                  |
| FCC Regulador Parte #                                                          | C058900P701A                                                                                                    | C058910P112A                                                                                                    | C058900P801A                                                                                                    | C058900P901A                                                                                                                                                                                  | C058910P102A                                                                                   | C058910C122A                                                                                                                                                                                  |
| ETSI Regulador Parte #                                                         | C050900P704A                                                                                                    | C050910P011A                                                                                                    | C050900P804A                                                                                                    | C050900P904A                                                                                                                                                                                  | C050910P001A                                                                                   | C050910C221A                                                                                                                                                                                  |
| Industria Certificado de Canadá                                                | 109W-0048                                                                                                       | 109W-0016 **                                                                                                    | 109W-0048                                                                                                       | 109W-0048                                                                                                                                                                                     | 109W-0017                                                                                      | 109W-0047                                                                                                                                                                                     |
| CE                                                                             | EN 301893 V2.1.1 (5,4 GHz),<br>EN 302 502 V2.1.1 (5,8 GHz) **                                                   | EN 301893 V2.1.1 (5,4 GHz),<br>EN 302 502 V2.1.1 (5,8 GHz) **                                                   | EN 301893 V2.1.1 (5,4 GHz),<br>EN 302 502 V2.1.1 (5,8 GHz) **                                                   | EN 301893 V2.1.1 (5,4 GHz),<br>EN 302 502 V2.1.1 (5,8 GHz) **                                                                                                                                 | EN 301893 V2.1.1 (5,4 GHz),<br>EN 302 502 V2.1.1 (5,8 GHz) **                                  | EN 301893 V2.1.1 (5,4 GHz),<br>EN 302 502 V2.1.1 (5,8 GHz) **                                                                                                                                 |

\*\* Las certificaciones son un marcador de posición hasta que se otorgue la subvención oficial

## Serie ePMP™ Force 300

| Especificaciones de la antena                      |                 |                 |                 |                 |                 |                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                    | Fuerza 300-13   | Fuerza 300-16   | Fuerza 300-19   | Fuerza 300-19R  | Fuerza 300-25   | Fuerza 300 CSM                                                                                                   |
| <b>Rango de frecuencia</b>                         | 4910 a 5970 MHz | 4910 a 5970 MHz | 4910 a 5970 MHz | 4910 a 5970 MHz | 4910 a 5970 MHz | 4910 a 6135 MHz                                                                                                  |
| <b>Tipo de antena</b>                              | Panel           | Panel           | Panel           | Panel           | Plato           | Conectorizado                                                                                                    |
| <b>Ganancia pico</b>                               | 13 dBi          | 16 dBi          | 19 dBi          | 19 dBi          | 25 dBi          | n / A                                                                                                            |
| <b>Ancho de haz de 3 dB<br/>Azimut</b>             | 30°             | 15°             | 14,5°           | 14,5°           | 6° a 10°        | n / A                                                                                                            |
| <b>Ancho de haz de 3 dB<br/>Elevación</b>          | 28°             | 30°             | 12,5°           | 12,5°           | 6° a 10°        | n / A                                                                                                            |
| <b>Desde el frente hacia atrás<br/>Aislamiento</b> | n / A           | n / A           | n / A           | n / A           | 25 dB           | n / A                                                                                                            |
| <b>Cruzar<br/>Polarización</b>                     | n / A           | n / A           | n / A           | n / A           | 25 dB           | n / A                                                                                                            |
| <b>Conectores</b>                                  | n / A           | n / A           | n / A           | n / A           | n / A           | 2 x 50 ohmios, RP-SMA<br>(Polaridad inversa<br>SMA) Compatible<br>con RF-Elements<br>Adaptador TwistPort™<br>por |



**Fuerza 300-13**



**Fuerza 300-16**



**Fuerza 300-19**



**Fuerza 300-19R**



**Fuerza 300-25**



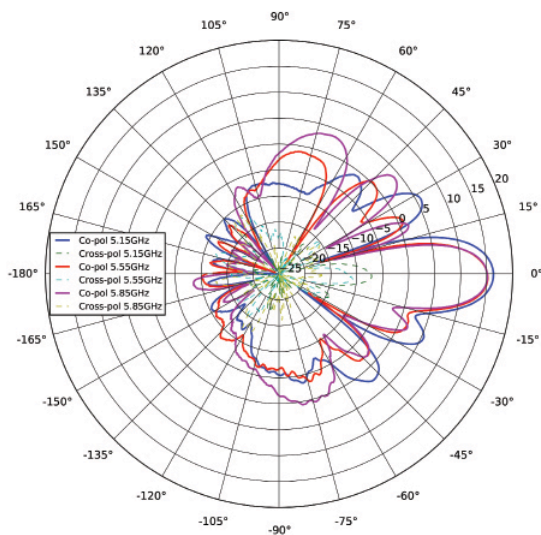
**Fuerza 300 CSM**



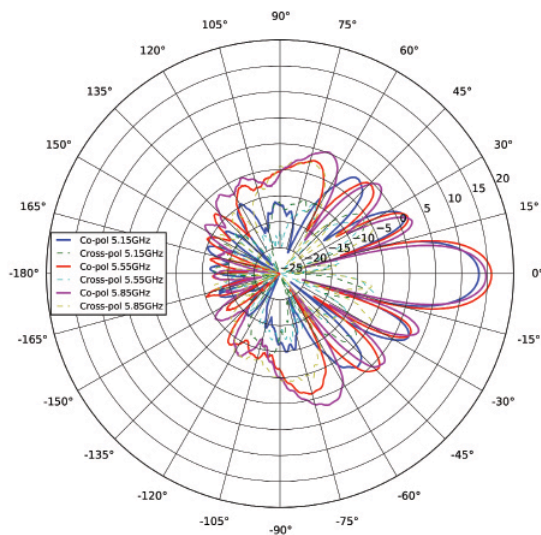
## Serie ePMP™ Force 300

### Forzar patrones de antena 300-16

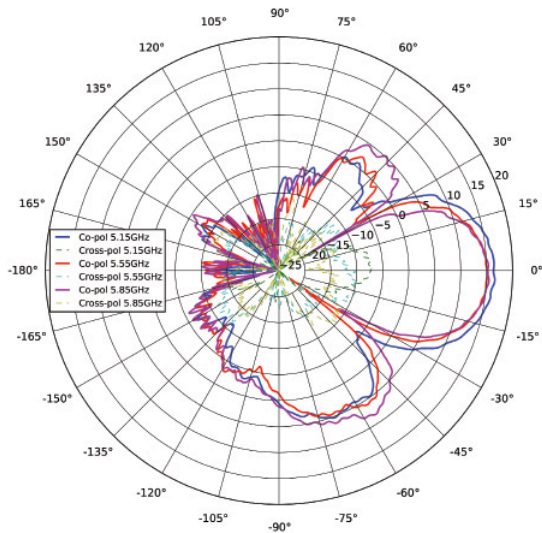
Azimut, horizontal



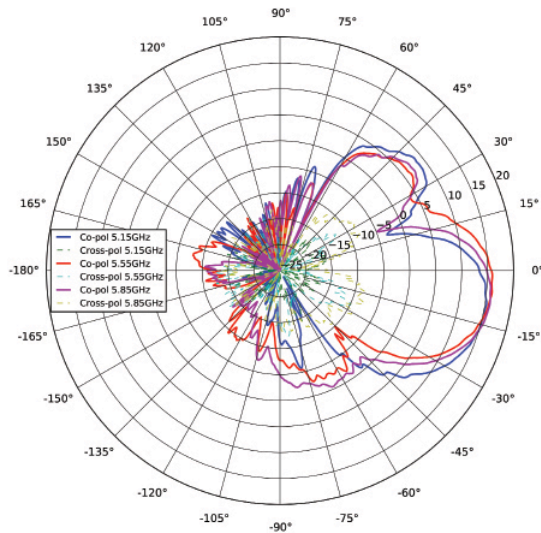
Azimut, Vertical



Elevación, Horizontal



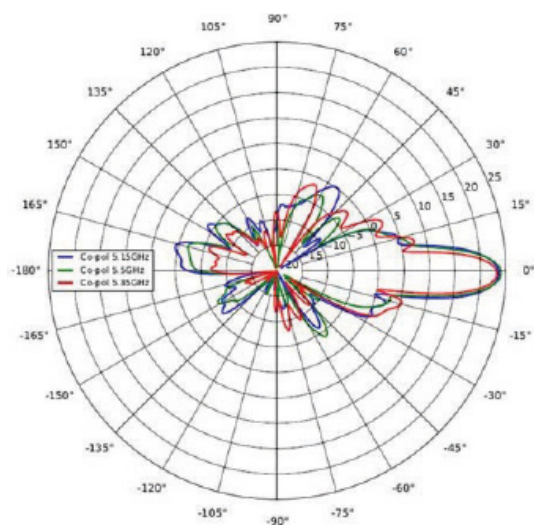
Elevación, Vertical



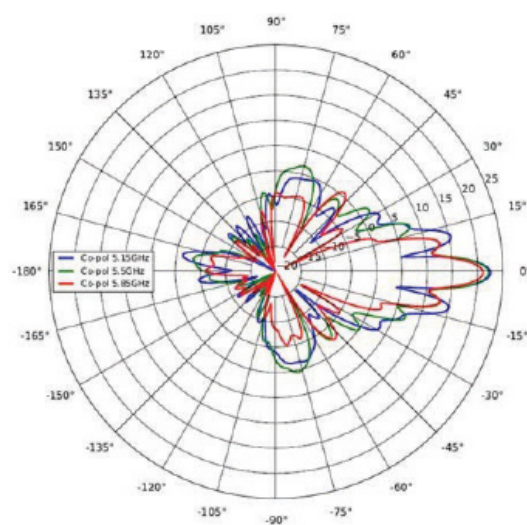
## Serie ePMP™ Force 300

### Forzar patrones de antena 300-25

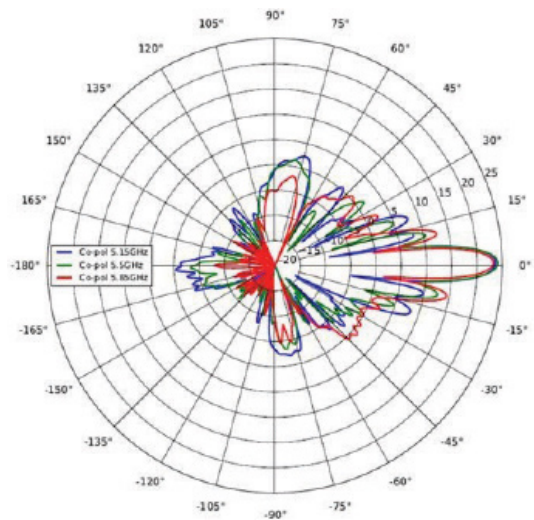
Azimut, horizontal



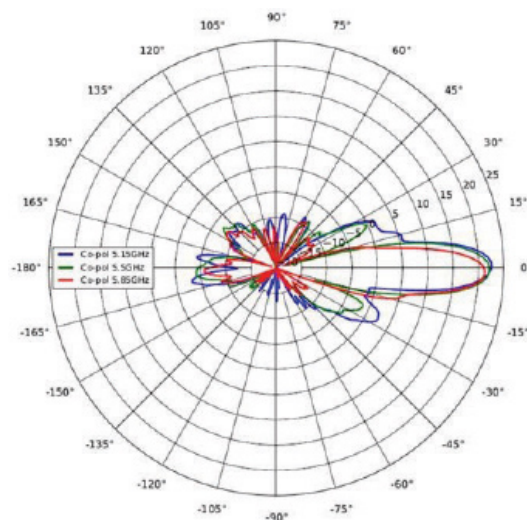
Azimut, Vertical



Elevación, Horizontal



Elevación, Vertical



## Serie ePMP™ Force 300

### 5 GHz Force 300-13 Información para realizar pedidos

|                     |                                                           |
|---------------------|-----------------------------------------------------------|
| <b>C050900C701A</b> | 5 GHz Force 300-13 SM (IC) (cable de Canadá / EE. UU.)    |
| <b>C050900C702A</b> | 5 GHz Force 300-13 SM (UE) (cable de la UE)               |
| <b>C050900C703A</b> | 5 GHz Force 300-13 SM (UE) (cable de Reino Unido)         |
| <b>C050900C704A</b> | 5 GHz Force 300-13 SM (FILA) (sin cable)                  |
| <b>C050900C705A</b> | 5 GHz Force 300-13 SM (FILA) (cable de EE. UU.)           |
| <b>C050900C706A</b> | 5 GHz Force 300-13 SM (ROW) (cable de la UE)              |
| <b>C050900C707A</b> | 5 GHz Force 300-13 SM (ROW) (cable para Reino Unido)      |
| <b>C050900C708A</b> | 5 GHz Force 300-13 SM (ROW) (cable de la India)           |
| <b>C050900C709A</b> | 5 GHz Force 300-13 SM (India) (cable de India)            |
| <b>C050900C710A</b> | 5 GHz Force 300-13 SM (FILA) (cable de China)             |
| <b>C050900C711A</b> | 5 GHz Force 300-13 SM (ROW) (cable de Brasil)             |
| <b>C050900C712A</b> | 5 GHz Force 300-13 SM (ROW) (cable de Argentina)          |
| <b>C050900C713A</b> | 5 GHz Force 300-13 SM (FILA) (cable ANZ)                  |
| <b>C050900C714A</b> | 5 GHz Force 300-13 SM (ROW) (cable de Sudáfrica)          |
| <b>C050900C715A</b> | 5 GHz Force 300-13 SM (FILA) (sin fuente de alimentación) |
| <b>C058900C701A</b> | 5 GHz Force 300-13 SM (FCC) (cable de EE. UU.)            |

### 5 GHz Force 300-19 Información para pedidos

|                     |                                                           |
|---------------------|-----------------------------------------------------------|
| <b>C050900C801A</b> | 5 GHz Force 300-19 SM (IC) (cable de Canadá / EE. UU.)    |
| <b>C050900C802A</b> | 5 GHz Force 300-19 SM (UE) (cable de la UE)               |
| <b>C050900C803A</b> | 5 GHz Force 300-19 SM (UE) (cable de Reino Unido)         |
| <b>C050900C804A</b> | 5 GHz Force 300-19 SM (FILA) (sin cable)                  |
| <b>C050900C805A</b> | 5 GHz Force 300-19 SM (FILA) (cable de EE. UU.)           |
| <b>C050900C806A</b> | 5 GHz Force 300-19 SM (FILA) (cable de la UE)             |
| <b>C050900C807A</b> | 5 GHz Force 300-19 SM (ROW) (cable para Reino Unido)      |
| <b>C050900C808A</b> | 5 GHz Force 300-19 SM (ROW) (cable de la India)           |
| <b>C050900C809A</b> | 5 GHz Force 300-19 SM (India) (cable de India)            |
| <b>C050900C810A</b> | 5 GHz Force 300-19 SM (ROW) (cable de China)              |
| <b>C050900C811A</b> | 5 GHz Force 300-19 SM (ROW) (cable de Brasil)             |
| <b>C050900C812A</b> | 5 GHz Force 300-19 SM (ROW) (cable de Argentina)          |
| <b>C050900C813A</b> | 5 GHz Force 300-19 SM (FILA) (cable ANZ)                  |
| <b>C050900C814A</b> | 5 GHz Force 300-19 SM (ROW) (cable de Sudáfrica)          |
| <b>C050900C815A</b> | 5 GHz Force 300-19 SM (FILA) (sin fuente de alimentación) |
| <b>C058900C801A</b> | 5 GHz Force 300-19 SM (FCC) (cable de EE. UU.)            |

### 5 GHz Force 300-16 Información para pedidos

|                     |                                                                |
|---------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>C050910C011A</b> | Radio Force 300-16 de 5 GHz (FILA) (sin cable)                 |
| <b>C050910C111A</b> | Radio Force 300-16 de 5 GHz (ROW) (cable de EE. UU.)           |
| <b>C050910C114A</b> | Radio Force 300-16 de 5 GHz (IC) (cable de Canadá / EE. UU.)   |
| <b>C050910C211A</b> | Radio Force 300-16 de 5 GHz (ROW) (cable de la UE)             |
| <b>C050910C213A</b> | Radio Force 300-16 de 5 GHz (UE) (cable de la UE)              |
| <b>C050910C311A</b> | Radio Force 300-16 de 5 GHz (ROW) (cable para el Reino Unido)  |
| <b>C050910C313A</b> | Radio Force 300-16 de 5 GHz (UE) (cable del Reino Unido)       |
| <b>C050910C411A</b> | Radio Force 300-16 de 5 GHz (ROW) (cable de la India)          |
| <b>C050910C412A</b> | Radio Force 300-16 de 5 GHz (India) (cable de India)           |
| <b>C050910C511A</b> | Radio Force 300-16 de 5 GHz (ROW) (cable de China)             |
| <b>C050910C611A</b> | Radio Force 300-16 de 5 GHz (ROW) (cable de Brasil)            |
| <b>C050910C711A</b> | Radio Force 300-16 de 5 GHz (ROW) (cable de Argentina)         |
| <b>C050910C811A</b> | Radio Force 300-16 de 5 GHz (FILA) (cable ANZ)                 |
| <b>C050910C911A</b> | Radio Force 300-16 de 5 GHz (ROW) (cable de Sudáfrica)         |
| <b>C050910CZ11A</b> | Radio Force 300-16 de 5 GHz (ROW) (sin fuente de alimentación) |
| <b>C058910C112A</b> | Radio Force 300-16 de 5 GHz (FCC) (cable de EE. UU.)           |

### 5 GHz Force 300-19R Información para realizar pedidos

|                     |                                                            |
|---------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>C050900C901A</b> | 5 GHz Force 300-19R SM (IC) (cable de Canadá / EE. UU.)    |
| <b>C050900C902A</b> | 5 GHz Force 300-19R SM (UE) (cable de la UE)               |
| <b>C050900C903A</b> | 5 GHz Force 300-19R SM (UE) (cable del Reino Unido)        |
| <b>C050900C904A</b> | 5 GHz Force 300-19R SM (FILA) (sin cable)                  |
| <b>C050900C905A</b> | 5 GHz Force 300-19R SM (FILA) (cable de EE. UU.)           |
| <b>C050900C906A</b> | 5 GHz Force 300-19R SM (FILA) (cable de la UE)             |
| <b>C050900C907A</b> | 5 GHz Force 300-19R SM (ROW) (cable para Reino Unido)      |
| <b>C050900C908A</b> | 5 GHz Force 300-19R SM (ROW) (cable de la India)           |
| <b>C050900C909A</b> | 5 GHz Force 300-19R SM (India) (cable de India)            |
| <b>C050900C910A</b> | 5 GHz Force 300-19R SM (ROW) (cable de China)              |
| <b>C050900C911A</b> | 5 GHz Force 300-19R SM (ROW) (cable de Brasil)             |
| <b>C050900C912A</b> | 5 GHz Force 300-19R SM (ROW) (cable de Argentina)          |
| <b>C050900C913A</b> | 5 GHz Force 300-19R SM (FILA) (cable ANZ)                  |
| <b>C050900C914A</b> | 5 GHz Force 300-19R SM (ROW) (cable de Sudáfrica)          |
| <b>C050900C915A</b> | 5 GHz Force 300-19R SM (FILA) (sin fuente de alimentación) |
| <b>C058900C901A</b> | 5 GHz Force 300-19R SM (FCC) (cable de EE. UU.)            |

## Serie ePMP™ Force 300

### 5 GHz Force 300-25 Información para realizar pedidos

|                     |                                                                                                                            |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>C050910M001A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (fila) (sin cable)                 |
| <b>C050910M101A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (cable de EE. UU.)           |
| <b>C050910M104A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (IC) (cable de Canadá / EE. UU.)   |
| <b>C050910M201A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (cable de la UE)             |
| <b>C050910M203A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (UE) (cable de la UE)              |
| <b>C050910M301A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (cable del Reino Unido)      |
| <b>C050910M303A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (UE) (cable del Reino Unido)       |
| <b>C050910M401A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (cable de India)             |
| <b>C050910M501A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (cable de China)             |
| <b>C050910M601A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (cable de Brasil)            |
| <b>C050910M701A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (cable de Argentina)         |
| <b>C050910M801A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (cable ANZ)                  |
| <b>C050910M901A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (cable de Sudáfrica)         |
| <b>C050910MZ01A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (sin fuente de alimentación) |
| <b>C058910M102A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (FCC) (cable de EE. UU.)           |
| <b>C050910C001A</b> | Radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz (ROW) (sin cable)                                                             |
| <b>C050910C101A</b> | Radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz (ROW) (cable de EE. UU.)                                                      |
| <b>C050910C104A</b> | Radio de alta ganancia (IC) Force 300-25 de 5 GHz (cable de Canadá / EE. UU.)                                              |
| <b>C050910C201A</b> | Radio de alta ganancia de 5 GHz Force 300-25 (ROW) (cable de la UE)                                                        |
| <b>C050910C203A</b> | Radio de alta ganancia de 5 GHz Force 300-25 (UE) (cable de la UE)                                                         |
| <b>C050910C301A</b> | Radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz (ROW) (cable para el Reino Unido)                                             |
| <b>C050910C303A</b> | Radio de alta ganancia de 5 GHz Force 300-25 (UE) (cable del Reino Unido)                                                  |
| <b>C050910C401A</b> | Radio de alta ganancia de 5 GHz Force 300-25 (ROW) (cable de la India)                                                     |
| <b>C050910C501A</b> | Radio de alta ganancia de 5 GHz Force 300-25 (ROW) (cable de China)                                                        |
| <b>C050910C601A</b> | Radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz (ROW) (cable de Brasil)                                                       |
| <b>C050910C701A</b> | Radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz (ROW) (cable de Argentina)                                                    |
| <b>C050910C801A</b> | Radio de alta ganancia de 5 GHz Force 300-25 (ROW) (cable ANZ)                                                             |
| <b>C050910C901A</b> | Radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz (ROW) (cable de Sudáfrica)                                                    |
| <b>C050910CZ01A</b> | Radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz (ROW) (sin fuente de alimentación)                                            |
| <b>C058910C102A</b> | Radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz (FCC) (cable de EE. UU.)                                                      |

## Serie ePMP™ Force 300

### 5 GHz Force 300 CSM Información para realizar pedidos

|                     |                                                                 |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>C050910C021A</b> | Radio CSM Force 300 de 5 GHz (ROW) (sin cable)                  |
| <b>C050910C121A</b> | Radio CSM Force 300 de 5 GHz (ROW) (cable de EE. UU.)           |
| <b>C050910C124A</b> | Radio CSM Force 300 de 5 GHz (IC) (cable de Canadá / EE. UU.)   |
| <b>C050910C221A</b> | Radio CSM Force 300 de 5 GHz (ROW) (cable de la UE)             |
| <b>C050910C223A</b> | Radio Force 300 CSM de 5 GHz (UE) (cable de la UE)              |
| <b>C050910C321A</b> | Radio Force 300 CSM de 5 GHz (ROW) (cable para el Reino Unido)  |
| <b>C050910C323A</b> | Radio Force 300 CSM de 5 GHz (UE) (cable del Reino Unido)       |
| <b>C050910C421A</b> | Radio Force 300 CSM de 5 GHz (ROW) (cable de la India)          |
| <b>C050910C422A</b> | Radio CSM Force 300 de 5 GHz (India) (cable de India)           |
| <b>C050910C521A</b> | Radio CSM Force 300 de 5 GHz (ROW) (cable de China)             |
| <b>C050910C621A</b> | Radio Force 300 CSM de 5 GHz (ROW) (cable de Brasil)            |
| <b>C050910C721A</b> | Radio CSM Force 300 de 5 GHz (ROW) (cable de Argentina)         |
| <b>C050910C821A</b> | Radio Force 300 CSM de 5 GHz (ROW) (cable ANZ)                  |
| <b>C050910C921A</b> | Radio CSM Force 300 de 5 GHz (ROW) (cable de Sudáfrica)         |
| <b>C050910CZ21A</b> | Radio Force 300 CSM de 5 GHz (ROW) (sin fuente de alimentación) |
| <b>C058910C122A</b> | Radio Force 300 CSM de 5 GHz (FCC) (cable de EE. UU.)           |

### ACERCA DE LAS REDES CAMBIUM

Cambium Networks brinda a millones de personas conectividad inalámbrica en todo el mundo. Su cartera inalámbrica es utilizada por operadores de redes comerciales y gubernamentales, así como por proveedores de servicios de banda ancha para conectar personas, lugares y cosas. Con una arquitectura de red única que abarca la conexión inalámbrica fija y Wi-Fi, Cambium Networks permite a los operadores lograr el máximo rendimiento con un espectro mínimo. La gestión de la nube de un extremo a otro transforma las redes en entornos dinámicos que evolucionan para satisfacer las necesidades cambiantes con una mínima intervención humana física. Cambium Networks potencia un ecosistema en crecimiento de socios que diseñan y ofrecen soluciones inalámbricas gigabit que simplemente funcionan.

### 13.3.3 Teltonika RUTX50



## ¡Advertencia!

Por favor, lea el manual de usuario contenido en esta publicación, ya que contiene informaciones importantes sobre la seguridad de la instalación y uso del dispositivo.

Sólo las personas que han leído el manual de usuario pueden utilizar el dispositivo.

El manual de usuario debe conservarse para futuras consultas. El dispositivo debe utilizarse únicamente para los fines indicados en este manual.

El dispositivo debe ser desembalado antes de la puesta en marcha. Después de desembalar, asegúrese de que el dispositivo está en buenas condiciones.

Si el producto tiene defectos, no debe ser utilizado hasta que sea reparado.

El producto está diseñado para uso doméstico y comercial y no podrá ser utilizado para fines distintos de los previstos.

El fabricante no se hace responsable de los daños derivados del incumplimiento de las normas contenidas en el manual de usuario, por lo que se recomienda seguir las mencionadas instrucciones de seguridad de la operación, uso y mantenimiento del dispositivo.

Esto garantizará su seguridad y evitará daños en el dispositivo.

El fabricante y el proveedor no se responsabilizan de los daños o pérdidas causados por el producto, incluidas las pérdidas económicas o intangibles, pérdidas de beneficios, ingresos, datos, disfrute al usar el producto u otros productos relacionado con ello - pérdida o destrucción indirecta, incidental o consecuente. Lo anterior se aplicará con independencia de si la pérdida o destrucción se refiere a:

1. Deterioro de la calidad o mal funcionamiento del producto o productos relacionados con ello, debido a los daños, y la falta de disponibilidad del producto cuando está siendo reparado, lo que ha causado la inactividad, pérdida de tiempo del usuario o la interrupción de la actividad de la empresa;
2. Desempeño inadecuado del producto o productos relacionados;
3. Esto se aplica a las pérdidas y daños de cualquier categoría legal, incluida la negligencia y otros daños, resolución del contrato, garantía expresa o implícita y responsabilidad estricta (incluso si el fabricante o el proveedor ha sido notificado de la posibilidad de dichos daños).

### Medidas de seguridad:

En la fase de diseño, se prestó especial atención a las normas de calidad del dispositivo en el que el factor más importante es garantizar la seguridad de la operación.

El dispositivo debe protegerse del contacto con líquidos corrosivos, colorantes y viscosos.

El dispositivo está diseñado para reanudar el funcionamiento cuando se restablece la alimentación después de un corte de energía.

**¡Atención! Se recomienda utilizar protección adicional para proteger el dispositivo contra posibles sobretensiones en las instalaciones. Los protectores contra sobretensión son una protección eficaz contra el paso accidental de tensiones superiores a la nominal a través del dispositivo. Los daños causados por el paso de tensiones más altas que las previstas en el manual no están cubiertos por la garantía.**

Apague el dispositivo antes del transporte.

Antes de conectar el dispositivo a la red, asegúrese de que la tensión de alimentación es consistente con la tensión nominal especificada en el manual de usuario.

### Correcta eliminación del producto:

El símbolo del contenedor tachado indica que este producto no debe eliminarse junto con otros residuos domésticos en toda la UE.

Para evitar posibles daños al medio ambiente o para la salud causados por la eliminación incontrolada de residuos, el producto debe ser reciclado, promoviendo así el uso sostenible de los recursos naturales.

Para devolver un producto consumido, utilice el sistema de recogida y eliminación de este tipo de equipo o póngase en contacto con el establecimiento donde lo adquirió. El producto será eliminado respetando el medio ambiente.

El enrutador inalámbrico RUTX50, compatible con el estándar IEEE 802.11 b/g/n/ac, permite compartir una conexión de red entre varios usuarios en áreas cubiertas por la señal 3G/4G/5G. El enrutador RUTX50 transmite 2 redes inalámbricas dedicadas en la banda de 5 GHz y en la banda de 2.4 GHz con una velocidad máxima de 867 Mb/s. El dispositivo cuenta con 5 puertos Ethernet (4 x LAN + WAN), 1 entrada/salida digital configurable, un puerto USB, 2 ranuras para tarjetas SIM y conectores para antenas 5G/LTE, WiFi y GNSS (sistemas globales de navegación por satélite). El dispositivo es compatible con la tecnología IoT (Internet de las cosas).

El enrutador es administrado por el sistema operativo RutOS y soporta protocolos industriales, tales como Modbus, DLMS, DNP3, OPC UA, además, es compatible con el sistema de administración RMS, permitiendo una administración remota eficiente y local del dispositivo. The **Teltonika RMS** application is dedicated to management.

El enrutador Teltonika RUTX50 cuenta con una toma de corriente industrial de 4 pines y es compatible con una amplia gama de tensiones de alimentación.



|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rango de frecuencia:      | <p>WiFi :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.4 GHz ( 2.400 ... 2.500 GHz ),</li> <li>• 5 GHz ( 4.950 ... 5.850 GHz ),</li> </ul> <p>5G/4G/3G :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 617 ... 960 MHz,</li> <li>• 1710 ... 2690 MHz,</li> <li>• 3300 ... 6000 MHz ,</li> </ul> <p>GNSS :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1575.42 ... 1602 MHz</li> </ul> |
| Tipo de antena:           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 x Antena onmidireccional Wi-Fi - 3 dBi (conector SMA-RP),</li> <li>• 4 x Antena onmidireccional 5G/4G/3G - 4 dBi (conector SMA),</li> <li>• 1 x Antena onmidireccional GNSS - 28 dB (conector SMA)</li> </ul>                                                                                                                                |
| Estándares:               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.4 GHz Wi-Fi : IEEE 802.11 b/g/n ,</li> <li>• 5 GHz Wi-Fi : IEEE 802.11 a/n/ac,</li> <li>• 5G Sub-6 SA/NSA, LTE Cat. 20, 3G WCDMA</li> <li>• GNSS : GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo, QZSS</li> </ul>                                                                                                                                            |
| Velocidad de transmisión: | <ul style="list-style-type: none"> <li>• WiFi : max. 867 Mbps</li> <li>• 5G Sub-6 SA/NSA : 2.1 / 3.3 Gb/s DL 4x4 MIMO, 900 / 600 Mbps UL 2x2 MIMO,</li> <li>• 4G LTE : 2 Gb/s DL, 200 Mbps UL,</li> <li>• 3G : 42 Mbps DL, 5.76 Mbps UL</li> </ul>                                                                                                                                      |
| Puertos LAN:              | 4 x 10/100/1000 Mbps                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Interfaz WAN:             | 1 x 10/100/1000 Mbps                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |





# Manual de usuario

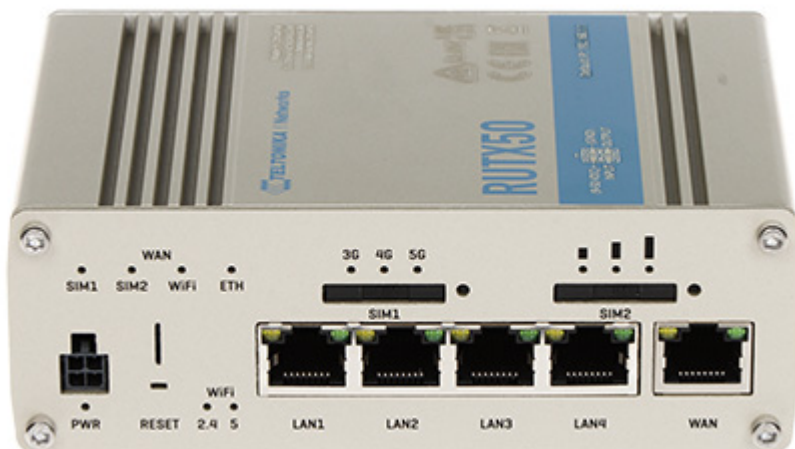
Código: RUTX50

PUNTO DE ACCESO 5G + ROUTER **RUTX50** Dual SIM Wi-Fi 5, 2.4 GHz, 5 GHz, 867 Mbps Teltonika

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Potencia del transmisor:     | <ul style="list-style-type: none"><li>≤ 20 dBm @ 2.4 GHz Wi-Fi</li><li>≤ 23 dBm @ 5 GHz Wi-Fi</li><li>≤ 23 dBm @ 5G</li><li>≤ 23 dBm @ 4G+ LTE</li><li>≤ 24 dBm @ 3G WCDMA</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Indicadores LED:             | <ul style="list-style-type: none"><li>• Power</li><li>• WiFi : 2.4, 5</li><li>• WAN : SIM 1, SIM 2, WiFi, ETH</li><li>• 3G, 4G, 5G, 3 x Indicador de señal</li><li>• 5 x Link/Act : 4 x LAN + WAN</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Tipo de red:                 | <ul style="list-style-type: none"><li>• 5G NR NSA : n1/3/5/7/8/20/28/38/40/41/77</li><li>• 5G NR SA : n1/3/5/7/8/20/28/38/40/41/77/78</li><li>• 4G LTE-FDD: B1/3/5/7/8/20/28/32</li><li>• 4G LTE-TDD: B38/40/41/42/43</li><li>• 3G WCDMA: B1/5/8</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| LTE:                         | ✓                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| QSS:                         | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| WDS:                         | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Ranura para tarjeta SIM:     | 2 x Mini SIM - 2FF                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| DDNS:                        | Compatibilidad > 25                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Servidor DHCP:               | ✓                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Puerto USB:                  | USB 2.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Protecciones:                | <ul style="list-style-type: none"><li>• WPA2-Enterprise - PEAP, WPA2-PSK, WPA-EAP, WPA-PSK, WPA3-SAE, WPA3-EAP, OWE, AES-CCMP, TKIP, EAP-TLS</li><li>• Modo de encriptación automática</li><li>• Separación del cliente</li><li>• SSID oculto</li><li>• Firewall</li><li>• Protección contra ataques DDOS, SYN, SSH, HTTP/HTTPS</li><li>• Límites de transmisión de datos configurables e independientes para cada tarjeta SIM</li><li>• Lista negra / Lista blanca</li><li>• filtrado de direcciones MAC</li><li>• Protección contra los efectos de la conexión de la alimentación con polaridad invertida</li><li>• Protección contra sobretensiones &gt; 51 V DC / 10 µs</li></ul> |
| Interfaz de gestión:         | Navegador web, aplicación Teltonika RMS, SMS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Dirección IP predeterminada: | 192.168.1.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Sistema operativo:           | RutOS (Linux OS based)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Actualización del firmware:  | ✓                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Algunas características:                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dual SIM</li> <li>• MU-MIMO - función de transmisión de múltiples antenas, aumenta el ancho de banda y la fiabilidad de la conexión con el cliente de red</li> <li>• Soporte para la tecnología Mesh</li> <li>• Control de la función de itinerancia rápida - de acuerdo con el estándar IEEE 802.11r (solo cuando se utilizan los puntos de acceso que soportan esta función)</li> <li>• Itinerancia perfecta (seamless roaming) - la función de itinerancia 802.11k/v permite el cambio automático de clientes entre los puntos de acceso con la señal óptima para una transición fluida a medida que el usuario se mueve. Esto permite que las aplicaciones sensibles a interferencias, como VoIP y videoconferencias, no se interrumpan.,</li> <li>• Conformidad con el protocolo Modbus, DLMS, DNP3, OPC UA</li> <li>• Detección automática MDI/MDI-X - detecta automáticamente el modo de transmisión de datos</li> <li>• Routing estático / dinámico</li> <li>• Soporte para la tecnología VoIP,</li> <li>• Puede funcionar como Hotspot</li> <li>• Visualización de la topología y el estado de la red</li> <li>• Soporte WMM (mecanismo QoS del estándar 802.11e)</li> <li>• Soporte para DHCP Relay</li> <li>• Soporte para VLAN</li> <li>• Redes VPN: IPsec VPN, L2TP VPN, PPTP VPN, Open VPN</li> <li>• Conformidad con el protocolo MQTT</li> <li>• SNMP v1/v2/v3/Trap</li> <li>• Copia de seguridad de la conexión WAN - gracias al puerto WAN / LAN completamente funcional, se pueden utilizar varios tipos de conexiones de respaldo, incluidos los cablemódems, fibra óptica y DSL</li> <li>• Compatibilidad con los sistemas IoT (Internet of Things),</li> <li>• Configuración a través de la aplicación Teltonika RMS</li> <li>• Carcasa de aluminio duradera</li> <li>• Resistencia a los impactos</li> <li>• Diseñado para aplicaciones industriales en una amplia gama de temperaturas.</li> <li>• Botón RESET</li> <li>• Puerto USB 2.0 - posibilidad de conectar un disco duro externo, una memoria flash, un módem adicional, una impresora, un adaptador serial USB</li> <li>• Toma de corriente industrial de 4 pines,</li> <li>• Amplia gama de tensiones de alimentación compatibles,</li> <li>• 1 entrada / salida digital - posibilidad de ajustar ciertas condiciones de entrada/salida para iniciar el evento</li> <li>• Toma de tierra</li> <li>• Grado de protección : IP30</li> <li>• El conjunto incluye el cable Ethernet</li> </ul> |
| Se puede montar en un armario Rack:      | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Alimentación:                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 12 V DC / 1.5 A (fuente de alimentación incluida)</li> <li>• 9 ... 50 V DC</li> <li>• 9 ... 50 V DC - Passive PoE, Alimentación de LAN1</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Consumo de energía:                      | ≤ 18 W                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Temperatura de funcionamiento:           | -40 °C ... 75 °C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Humedad relativa del ambiente admisible: | 10 % ... 90 % (sin condensación)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Peso:                                    | 0.53 kg                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Dimensiones:                             | 132 x 103 x 44 mm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Fabricante / Marca:                      | Teltonika                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Garantía:                                | 2 años                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

## Conectores



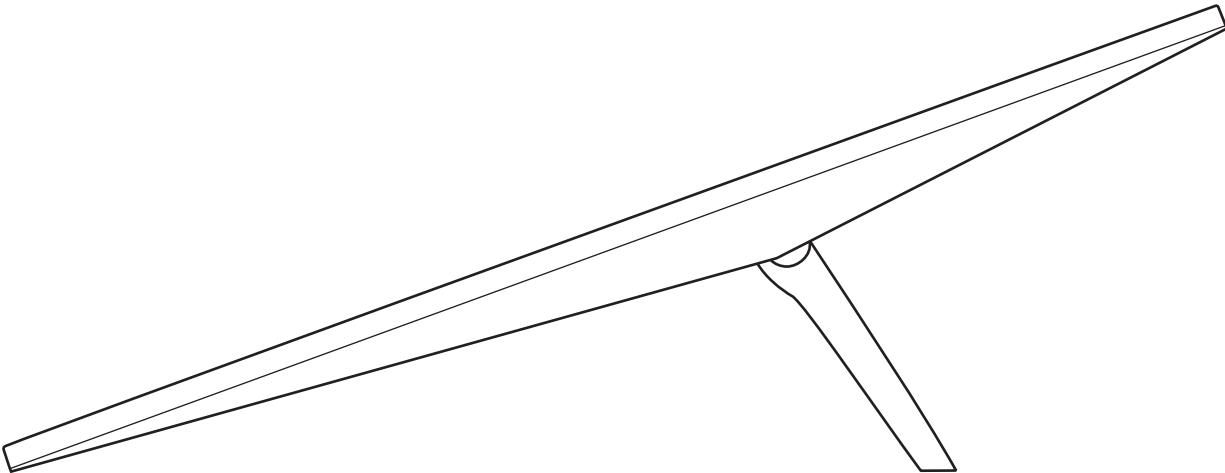
Incluido



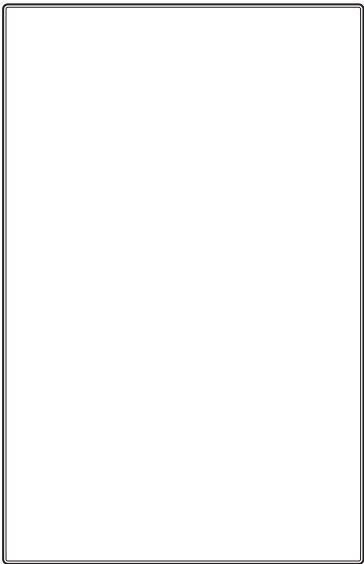
EMBALAJE

|                                           |                  |
|-------------------------------------------|------------------|
| Dimensiones (Lon. x An. x Alt.): 0x0x0 mm | Peso bruto: 0 kg |
|-------------------------------------------|------------------|

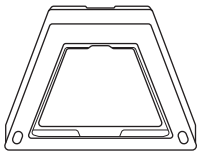
#### 13.3.4 Starlink Estándar



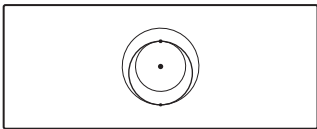
Qué hay en la caja



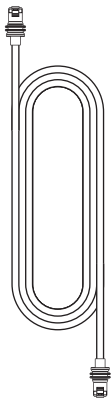
Estándar



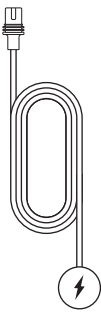
Pie



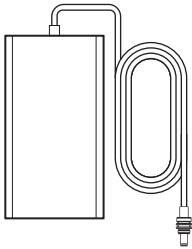
Router Gen 3



Cable Starlink  
15 m  
(49.2 pies)



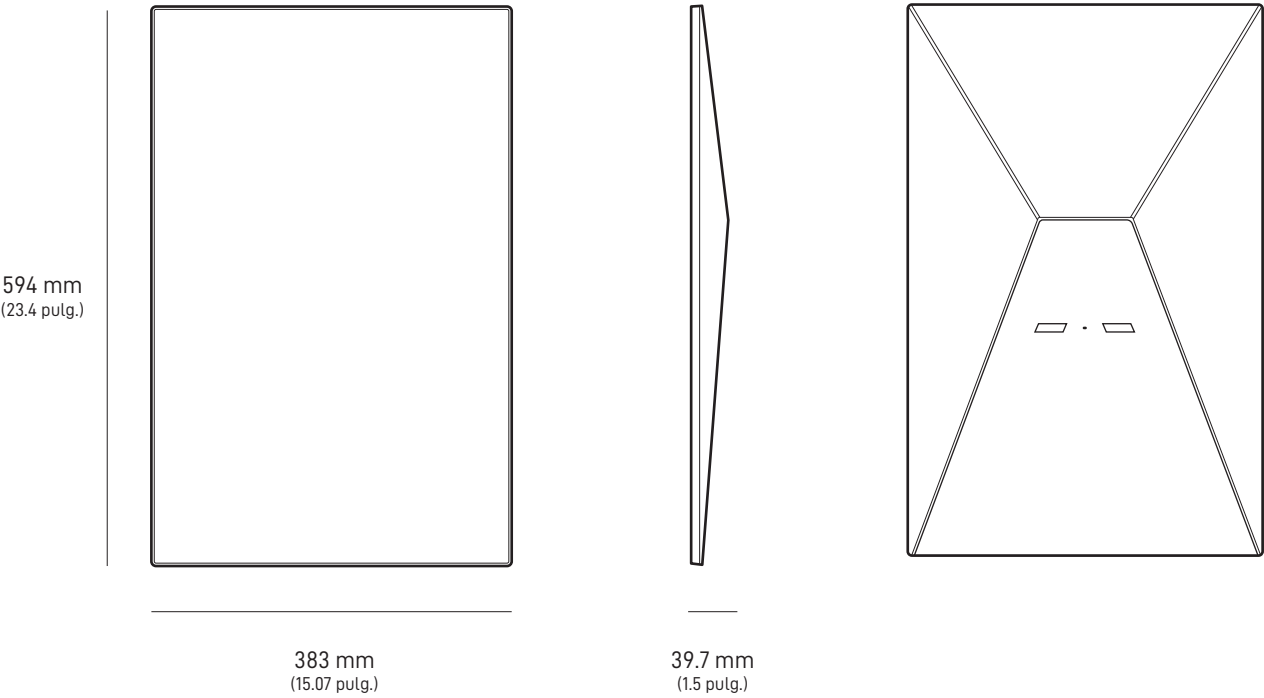
Cable de alimentación de CA  
1.5 m  
(4.92 pies)



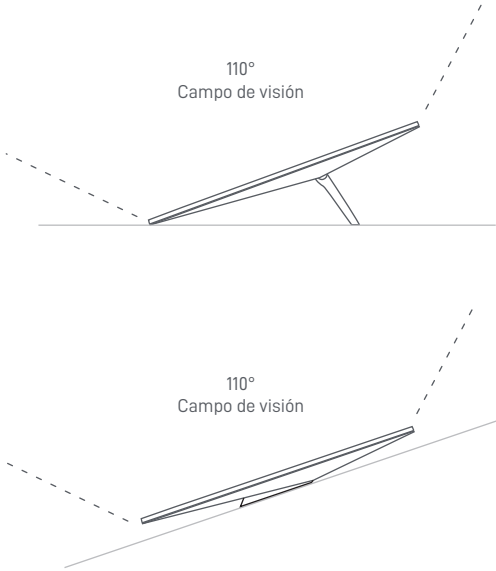
Fuente de alimentación  
1.5 m  
(4.92 pies)

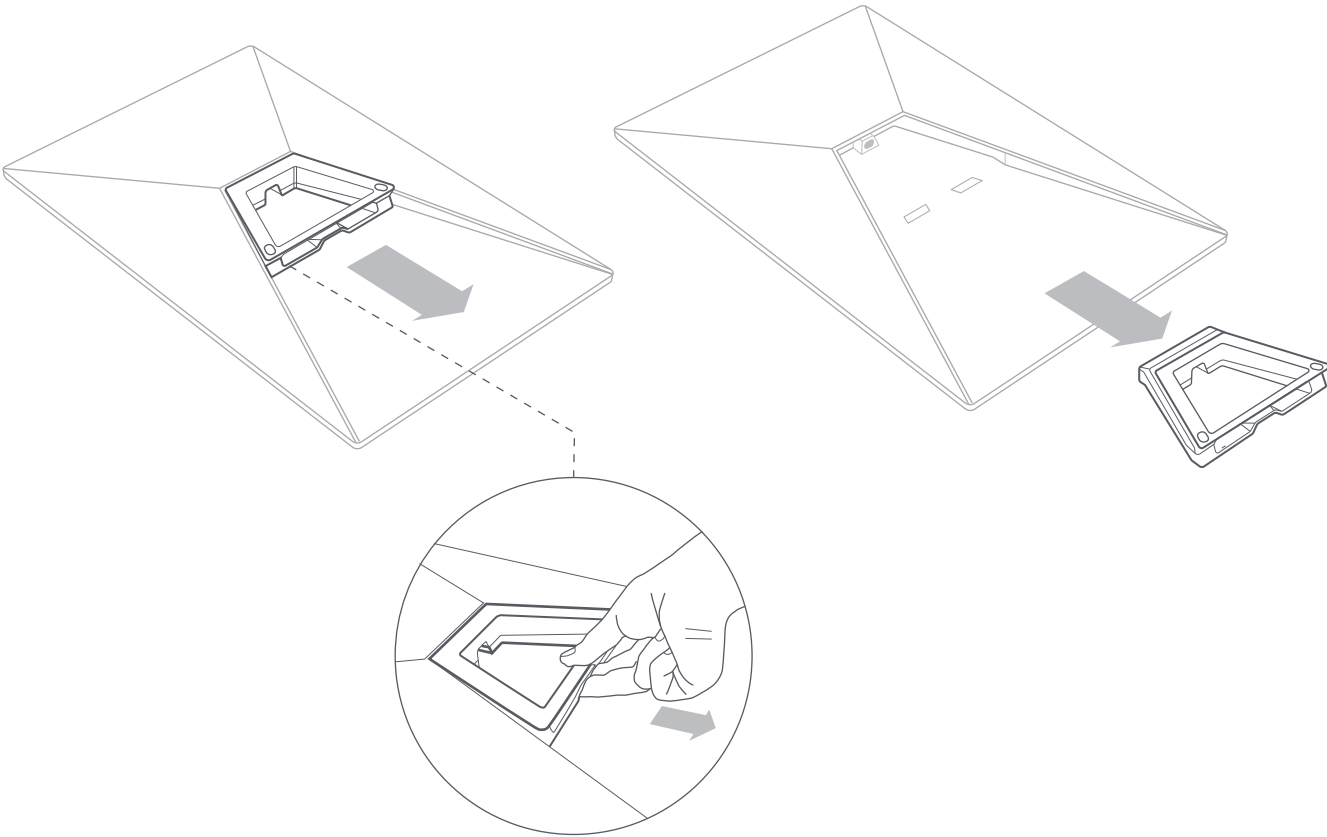
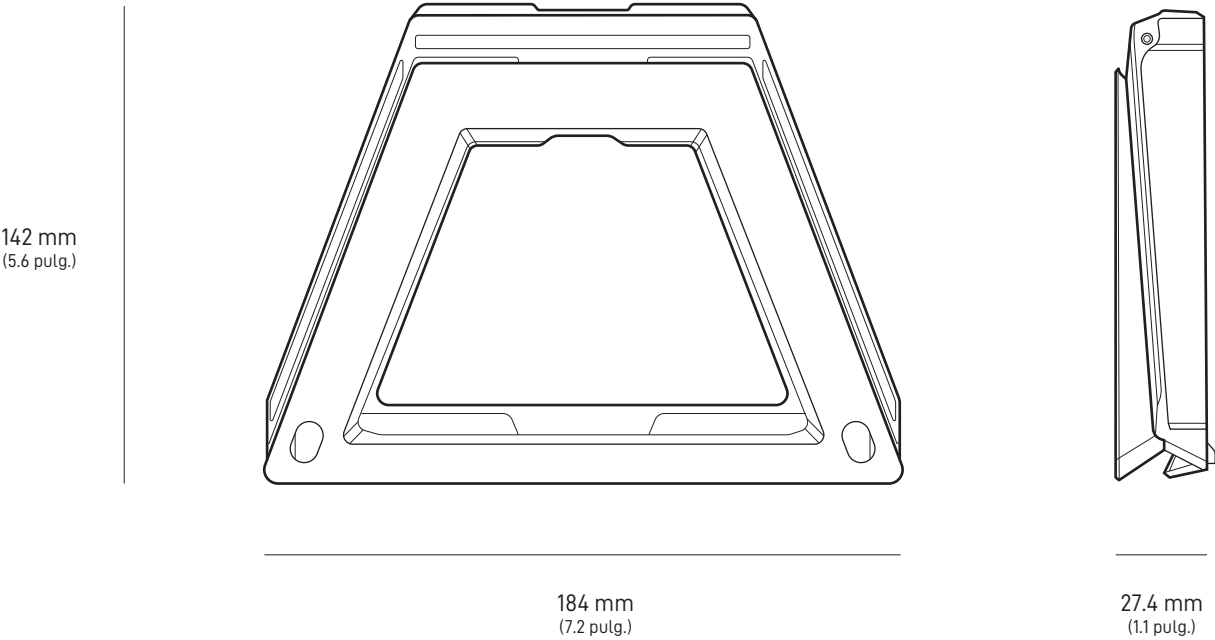
**Peso del paquete:** 6.73 kg (14.83 lb)

**Dimensiones del paquete:** 652.4 x 451.7 x 97.9 mm (25.69 x 17.78 x 3.84 pulg.)

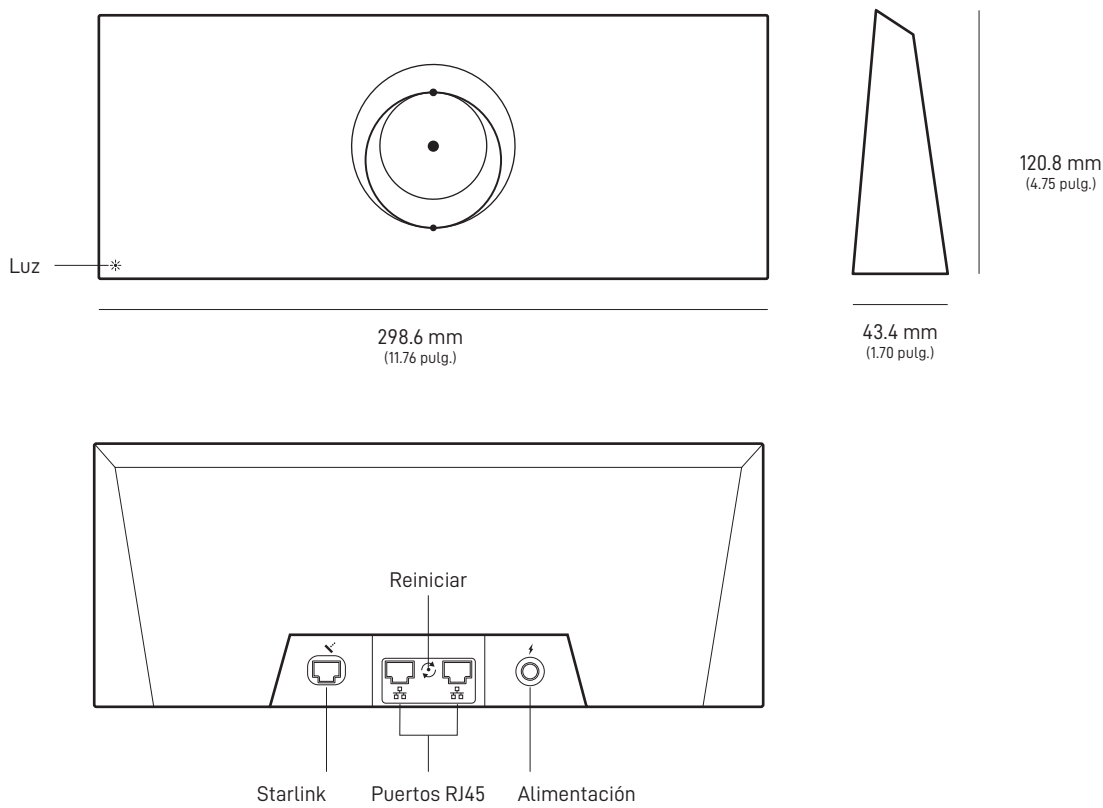


|                                  |                                                                                     |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Antena                           | Matriz electrónica en fase                                                          |
| Campo de visión                  | 110°                                                                                |
| Orientación                      | Orientación manual asistida por software                                            |
| Peso                             | 2.9 kg (6.4 lb)<br>3.2 kg (7 lb) con pie<br>3.8 kg (8.3 lb) con pie y cable de 15 m |
| Clasificación ambiental          | IP67 Tipo 4                                                                         |
| Temperatura de funcionamiento    | -30 °C a 50 °C (-22 °F a 122 °F)                                                    |
| Velocidad del viento             | Funcionamiento: más de 96 km/h (más de 60 mph)                                      |
| Capacidad para derretir la nieve | Hasta 40 mm/hora (1.5 pulg./hora)                                                   |
| Consumo de energía               | Promedio: de 75 a 100 W                                                             |

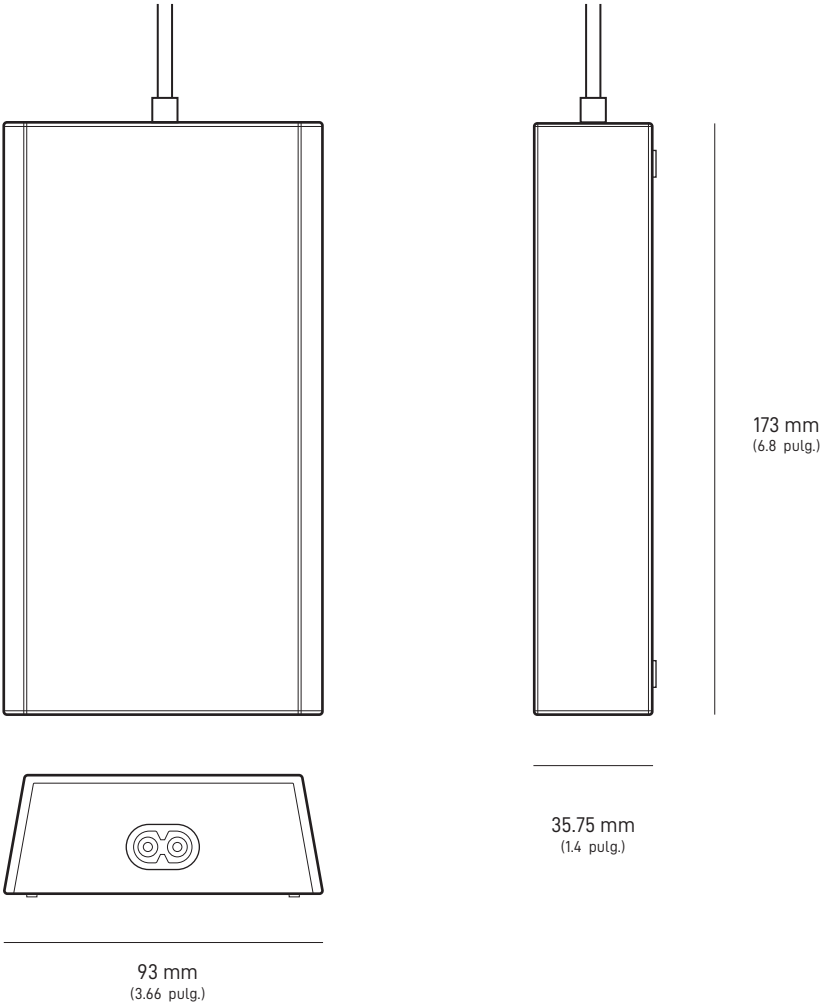




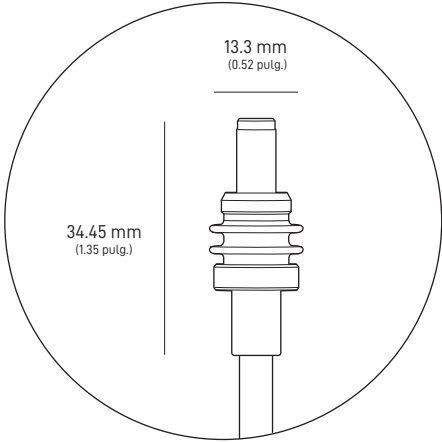


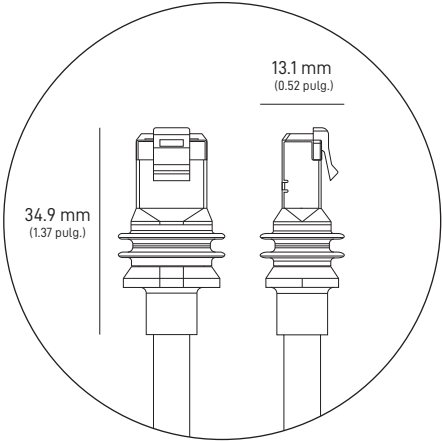
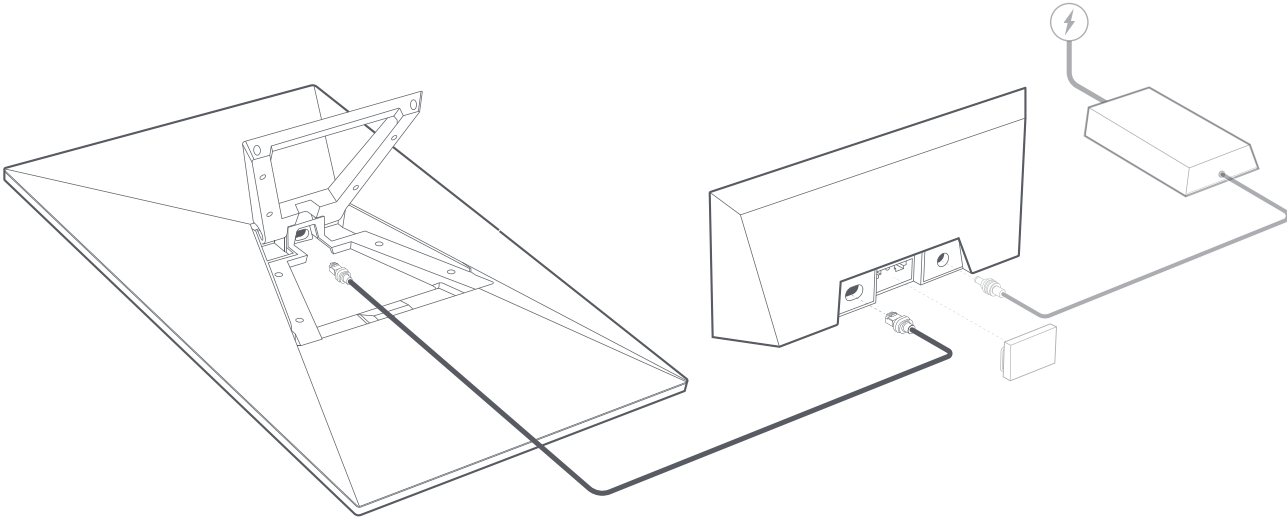


|                               |                                                                                       |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensiones del producto      | 43.4 x 298.6 x 120.4 mm (1.7 pulg. x 11.76 pulg. x 4.74 pulg.)                        |
| Tecnología wifi               | 802.11 a/b/g/n/ac/ax                                                                  |
| Generación                    | Wifi 6                                                                                |
| Radio                         | MU-MIMO de 4 x 4 en tres bandas                                                       |
| Puertos Ethernet              | Dos (2) puertos LAN Ethernet de bloqueo con cubierta extraíble                        |
| Cobertura                     | Hasta 297 m² (3200 pies²)                                                             |
| Temperatura de funcionamiento | -30 °C a 50 °C (-22 °F a 122 °F)                                                      |
| Peso                          | 0.57 kg (1.25 lb)                                                                     |
| Seguridad                     | WPA2                                                                                  |
| Clasificación ambiental       | Clasificación IP56 (resistente al agua), configurado para uso en interiores           |
| Indicador de encendido        | LED   placa frontal, esquina inferior izquierda del router                            |
| Compatibilidad de malla       | Compatible con nodos en malla Starlink Gen 2 y Gen 3, hasta 3 nodos en malla Starlink |
|                               | *No es compatible con sistemas de malla de terceros                                   |
| Dispositivos                  | Conecte hasta 235 dispositivos                                                        |

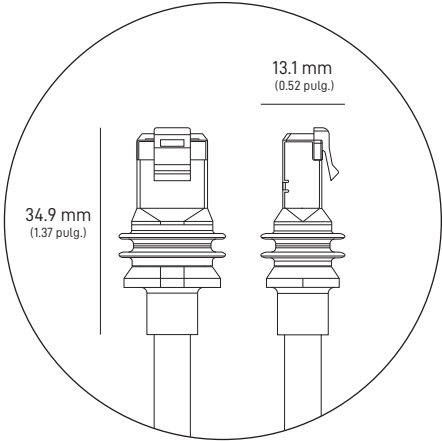


|                               |                                              |
|-------------------------------|----------------------------------------------|
| Dimensiones del producto      | 173 x 93 x 35.75 mm (6.8 x 3.66 x 1.4 pulg.) |
| Peso                          | 0.65 kg (1.43 lb)                            |
| Clasificación ambiental       | IP66 Tipo 4                                  |
| Temperatura de funcionamiento | -30 °C a 60 °C (-22 a 140 °F)                |
| Especificaciones de potencia  | 100 a 240 V ~ 2.5 A 50 a 60 Hz               |

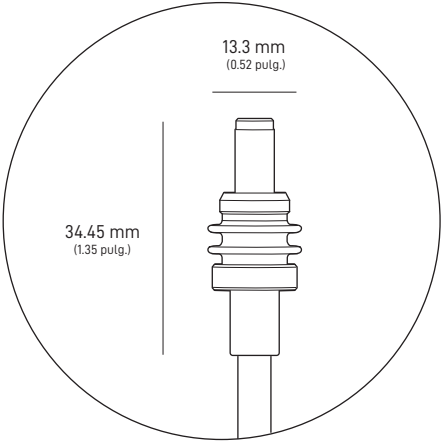
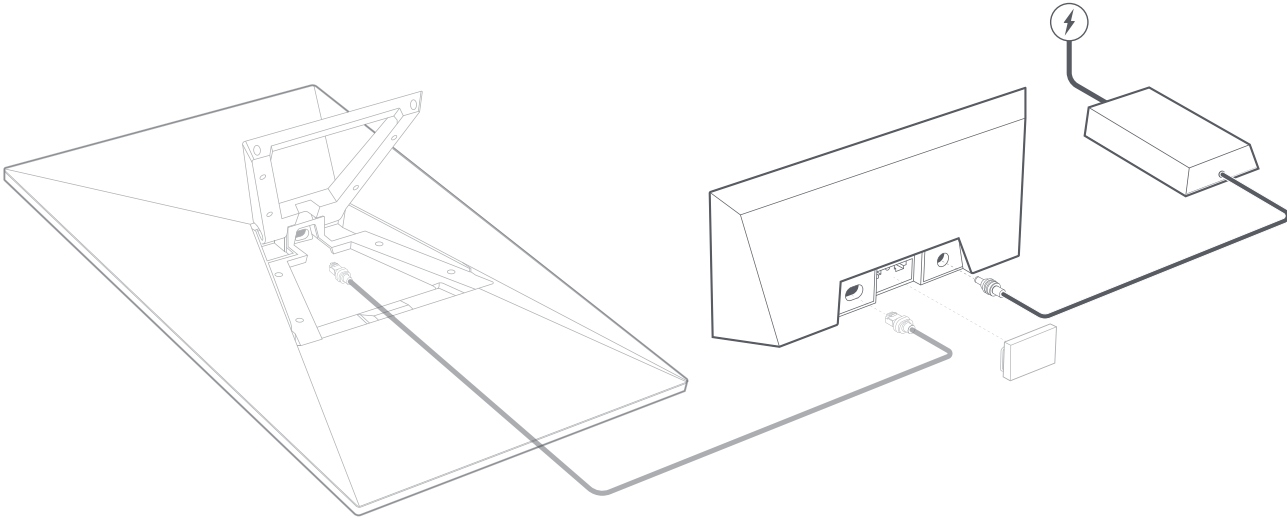




| Pin 1  | Color de cable                  |
|--------|---------------------------------|
| Escudo | Drenaje - Cable sin aislamiento |
| 8      | Marrón                          |
| 7      | Blanco/Marrón                   |
| 6      | Verde                           |
| 5      | Blanco/Azul                     |
| 4      | Azul                            |
| 3      | Blanco/Verde                    |
| 2      | Naranja                         |
| 1      | Blanco/Naranja                  |



| Pin 2  |
|--------|
| Escudo |
| 8      |
| 7      |
| 6      |
| 5      |
| 4      |
| 3      |
| 2      |
| 1      |



### 13.3.5 Tenda TEG1016D

# TEG1016D

## Dedicated for SMEs and IP security surveillance

### 16-Port Gigabit Ethernet Switch

TEG1016D is a 16-port gigabit unmanaged desktop/rack switch designed for video surveillance in offices, work groups, and SMEs for easy, economical and high-speed internet purposes. Its full duplex transmission rate can reach up to 2000 Mbps, ensuring the timely transfer of large files as well as smooth streaming videos. The professional integrated lightening protection circuit, the built-in power supply module, and all the 16 ports could withstand 6 kV lightning surge, ensuring the switch to run stably. TEG1016D is your ideal choice for extension, or upgrade to high-speed and stable gigabit wired network.



### Stable connection for 7\*24

16\*10/100/1000 Mbps auto-negotiation RJ45 ports, up to 2000 Mbps of full duplex transmission rate, line-speed forwarding by all ports, and large cache capacity ensure the timely transfer of large files and stable streaming video. Stay connected for 7\*24.

### Excellent lightning protection of ports

Professional integrated lightning protection circuit enables all the 16 ports to provide IV-class (6 kV in common mode) lightning protection, effectively decreasing the damage rate to the ports by lightning surge.

### Professional lightning protection for power supply

The built-in power supply module is designed with enhanced lightning protection, which can withstand 6 kV lightning surge, 3 times higher than other ordinary switches, effectively protecting the switch from being damaged by adverse thunderstorm.

## Specifications

|                   |                              |                                                                                                                                       |
|-------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | Mode NO.                     | TEG1016D                                                                                                                              |
| Hardware Features | Standards                    | IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3x, IEEE 802.3ab                                                                                    |
|                   | Interface                    | 16*10/100/1000M auto-negotiation RJ45 ports (Auto MDI/MDIX)                                                                           |
|                   | Transmission Media           | 10Base-T: Cat. 3 UTP or better 100Base-TX: Cat.5 UTP or better<br>1000Base-T: Cat.5e UTP or better                                    |
|                   | Forwarding Speed             | 10Mbps: 14880pps 100Mbps: 148800pps 1000Mbps: 1488000pps                                                                              |
|                   | Power                        | Input: AC:100-240V; 50/60Hz                                                                                                           |
|                   | Lightning Level              | <b>6kV in Common Mode Protection for all ports</b><br><b>6kV in Common Mode, 4kV in Differential mode Protection for power supply</b> |
|                   | Product Dimensions ( L*W*H ) | 294mm *179mm *44mm                                                                                                                    |
|                   | LEDs                         | 1* Power, 16* Link/Act                                                                                                                |
|                   | Switching Capacity           | 32Gbps                                                                                                                                |
|                   | MAC Address Table            | 8K                                                                                                                                    |
|                   | Power Consumption            | Maximum : 12W (220V)                                                                                                                  |
| Software Features | Transfer Method              | Store and Forward                                                                                                                     |
|                   | Access Control               | CDMA/CD                                                                                                                               |
|                   | MAC Address Learning         | Automatic update                                                                                                                      |
| Others            | Temperature                  | Operating Temperature: 0℃~40℃<br>Storage Temperature: -40℃~70℃                                                                        |
|                   | Humidity                     | Operating Humidity: 10%~90% non-condensing<br>Storage Humidity: 5%~90% non-condensing                                                 |
|                   | Certification                | CE , FCC , RoHS                                                                                                                       |
|                   | Related Products             | L8139D 10/100M Network Adapter<br>S16 16-Port 10/100Mbps Desktop Switch<br>TEG1024D 24-Port Gigabit Ethernet Switch                   |
|                   | Compatible OS                | Windows 8 32/64 bit , Windows 7 32/64 bit , Windows xp 32/64 bit ,<br>Linux , MAC OS                                                  |
|                   | Package Contents             | 16-Port Gigabit Ethernet Switch<br>Power cord<br>user Guide                                                                           |
|                   | Packing (Qty)                | Package Size: 440*250*80mm<br>Carton size: 425*415*270mm<br>Packing number: 5 PCS                                                     |
|                   | Weight                       | NW/GW: 1.3KG / 1.9KG<br>Carton Weight: 9.5KG                                                                                          |

**Note:** "Net" is the weight of device, Power cord weight differs from different districts.

The datasheet reserves the changes.

### SHENZHEN TENDA TECHNOLOGY CO., LTD.

Tenda Technology Bldg. Int'l E-City, # 1001 Zhong Shan Yuan Rd. ,Nanshan District, Shenzhen 518055,China

Phone: (86 755) 2765 7180 Fax:(86 755) 2765 7178

Email: sales@tenda.com.cn support@tenda.com.cn

Http: www.tendacn.com



© 2013 SHENZHEN TENDA TECHNOLOGY CO.,Ltd, the Tenda logo is registered trademark of Shenzhen Tenda Technology Co.,Ltd in China and/or other countries. Other brand and product names are trademarks or registered trademarks of their respective holders. Information is subject to change without notice. ALL rights reserved.

### 13.3.6 Cambium ePMP 3000



# Serie ePMP™ Force 300

## vistazo rápido :

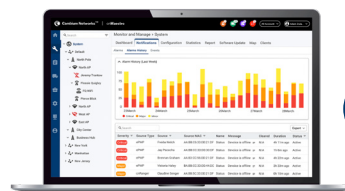
- **Amplia selección de módulos de abonado de alto rendimiento para aplicaciones de banda ancha inalámbrica fija punto a punto y punto a multipunto**
- **Hasta 600 Mbps de capacidad y canales de hasta 80 MHz que aprovechan los protocolos probados en la tecnología 802.11ac Wave 2**
- **Compatible con puntos de acceso de la serie 3000 para un rendimiento MU-MIMO y con compatibilidad con versiones anteriores de puntos de acceso 1000/2000 para facilitar la migración**
- **Garantía de hardware de 3 años**



Los proveedores de servicios enfrentan una demanda cada vez mayor de capacidad en una cantidad limitada de espectro. La serie Force 300 de módulos de suscriptor (SM) satisface esta demanda ofreciendo alto rendimiento y baja latencia en implementaciones punto a multipunto y punto a punto.

**La serie Force 300 SM ofrece una amplia gama de opciones de antenas, pero todas cuentan con las siguientes características diferenciadoras:**

- Hasta 600 Mbps de capacidad y latencias tan bajas como 2 ms cuando se usa la tecnología ePTP.
- Interfaz de aire probada sobre la tecnología 802.11ac Wave 2
- Interoperabilidad con el 3000, que utiliza MU-MIMO para lograr 1,2 Gbps por sector transmitiendo a dos Force 300 SM simultáneamente.
- Interoperabilidad con 3000L, MP 3000 MicroPOP y compatibilidad con versiones anteriores de 2000 y 1000.
- Analizador de espectro siempre activo integrado para evaluar el piso de ruido en una amplia franja de espectro de 5 GHz.
- Múltiples niveles de QoS (Calidad de servicio) para aplicaciones de voz, video y datos que admiten una amplia variedad de paquetes de servicios para usuarios residenciales y empresariales.



- Funciones de seguridad que satisfacen los requisitos de los usuarios empresariales, industriales, gubernamentales y de proveedores de servicios.
- Gestión por el sistema de gestión de elementos cnMaestro™ de Cambium Networks para facilitar el aprovisionamiento, la supervisión y las actualizaciones.
- Planificación de red con LINKPlanner y cnHeat.
- Garantía de hardware de 3 años y soporte de Cambium Networks.
- Cada SM viene con un inyector Power over Ethernet y hardware de montaje en poste incluido.

## Serie ePMP™ Force 300

### Espectro

Las especificaciones de esta tabla se aplican a todos los modelos, excepto donde se indique.

**Modelos disponibles** Fuerza 300-13, Fuerza 300-16, Fuerza 300-19, Fuerza 300-19R, Fuerza 300-25, Fuerza 300 CSM

**Ancho de canal MHz** 20 | 40 | 80  
**300-19R:** 5 | 10 | 20 | 40 | 80

**Capa física patentada** Interfaz aérea sobre tecnología 802.11ac Wave 2 (2x2 MIMO / OFDM)

**Espaciado de canales** Configurable en incrementos de 5 MHz

**Rango de frecuencia** Operación de banda ancha 4910 - 5970 MHz (Nota: Las frecuencias y bandas permitidas están determinadas por las regulaciones de cada país).  
**300 CSM:** 4910-6135 MHz (Nota: Las frecuencias y bandas permitidas están determinadas por las regulaciones de cada país).

**Capa MAC**  
 (El control de acceso a medios) Propiedad de Cambium

**Interfaz Ethernet** 10/100/1000 BaseT, compatible con los pines Cambium PoE y PoE estándar

**Protocolos utilizados** IPv4 / IPv6 (pila doble), UDP, TCP, ICMP, SNMPv2c, NTP, STP, IGMP, SSH

**Administración de redes** IPv4 / IPv6, HTTPS, SNMPv2c, SSH, Cambium Networks cnMaestro™

**VLAN** 802.1Q con prioridad 802.1p

### Rendimiento

|                               | Fuerza 300-13                                                                                                                                                                  | Fuerza 300-16                                                                                                                                                                  | Fuerza 300-19                                                                                                                                                                  | Fuerza 300-19R                                                                                                                                                                 | Fuerza 300-25                                                                                                                                                                  | Fuerza 300 CSM                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ARQ                           | SÍ                                                                                                                                                                             | SÍ                                                                                                                                                                             | SÍ                                                                                                                                                                             | SÍ                                                                                                                                                                             | SÍ                                                                                                                                                                             | SÍ                                                                                                                                                                             |
| <b>Recepción nominal</b>      | MCS 0 = -89 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -89 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -89 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -89 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -87 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -89 dBm a MCS                                                                                                                                                          |
| <b>Sensibilidad (w / FEC)</b> | 8 (256 QAM-3/4) = -68                                                                                                                                                          | 8 (256 QAM-3/4) = -66                                                                                                                                                          | 8 (256 QAM-3/4) = -68                                                                                                                                                          | 8 (256 QAM-3/4) = -68                                                                                                                                                          | 8 (256 QAM-3/4) = -63                                                                                                                                                          | 8 (256 QAM-3/4) = -66                                                                                                                                                          |
| <b>@ Canal de 20 MHz</b>      | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               |
| <b>Recepción nominal</b>      | MCS 0 = -87 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -87 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -87 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -87 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -85 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -87 dBm a MCS                                                                                                                                                          |
| <b>Sensibilidad (w / FEC)</b> | 9 (256 QAM-5/6) = -66                                                                                                                                                          | 9 (256 QAM-5/6) = -64                                                                                                                                                          | 9 (256 QAM-5/6) = -66                                                                                                                                                          | 9 (256 QAM-5/6) = -66                                                                                                                                                          | 9 (256 QAM-5/6) = -59                                                                                                                                                          | 9 (256 QAM-5/6) = -64                                                                                                                                                          |
| <b>@ Canal de 40 MHz</b>      | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               |
| <b>Recepción nominal</b>      | MCS 0 = -84 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -84 dBm a                                                                                                                                                              | MCS 0 = -84 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -84 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -82 dBm a MCS                                                                                                                                                          | MCS 0 = -84 dBm a MCS                                                                                                                                                          |
| <b>Sensibilidad (w / FEC)</b> | 9 (256 QAM-5/6) = -61                                                                                                                                                          | MCS9 (256 QAM-5/6)                                                                                                                                                             | 9 (256 QAM-5/6) = -61                                                                                                                                                          | 9 (256 QAM-5/6) = -61                                                                                                                                                          | 9 (256 QAM-5/6) = -56                                                                                                                                                          | 9 (256 QAM-5/6) = -59                                                                                                                                                          |
| <b>@ Canal de 80 MHz</b>      | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | = -59 dBm (por cadena)                                                                                                                                                         | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               | dBm (por cadena)                                                                                                                                                               |
| <b>Niveles de modulación</b>  | MCS 0 (BPSK) a                                                                                                                                                                 | MCS 0 (BPSK) a                                                                                                                                                                 | MCS 0 (BPSK) a                                                                                                                                                                 | MCS 0 (BPSK) a                                                                                                                                                                 | MCS 0 (BPSK) a                                                                                                                                                                 | MCS 0 (BPSK) a                                                                                                                                                                 |
| <b>(Adaptado)</b>             | MCS 9 (256 QAM-5/6)                                                                                                                                                            | MCS 9 (256 QAM-5/6)                                                                                                                                                            | MCS 9 (256 QAM-5/6)                                                                                                                                                            | MCS 9 (256 QAM-5/6)                                                                                                                                                            | MCS 9 (256 QAM-5/6)                                                                                                                                                            | MCS 9 (256 QAM-5/6)                                                                                                                                                            |
| <b>Transmitir energía</b>     | 0 hasta +28 dBm                                                                                                                                                                | 0 hasta +29 dBm                                                                                                                                                                | 0 hasta +28 dBm                                                                                                                                                                | 0 hasta +28 dBm                                                                                                                                                                | 0 hasta +27 dBm                                                                                                                                                                | 0 hasta +29 dBm                                                                                                                                                                |
| <b>Rango</b>                  | (combinado, a regional                                                                                                                                                         | (combinado, a regional                                                                                                                                                         | (combinado, a regional                                                                                                                                                         | (combinado, a regional                                                                                                                                                         | (combinado, a regional                                                                                                                                                         | (combinado, a regional                                                                                                                                                         |
|                               | Límite EIRP) (intervalo de 1 dB)                                                                                                                                               | Límite EIRP) (intervalo de 1 dB)                                                                                                                                               | Límite EIRP) (intervalo de 1 dB)                                                                                                                                               | Límite EIRP) (intervalo de 1 dB)                                                                                                                                               | Límite EIRP) (intervalo de 1 dB)                                                                                                                                               | Límite EIRP) (intervalo de 1 dB)                                                                                                                                               |
| <b>QoS</b>                    | Prioridad de tres niveles                                                                                                                                                      | Prioridad de tres niveles                                                                                                                                                      | Prioridad de tres niveles                                                                                                                                                      | Prioridad de tres niveles                                                                                                                                                      | Prioridad de tres niveles                                                                                                                                                      | Prioridad de tres niveles                                                                                                                                                      |
| <b>(Calidad de Servicio)</b>  | (Voz, Alto, Bajo) con clasificación de paquetes por DSCP, COS, ID de VLAN, dirección IP y MAC, difusión, multidifusión y prioridad de estación, compatibilidad con MIR / CIR * | (Voz, Alto, Bajo) con clasificación de paquetes por DSCP, COS, ID de VLAN, dirección IP y MAC, difusión, multidifusión y prioridad de estación, compatibilidad con MIR / CIR * | (Voz, Alto, Bajo) con clasificación de paquetes por DSCP, COS, ID de VLAN, dirección IP y MAC, difusión, multidifusión y prioridad de estación, compatibilidad con MIR / CIR * | (Voz, Alto, Bajo) con clasificación de paquetes por DSCP, COS, ID de VLAN, dirección IP y MAC, difusión, multidifusión y prioridad de estación, compatibilidad con MIR / CIR * | (Voz, Alto, Bajo) con clasificación de paquetes por DSCP, COS, ID de VLAN, dirección IP y MAC, difusión, multidifusión y prioridad de estación, compatibilidad con MIR / CIR * | (Voz, Alto, Bajo) con clasificación de paquetes por DSCP, COS, ID de VLAN, dirección IP y MAC, difusión, multidifusión y prioridad de estación, compatibilidad con MIR / CIR * |

## Serie ePMP™ Force 300

| Físico                                                                         |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                               |                                                                                                |                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                | Fuerza 300-13                                                                                                   | Fuerza 300-16                                                                                                   | Fuerza 300-19                                                                                                   | Fuerza 300-19R                                                                                                                                                                                | Fuerza 300-25                                                                                  | Fuerza 300 CSM                                                                                                                                                                                |
| Aumento Supresión *                                                            | 1 julio integrado                                                                                               | 1 julio integrado                                                                                               | 1 julio integrado                                                                                               | 1 julio integrado                                                                                                                                                                             | 1 julio integrado                                                                              | 1 julio integrado                                                                                                                                                                             |
| Ambiental                                                                      | IP55                                                                                                            | IP55                                                                                                            | IP55                                                                                                            | IP67 y IP68                                                                                                                                                                                   | IP55                                                                                           | IP67 y IP68                                                                                                                                                                                   |
| Temperatura                                                                    | - 30 ° C hasta 60 ° C<br>(-22 ° F a 140 ° F)                                                                    | - 30 ° C hasta 60 ° C<br>(-22 ° F a 140 ° F)                                                                    | - 30 ° C hasta 60 ° C<br>(-22 ° F a 140 ° F)                                                                    | - 30 ° C hasta 60 ° C<br>(-22 ° F a 140 ° F)                                                                                                                                                  | - 30 ° C hasta 60 ° C<br>(-22 ° F a 140 ° F)                                                   | - 30 ° C hasta 60 ° C<br>(-22 ° F a 140 ° F)                                                                                                                                                  |
| Peso                                                                           | 0,48 kg (1,05 libras)<br>Incluye montaje soporte                                                                | 0,50 kg (1,1 libras)<br>Incluye montaje soporte                                                                 | 1,45 kg (3,2 libras)<br>Incluye montaje soporte                                                                 | 1,45 kg (3,2 libras)<br>Incluye montaje soporte                                                                                                                                               | 2,4 kg (5,3 libras)<br>Incluye montaje soporte                                                 | 0,5 kg (1,1 libras)<br>Incluye montaje soporte                                                                                                                                                |
| Supervivencia del viento                                                       | 180 km / hora<br>(112 mi / hora)                                                                                | 180 km / hora<br>(112 mi / hora)                                                                                | 180 km / hora<br>(112 mi / hora)                                                                                | 180 km / hora<br>(112 mi / hora)                                                                                                                                                              | 180 km / hora<br>(112 mi / hora)                                                               | 180 km / hora<br>(112 mi / hora)                                                                                                                                                              |
| Dimensiones<br>(Diámetro x profundidad)                                        | 13,0 x 20,3 x 5,40 cm (5,1 x 8,0 x 2,1 pulgadas)<br>con soporte de montaje adjunto                              | 12,4 x 25,1 x 11,9 cm (4,9 x 9,9 x 4,7 pulgadas)<br>con soporte de montaje adjunto                              | 27,8 x 27,8 x 4,5 cm (10,9 x 10,9 x 1,8 pulgadas)<br>con soporte de montaje adjunto                             | 27,8 x 27,8 x 4,5 cm (10,9 x 10,9 x 1,8 pulgadas)<br>con soporte de montaje adjunto                                                                                                           | 47 x 31 cm<br>(18,5 x 12,2 pulgadas)<br>con soporte de montaje adjunto                         | 84 x 223 x 32 mm (3,3 x 8,8 x 1,3 pulgadas)<br>sin corchetes                                                                                                                                  |
| Diámetro del poste Rango                                                       | 1 - 1,6 pulg. (2,5 - 4,1 cm)<br>con abrazadera incluida;<br>hasta 2,25 pulg. (5,7 cm) con abrazadera más grande | 1 - 1,6 pulg. (2,5 - 4,1 cm)<br>con abrazadera incluida;<br>hasta 2,25 pulg. (5,7 cm) con abrazadera más grande | 1 - 1,6 pulg. (2,5 - 4,1 cm)<br>con abrazadera incluida;<br>hasta 2,25 pulg. (5,7 cm) con abrazadera más grande | 1 - 1,6 pulg. (2,5 - 4,1 cm)<br>con abrazadera incluida;<br>hasta 2,25 pulg. (5,7 cm) con abrazadera más grande                                                                               | 2,5 - 3 pulg. (6,4 - 7,6 cm)<br>con abrazadera incluida                                        | 2,5 - 3 pulg. (6,4 - 7,6 cm)<br>con abrazadera incluida                                                                                                                                       |
| Energía Consumo                                                                | 12 W<br><br>(Hasta 15 W en temperaturas extremadamente frías cuando calentador está activado.)                  | 12 W<br><br>(Hasta 15 W en temperaturas extremadamente frías cuando calentador está activado.)                  | 12 W<br><br>(Hasta 15 W en temperaturas extremadamente frías cuando calentador está activado.)                  | 12 W<br><br>(Hasta 15 W en temperaturas extremadamente frías cuando calentador está activado.)                                                                                                | 12 W<br><br>(Hasta 15 W en temperaturas extremadamente frías cuando calentador está activado.) | 12 W<br><br>(Hasta 15 W en temperaturas extremadamente frías cuando calentador está activado.)                                                                                                |
| Voltaje de entrada                                                             | PoE pasivo (30 VCC nominal);<br>Rango de 14-30 VCC                                                              | 30 V                                                                                                            | PoE pasivo (30 VCC nominal);<br>Rango de 14-30 VCC                                                              | PoE pasivo (30 VCC nominal);<br>Rango de 14-30 VCC<br><br>Nota: Se debe mantener un mínimo de 14 V en el conector de radio en todas las condiciones, incluidas las longitudes de cable largas | 30 V                                                                                           | PoE pasivo (30 VCC nominal);<br>Rango de 14-30 VCC<br><br>Nota: Se debe mantener un mínimo de 14 V en el conector de radio en todas las condiciones, incluidas las longitudes de cable largas |
| * Supresor de sobretensión opcional de 30 V disponible: pieza n.o C000000L065A |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                               |                                                                                                |                                                                                                                                                                                               |
| Seguridad                                                                      |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                               |                                                                                                |                                                                                                                                                                                               |
| Cifrado                                                                        | Todos los modelos: AES de 128 bits (modo CCMP)                                                                  |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                               |                                                                                                |                                                                                                                                                                                               |
| Certificaciones                                                                |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                               |                                                                                                |                                                                                                                                                                                               |
| ID DE LA FCC                                                                   | Z8H89FT0048                                                                                                     | Z8H-89FT0016 **                                                                                                 | Z8H89FT0048                                                                                                     | Z8H89FT0048                                                                                                                                                                                   | Z8H89FT0017                                                                                    | Z8H-89FT0047                                                                                                                                                                                  |
| FCC Regulador Parte #                                                          | C058900P701A                                                                                                    | C058910P112A                                                                                                    | C058900P801A                                                                                                    | C058900P901A                                                                                                                                                                                  | C058910P102A                                                                                   | C058910C122A                                                                                                                                                                                  |
| ETSI Regulador Parte #                                                         | C050900P704A                                                                                                    | C050910P011A                                                                                                    | C050900P804A                                                                                                    | C050900P904A                                                                                                                                                                                  | C050910P001A                                                                                   | C050910C221A                                                                                                                                                                                  |
| Industria Certificado de Canadá                                                | 109W-0048                                                                                                       | 109W-0016 **                                                                                                    | 109W-0048                                                                                                       | 109W-0048                                                                                                                                                                                     | 109W-0017                                                                                      | 109W-0047                                                                                                                                                                                     |
| CE                                                                             | EN 301893 V2.1.1 (5,4 GHz),<br>EN 302 502 V2.1.1 (5,8 GHz) **                                                   | EN 301893 V2.1.1 (5,4 GHz),<br>EN 302 502 V2.1.1 (5,8 GHz) **                                                   | EN 301893 V2.1.1 (5,4 GHz),<br>EN 302 502 V2.1.1 (5,8 GHz) **                                                   | EN 301893 V2.1.1 (5,4 GHz),<br>EN 302 502 V2.1.1 (5,8 GHz) **                                                                                                                                 | EN 301893 V2.1.1 (5,4 GHz),<br>EN 302 502 V2.1.1 (5,8 GHz) **                                  | EN 301893 V2.1.1 (5,4 GHz),<br>EN 302 502 V2.1.1 (5,8 GHz) **                                                                                                                                 |

\*\* Las certificaciones son un marcador de posición hasta que se otorgue la subvención oficial

## Serie ePMP™ Force 300

| Especificaciones de la antena              |                 |                 |                 |                 |                 |                                                                                                                  |
|--------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            | Fuerza 300-13   | Fuerza 300-16   | Fuerza 300-19   | Fuerza 300-19R  | Fuerza 300-25   | Fuerza 300 CSM                                                                                                   |
| Rango de frecuencia                        | 4910 a 5970 MHz | 4910 a 5970 MHz | 4910 a 5970 MHz | 4910 a 5970 MHz | 4910 a 5970 MHz | 4910 a 6135 MHz                                                                                                  |
| Tipo de antena                             | Panel           | Panel           | Panel           | Panel           | Plato           | Conectorizado                                                                                                    |
| Ganancia pico                              | 13 dBi          | 16 dBi          | 19 dBi          | 19 dBi          | 25 dBi          | n / A                                                                                                            |
| Ancho de haz de 3 dB<br>Azimut             | 30°             | 15°             | 14,5°           | 14,5°           | 6° a 10°        | n / A                                                                                                            |
| Ancho de haz de 3 dB<br>Elevación          | 28°             | 30°             | 12,5°           | 12,5°           | 6° a 10°        | n / A                                                                                                            |
| Desde el frente hacia atrás<br>Aislamiento | n / A           | n / A           | n / A           | n / A           | 25 dB           | n / A                                                                                                            |
| Cruzar<br>Polarización                     | n / A           | n / A           | n / A           | n / A           | 25 dB           | n / A                                                                                                            |
| Conectores                                 | n / A           | n / A           | n / A           | n / A           | n / A           | 2 x 50 ohmios, RP-SMA<br>(Polaridad inversa<br>SMA) Compatible<br>con RF-Elements<br>Adaptador TwistPort™<br>por |



Fuerza 300-13



Fuerza 300-16



Fuerza 300-19



Fuerza 300-19R



Fuerza 300-25

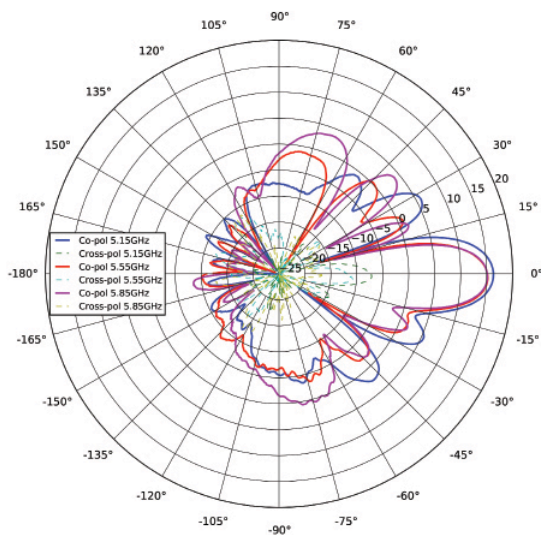


Fuerza 300 CSM

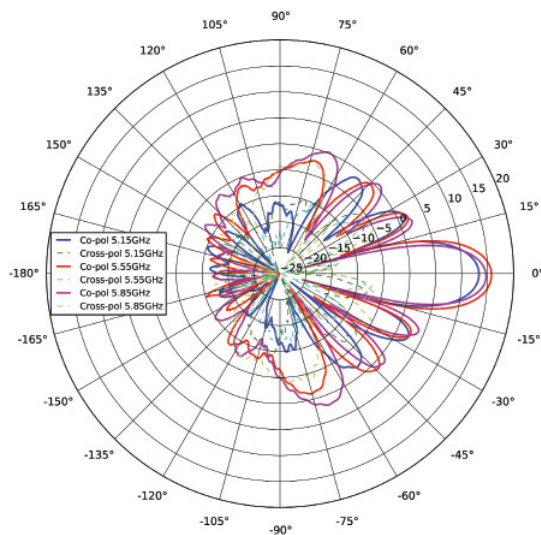
## Serie ePMP™ Force 300

### Forzar patrones de antena 300-16

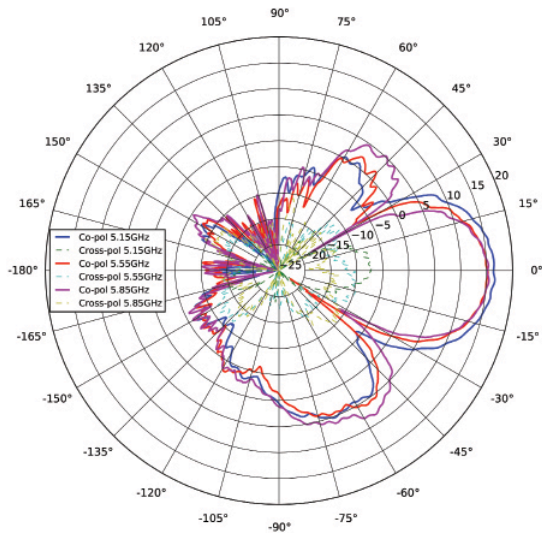
Azimut, horizontal



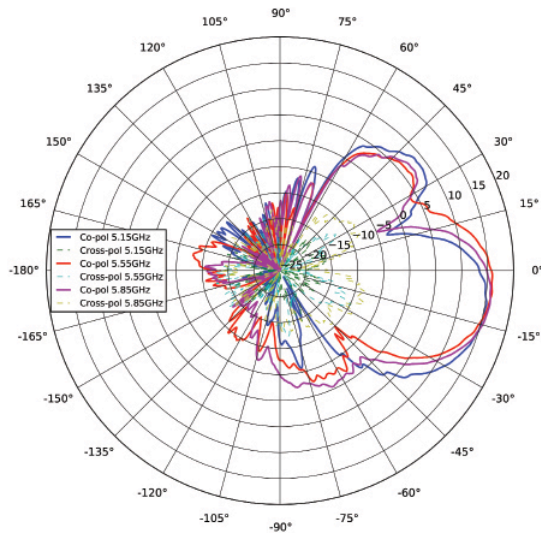
Azimut, Vertical



Elevación, Horizontal



Elevación, Vertical

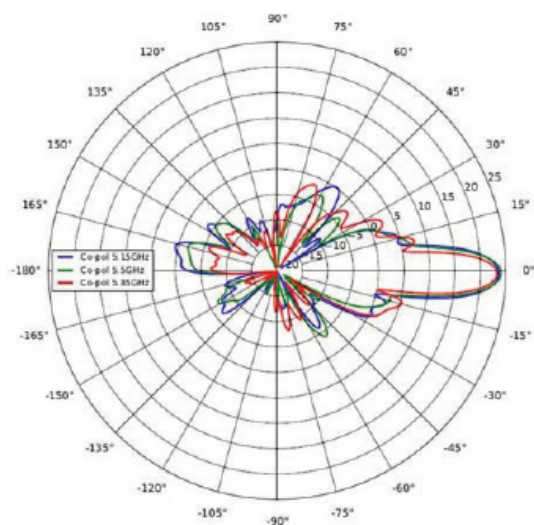




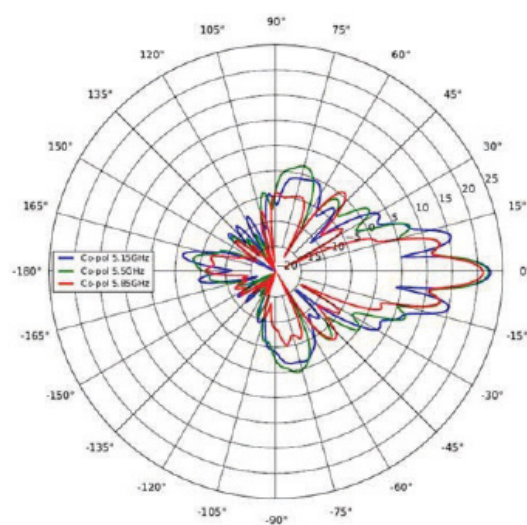
## Serie ePMP™ Force 300

### Forzar patrones de antena 300-25

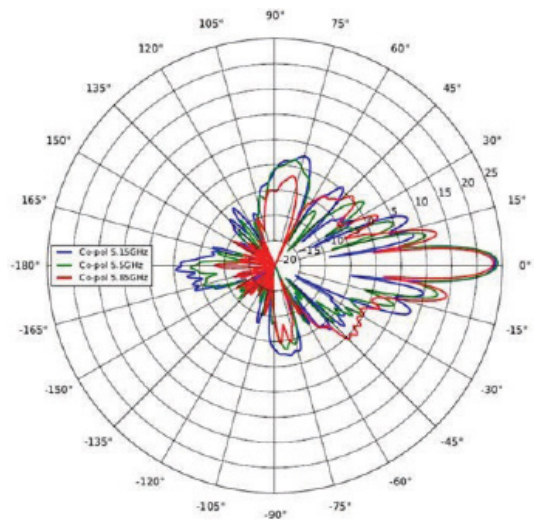
Azimet, horizontal



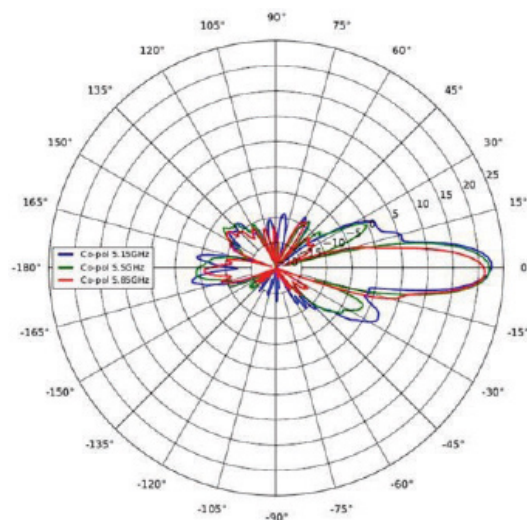
Azimet, Vertical



Elevación, Horizontal



Elevación, Vertical



## Serie ePMP™ Force 300

### 5 GHz Force 300-13 Información para realizar pedidos

**C050900C701A** 5 GHz Force 300-13 SM (IC) (cable de Canadá / EE. UU.)

**C050900C702A** 5 GHz Force 300-13 SM (UE) (cable de la UE)

**C050900C703A** 5 GHz Force 300-13 SM (UE) (cable de Reino Unido)

**C050900C704A** 5 GHz Force 300-13 SM (FILA) (sin cable)

**C050900C705A** 5 GHz Force 300-13 SM (FILA) (cable de EE. UU.)

**C050900C706A** 5 GHz Force 300-13 SM (ROW) (cable de la UE)

**C050900C707A** 5 GHz Force 300-13 SM (ROW) (cable para Reino Unido)

**C050900C708A** 5 GHz Force 300-13 SM (ROW) (cable de la India)

**C050900C709A** 5 GHz Force 300-13 SM (India) (cable de India)

**C050900C710A** 5 GHz Force 300-13 SM (FILA) (cable de China)

**C050900C711A** 5 GHz Force 300-13 SM (ROW) (cable de Brasil)

**C050900C712A** 5 GHz Force 300-13 SM (ROW) (cable de Argentina)

**C050900C713A** 5 GHz Force 300-13 SM (FILA) (cable ANZ)

**C050900C714A** 5 GHz Force 300-13 SM (ROW) (cable de Sudáfrica)

**C050900C715A** 5 GHz Force 300-13 SM (FILA) (sin fuente de alimentación)

**C058900C701A** 5 GHz Force 300-13 SM (FCC) (cable de EE. UU.)

### 5 GHz Force 300-16 Información para pedidos

**C050910C011A** Radio Force 300-16 de 5 GHz (FILA) (sin cable)

**C050910C111A** Radio Force 300-16 de 5 GHz (ROW) (cable de EE. UU.)

**C050910C114A** Radio Force 300-16 de 5 GHz (IC) (cable de Canadá / EE. UU.)

**C050910C211A** Radio Force 300-16 de 5 GHz (ROW) (cable de la UE)

**C050910C213A** Radio Force 300-16 de 5 GHz (UE) (cable de la UE)

**C050910C311A** Radio Force 300-16 de 5 GHz (ROW) (cable para el Reino Unido)

**C050910C313A** Radio Force 300-16 de 5 GHz (UE) (cable del Reino Unido)

**C050910C411A** Radio Force 300-16 de 5 GHz (ROW) (cable de la India)

**C050910C412A** Radio Force 300-16 de 5 GHz (India) (cable de India)

**C050910C511A** Radio Force 300-16 de 5 GHz (ROW) (cable de China)

**C050910C611A** Radio Force 300-16 de 5 GHz (ROW) (cable de Brasil)

**C050910C711A** Radio Force 300-16 de 5 GHz (ROW) (cable de Argentina)

**C050910C811A** Radio Force 300-16 de 5 GHz (FILA) (cable ANZ)

**C050910C911A** Radio Force 300-16 de 5 GHz (ROW) (cable de Sudáfrica)

**C050910CZ11A** Radio Force 300-16 de 5 GHz (ROW) (sin fuente de alimentación)

**C058910C112A** Radio Force 300-16 de 5 GHz (FCC) (cable de EE. UU.)

### 5 GHz Force 300-19 Información para pedidos

**C050900C801A** 5 GHz Force 300-19 SM (IC) (cable de Canadá / EE. UU.)

**C050900C802A** 5 GHz Force 300-19 SM (UE) (cable de la UE)

**C050900C803A** 5 GHz Force 300-19 SM (UE) (cable de Reino Unido)

**C050900C804A** 5 GHz Force 300-19 SM (FILA) (sin cable)

**C050900C805A** 5 GHz Force 300-19 SM (FILA) (cable de EE. UU.)

**C050900C806A** 5 GHz Force 300-19 SM (FILA) (cable de la UE)

**C050900C807A** 5 GHz Force 300-19 SM (ROW) (cable para Reino Unido)

**C050900C808A** 5 GHz Force 300-19 SM (ROW) (cable de la India)

**C050900C809A** 5 GHz Force 300-19 SM (India) (cable de India)

**C050900C810A** 5 GHz Force 300-19 SM (ROW) (cable de China)

**C050900C811A** 5 GHz Force 300-19 SM (ROW) (cable de Brasil)

**C050900C812A** 5 GHz Force 300-19 SM (ROW) (cable de Argentina)

**C050900C813A** 5 GHz Force 300-19 SM (FILA) (cable ANZ)

**C050900C814A** 5 GHz Force 300-19 SM (ROW) (cable de Sudáfrica)

**C050900C815A** 5 GHz Force 300-19 SM (FILA) (sin fuente de alimentación)

**C058900C801A** 5 GHz Force 300-19 SM (FCC) (cable de EE. UU.)

### 5 GHz Force 300-19R Información para realizar pedidos

**C050900C901A** 5 GHz Force 300-19R SM (IC) (cable de Canadá / EE. UU.)

**C050900C902A** 5 GHz Force 300-19R SM (UE) (cable de la UE)

**C050900C903A** 5 GHz Force 300-19R SM (UE) (cable del Reino Unido)

**C050900C904A** 5 GHz Force 300-19R SM (FILA) (sin cable)

**C050900C905A** 5 GHz Force 300-19R SM (FILA) (cable de EE. UU.)

**C050900C906A** 5 GHz Force 300-19R SM (FILA) (cable de la UE)

**C050900C907A** 5 GHz Force 300-19R SM (ROW) (cable para Reino Unido)

**C050900C908A** 5 GHz Force 300-19R SM (ROW) (cable de la India)

**C050900C909A** 5 GHz Force 300-19R SM (India) (cable de India)

**C050900C910A** 5 GHz Force 300-19R SM (ROW) (cable de China)

**C050900C911A** 5 GHz Force 300-19R SM (ROW) (cable de Brasil)

**C050900C912A** 5 GHz Force 300-19R SM (ROW) (cable de Argentina)

**C050900C913A** 5 GHz Force 300-19R SM (FILA) (cable ANZ)

**C050900C914A** 5 GHz Force 300-19R SM (ROW) (cable de Sudáfrica)

**C050900C915A** 5 GHz Force 300-19R SM (FILA) (sin fuente de alimentación)

**C058900C901A** 5 GHz Force 300-19R SM (FCC) (cable de EE. UU.)

## Serie ePMP™ Force 300

### 5 GHz Force 300-25 Información para realizar pedidos

|                     |                                                                                                                            |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>C050910M001A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (fila) (sin cable)                 |
| <b>C050910M101A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (cable de EE. UU.)           |
| <b>C050910M104A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (IC) (cable de Canadá / EE. UU.)   |
| <b>C050910M201A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (cable de la UE)             |
| <b>C050910M203A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (UE) (cable de la UE)              |
| <b>C050910M301A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (cable del Reino Unido)      |
| <b>C050910M303A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (UE) (cable del Reino Unido)       |
| <b>C050910M401A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (cable de India)             |
| <b>C050910M501A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (cable de China)             |
| <b>C050910M601A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (cable de Brasil)            |
| <b>C050910M701A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (cable de Argentina)         |
| <b>C050910M801A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (cable ANZ)                  |
| <b>C050910M901A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (cable de Sudáfrica)         |
| <b>C050910MZ01A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (ROW) (sin fuente de alimentación) |
| <b>C058910M102A</b> | Paquete de 4 unidades de radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz, precio por radio (FCC) (cable de EE. UU.)           |
| <b>C050910C001A</b> | Radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz (ROW) (sin cable)                                                             |
| <b>C050910C101A</b> | Radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz (ROW) (cable de EE. UU.)                                                      |
| <b>C050910C104A</b> | Radio de alta ganancia (IC) Force 300-25 de 5 GHz (cable de Canadá / EE. UU.)                                              |
| <b>C050910C201A</b> | Radio de alta ganancia de 5 GHz Force 300-25 (ROW) (cable de la UE)                                                        |
| <b>C050910C203A</b> | Radio de alta ganancia de 5 GHz Force 300-25 (UE) (cable de la UE)                                                         |
| <b>C050910C301A</b> | Radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz (ROW) (cable para el Reino Unido)                                             |
| <b>C050910C303A</b> | Radio de alta ganancia de 5 GHz Force 300-25 (UE) (cable del Reino Unido)                                                  |
| <b>C050910C401A</b> | Radio de alta ganancia de 5 GHz Force 300-25 (ROW) (cable de la India)                                                     |
| <b>C050910C501A</b> | Radio de alta ganancia de 5 GHz Force 300-25 (ROW) (cable de China)                                                        |
| <b>C050910C601A</b> | Radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz (ROW) (cable de Brasil)                                                       |
| <b>C050910C701A</b> | Radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz (ROW) (cable de Argentina)                                                    |
| <b>C050910C801A</b> | Radio de alta ganancia de 5 GHz Force 300-25 (ROW) (cable ANZ)                                                             |
| <b>C050910C901A</b> | Radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz (ROW) (cable de Sudáfrica)                                                    |
| <b>C050910CZ01A</b> | Radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz (ROW) (sin fuente de alimentación)                                            |
| <b>C058910C102A</b> | Radio de alta ganancia Force 300-25 de 5 GHz (FCC) (cable de EE. UU.)                                                      |



## Serie ePMP™ Force 300

### 5 GHz Force 300 CSM Información para realizar pedidos

|                     |                                                                 |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>C050910C021A</b> | Radio CSM Force 300 de 5 GHz (ROW) (sin cable)                  |
| <b>C050910C121A</b> | Radio CSM Force 300 de 5 GHz (ROW) (cable de EE. UU.)           |
| <b>C050910C124A</b> | Radio CSM Force 300 de 5 GHz (IC) (cable de Canadá / EE. UU.)   |
| <b>C050910C221A</b> | Radio CSM Force 300 de 5 GHz (ROW) (cable de la UE)             |
| <b>C050910C223A</b> | Radio Force 300 CSM de 5 GHz (UE) (cable de la UE)              |
| <b>C050910C321A</b> | Radio Force 300 CSM de 5 GHz (ROW) (cable para el Reino Unido)  |
| <b>C050910C323A</b> | Radio Force 300 CSM de 5 GHz (UE) (cable del Reino Unido)       |
| <b>C050910C421A</b> | Radio Force 300 CSM de 5 GHz (ROW) (cable de la India)          |
| <b>C050910C422A</b> | Radio CSM Force 300 de 5 GHz (India) (cable de India)           |
| <b>C050910C521A</b> | Radio CSM Force 300 de 5 GHz (ROW) (cable de China)             |
| <b>C050910C621A</b> | Radio Force 300 CSM de 5 GHz (ROW) (cable de Brasil)            |
| <b>C050910C721A</b> | Radio CSM Force 300 de 5 GHz (ROW) (cable de Argentina)         |
| <b>C050910C821A</b> | Radio Force 300 CSM de 5 GHz (ROW) (cable ANZ)                  |
| <b>C050910C921A</b> | Radio CSM Force 300 de 5 GHz (ROW) (cable de Sudáfrica)         |
| <b>C050910CZ21A</b> | Radio Force 300 CSM de 5 GHz (ROW) (sin fuente de alimentación) |
| <b>C058910C122A</b> | Radio Force 300 CSM de 5 GHz (FCC) (cable de EE. UU.)           |

### ACERCA DE LAS REDES CAMBIUM

Cambium Networks brinda a millones de personas conectividad inalámbrica en todo el mundo. Su cartera inalámbrica es utilizada por operadores de redes comerciales y gubernamentales, así como por proveedores de servicios de banda ancha para conectar personas, lugares y cosas. Con una arquitectura de red única que abarca la conexión inalámbrica fija y Wi-Fi, Cambium Networks permite a los operadores lograr el máximo rendimiento con un espectro mínimo. La gestión de la nube de un extremo a otro transforma las redes en entornos dinámicos que evolucionan para satisfacer las necesidades cambiantes con una mínima intervención humana física. Cambium Networks potencia un ecosistema en crecimiento de socios que diseñan y ofrecen soluciones inalámbricas gigabit que simplemente funcionan.

### 13.3.7 Fortinet 60F

# FortiGate® serie 100F

FortiGate 100F y 101F

Next-Generation Firewall  
Secure SD-WAN



La serie FortiGate 100F combina el Next-Generation Firewall y capacidades SD-WAN para ubicaciones distribuidas de empresas medianas a grandes. Funciona a través de nuestro especialmente diseñado ASIC de Secure SD-WAN, FortiGate 100F ofrece un rendimiento óptimo para aplicaciones críticas para la empresa junto con la mejor efectividad de seguridad.

### Seguridad

- Identifica miles de aplicaciones dentro del tráfico de red para una inspección profunda y una aplicación granular de políticas
- Protege contra malware, vulnerabilidades de seguridad y sitios web maliciosos en tráfico cifrado y no cifrado
- Previene y detecta ataques conocidos y desconocidos mediante la inteligencia frente a amenazas continua de los servicios de seguridad de FortiGuard Labs basados en IA

### Rendimiento

- Ofrece el mejor rendimiento de protección contra amenazas de la industria y una latencia ultra baja mediante la tecnología del procesador de seguridad (SPU) especialmente creado para este propósito.
- Proporciona un rendimiento y protección líderes de la industria para el tráfico cifrado SSL

### Certificación

- Mejor efectividad y rendimiento de seguridad probado y validado de manera independiente.
- Obtuvo certificaciones de terceros incomparables de NSS Labs, ICSA, Virus Bulletin y AV Comparatives

### Redes

- Las mejores capacidades de la industria de SD-WAN para habilitar el manejo de aplicaciones con el control de ruta WAN para una alta calidad de experiencia
- Ofrece capacidades de red avanzadas, alto rendimiento y capacidades de VPN de IPsec escalables para consolidar las redes y la seguridad

### Administración

- Incluye una consola de administración que es efectiva, fácil de usar y proporciona visibilidad y automatización integral de la red.
- Proporciona integración sin intervención con la administración de panel único del Security Fabric
- La lista de verificación de cumplimiento predefinida analiza la implementación y resalta las mejores prácticas para mejorar la postura general de seguridad

### Security Fabric

- Permite que los productos de Fortinet y de los socios de Fabric-ready brinden una visibilidad más amplia, detección integrada de extremo a extremo, intercambio de inteligencia frente a amenazas y remediación automatizada
- Crea automáticamente visualizaciones de topología de red que descubren dispositivos de IoT y ofrecen una visibilidad completa de los productos de Fortinet y de sus socios de Fabric-ready.

| Firewall | IPS      | NGFW     | Protección contra amenazas | Interfaces                                     |
|----------|----------|----------|----------------------------|------------------------------------------------|
| 20 Gbps  | 2.6 Gbps | 1.6 Gbps | 1 Gbps                     | Ranuras múltiples GE RJ45, GE SFP y 10 GE SFP+ |

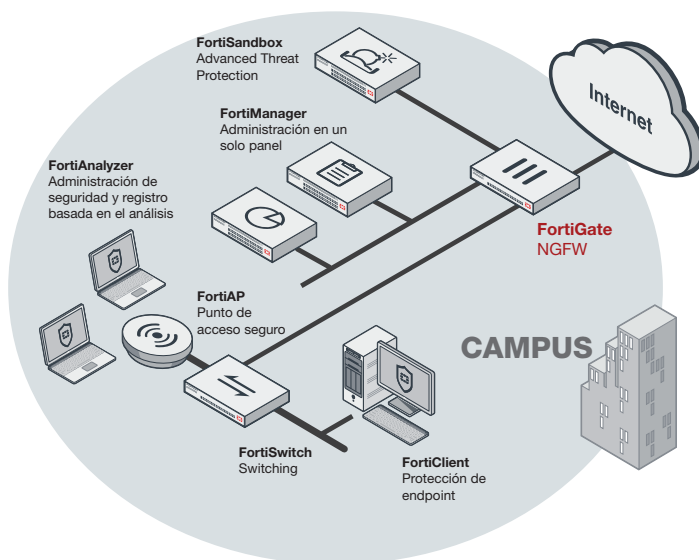
Consulte la tabla de especificaciones para obtener más detalles

## Implementación



### Next-Generation Firewall (NGFW)

- Reduce la complejidad al combinar las capacidades de seguridad de protección contra amenazas en un único appliance de seguridad de red de alto rendimiento
- Identifica y detiene las amenazas con la poderosa prevención de intrusiones más allá del puerto y del protocolo que examina las aplicaciones reales en el tráfico de su red
- Ofrece el rendimiento de inspección SSL más alto de la industria mediante los cifrados obligatorios de la industria mientras maximiza el ROI
- Bloquea proactivamente los ataques sofisticados recientemente descubiertos en tiempo real con protección avanzada contra amenazas.

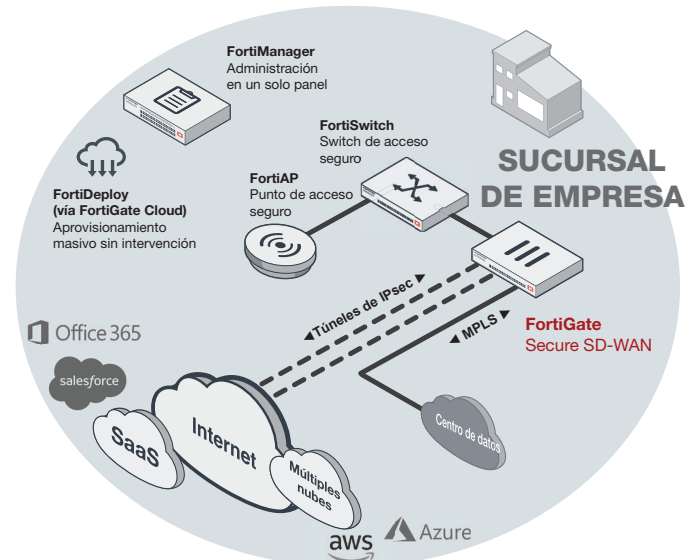


Implementación de FortiGate 100F/101F en el Campus (NGFW)



### Secure SD-WAN

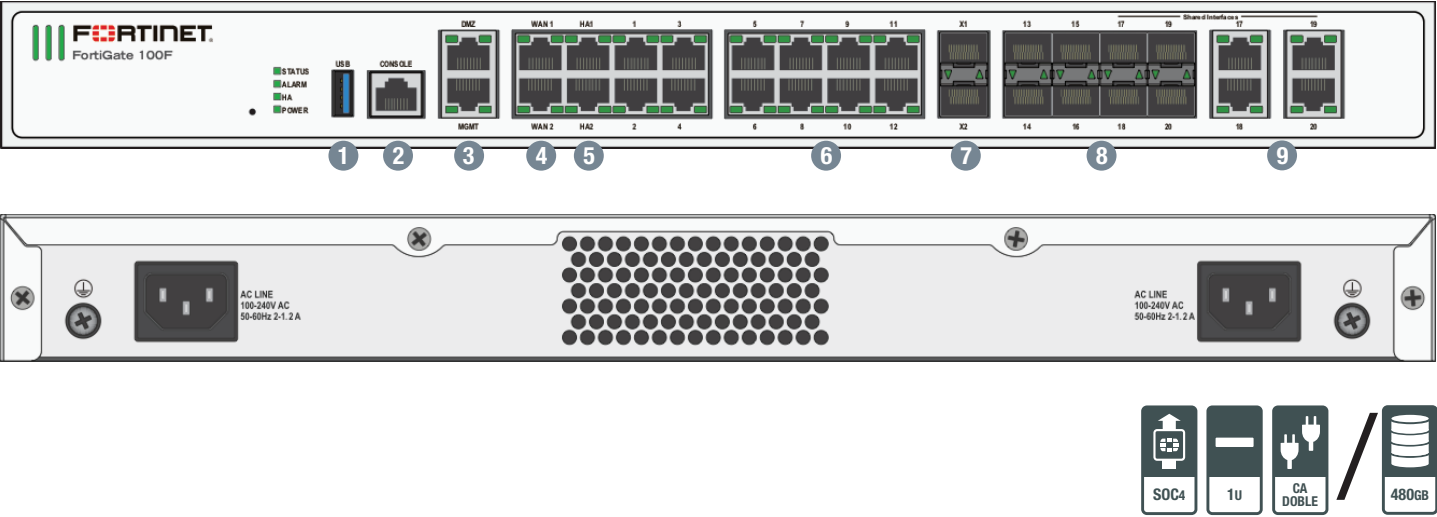
- Acceso directo seguro a Internet para aplicaciones en la nube para obtener una latencia mejorada y reducir el gasto del costo de la WAN
- Capacidades de protección contra amenazas de alto rendimiento y rentables
- Controlador de ruta de la WAN y Monitoreo del estado del enlace para un mejor rendimiento de la aplicación
- El mejor rendimiento de inspección de VPN IPsec y SSL de la industria impulsado por el procesador de seguridad
- Administración simplificada e implementación sin intervención



Implementación de FortiGate 100F/101F en Sucursal de empresa (Secure SD-WAN)

# Hardware

## FortiGate 100F/101F



## Interfaces

- |                               |                                              |
|-------------------------------|----------------------------------------------|
| 1. Puerto USB                 | 6. 12 puertos GE RJ45                        |
| 2. Puerto de consola          | 7. 2 ranuras de 10 GE SFP+ FortiLink         |
| 3. 2 puertos GE RJ45 MGMT/DMZ | 8. 4 ranuras GE SFP                          |
| 4. 2 puertos GE RJ45 WAN      | 9. 4 pares de medios compartidos GE RJ45/SFP |
| 5. 2 puertos GE RJ45 HA       |                                              |

### Basado en el SOC4 del ASIC de la Secure SD-WAN especialmente diseñado



- Combina una CPU basada en RISC con el contenido de la Unidad de procesamiento de seguridad (SPU) y procesadores de red patentados de Fortinet para un rendimiento inigualable
- Ofrece la identificación y manejo de aplicaciones más rápidas de la industria para operaciones empresariales eficientes
- Acelera el rendimiento de la VPN de IPsec para ofrecer la mejor experiencia de usuario en acceso directo a Internet
- Permite la mejor seguridad de NGFW e inspección profunda de SSL con alto rendimiento
- Extiende la seguridad a la capa de acceso para permitir la transformación de la SD-Branch con switch acelerado e integrado y conectividad de punto de acceso

## Fuentes de energía dual

La redundancia de la fuente de energía es esencial en el funcionamiento de las redes de misión crítica. La serie FortiGate 100F ofrece dos fuentes de energía incorporadas no intercambiables en caliente.

## Extiende la seguridad a la capa de acceso con los puertos FortiLink

El protocolo FortiLink le permite converger la seguridad y el acceso a la red integrando FortiSwitch en FortiGate como una extensión lógica del NGFW. Estos puertos habilitados para FortiLink se pueden reconfigurar como puertos regulares según sea necesario.

# Fortinet Security Fabric

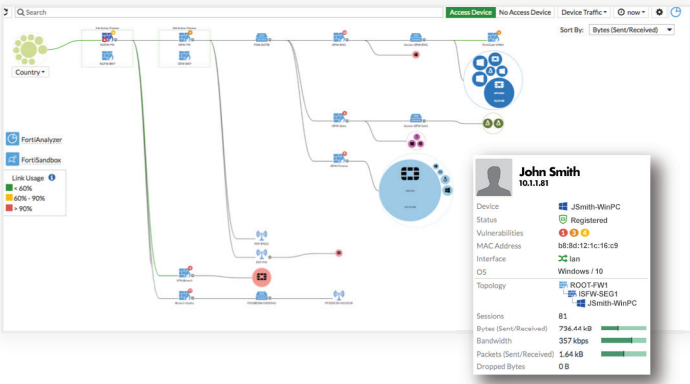
## Security Fabric

El Security Fabric ofrece una amplia visibilidad, prevención integrada de brechas basada en IA y operaciones automatizadas, orquestación y respuesta en todas las implementaciones de Fortinet y su ecosistema. Permite que la seguridad se expanda y se adapte dinámicamente a medida que se agregan más y más cargas de trabajo y datos. La seguridad sigue y protege a la perfección los datos, los usuarios y las aplicaciones a medida que se mueven entre el IoT, los dispositivos y entornos de nube en toda la red. Todo esto se vincula bajo un solo panel de administración para brindar de manera significativa capacidades de seguridad líderes en todo su entorno mientras se reduce significativamente la complejidad.

Los FortiGates son la base de Security Fabric, que amplía la seguridad a través de la visibilidad y el control al integrarse estrechamente con otros productos de seguridad y soluciones de Fortinet y de sus socios preparados para Fabric de Fortinet.

## FortiOS

Controle todas las capacidades de seguridad y de la red en toda la plataforma FortiGate con un sistema operativo intuitivo. Reduzca la complejidad, los costos y el tiempo de respuesta con una plataforma de seguridad de última generación verdaderamente consolidada.



## Servicios



### Servicios de seguridad FortiGuard™

FortiGuard Labs ofrece inteligencia en tiempo real sobre el panorama de las amenazas, al presentar actualizaciones de seguridad integrales en toda la gama de soluciones de Fortinet. Integrado por investigadores, ingenieros y especialistas forenses especializados en amenazas de seguridad, el equipo colabora con las organizaciones de monitoreo de amenazas líderes del mundo y otros proveedores de red y seguridad, así como con organismos de seguridad.



- Una plataforma verdaderamente consolidada con un único sistema operativo y panel para todos los servicios de seguridad y red en todas las plataformas de FortiGate.
- Protección líder en la industria: Recomendado por NSS Labs, seguridad y rendimiento validados por VB100, AV Comparatives e ICSA. Capacidad para aprovechar las últimas tecnologías, como la seguridad basada en el fraude.
- Controle miles de aplicaciones, bloquee las más recientes vulnerabilidades de seguridad y filtre el tráfico web en función de millones de clasificaciones de URL en tiempo real, además de tener compatibilidad real con TLS 1.3.
- Prevenga, detecte y mitigue ataques avanzados automáticamente en minutos con la prevención integrada de violaciones basada en IA y la Advanced Threat Protection.
- Experiencia de usuario mejorada con capacidades innovadoras de SD-WAN y capacidad para detectar, contener y aislar amenazas con segmentación basada en objetivos.
- Utilice la aceleración de hardware de la SPU para aumentar el rendimiento de la capacidad de seguridad.



### Servicios de soporte FortiCare™

Nuestro equipo de soporte al cliente de FortiCare proporciona soporte técnico global para todos los productos de Fortinet. Con personal de apoyo en América, Europa, Oriente Medio y Asia, FortiCare ofrece servicios para satisfacer las necesidades de las empresas de todos los tamaños.



Para obtener más información, consulte [forti.net/](https://forti.net/) fortiguard y [forti.net/](https://forti.net/) forticare

Especificaciones

|                                                                            | FORTIGATE 100F | FORTIGATE 101F |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|
| Especificaciones de hardware                                               |                |                |
| Puertos GE RJ45                                                            | 12             |                |
| Puertos de administración GE RJ45/HA/DMZ                                   | 1/2/1          |                |
| Ranuras de GE SFP                                                          | 4              |                |
| 10 ranuras de GE SFP+                                                      | 2              |                |
| Puertos GE RJ45 WAN                                                        | 2              |                |
| Puertos GE RJ45 o SFP compartidos*                                         | 4              |                |
| Puerto USB                                                                 | 1              |                |
| Puerto de consola                                                          | 1              |                |
| Almacenamiento interno                                                     | —              | 1x 480 GB SSD  |
| Transceptores incluidos                                                    | 0              |                |
| Rendimiento del sistema, mezcla empresarial de tráfico                     |                |                |
| Rendimiento de IPS <sup>2</sup>                                            | 2.6 Gbps       |                |
| Rendimiento de NGFW <sup>2,4</sup>                                         | 1.6 Gbps       |                |
| Rendimiento de protección contra amenazas <sup>2,5</sup>                   | 1 Gbps         |                |
| Rendimiento del sistema                                                    |                |                |
| Rendimiento del firewall (paquetes de UDP de 1518/512/64 bytes)            | 20/18/10 Gbps  |                |
| Latencia de firewall (paquetes UDP de 64 bytes)                            | 5 µs           |                |
| Rendimiento del firewall (paquetes por segundo)                            | 15 Mpps        |                |
| Sesiones concurrentes (TCP)                                                | 1.5 millones   |                |
| Sesiones nuevas/Segundo (TCP)                                              | 56,000         |                |
| Políticas de Firewall                                                      | 10,000         |                |
| Rendimiento de VPN IPsec (512 bytes) <sup>1</sup>                          | 11.5 Gbps      |                |
| Túneles de VPN IPsec de puerta de enlace a puerta de enlace                | 2,500          |                |
| Túneles de VPN IPsec del cliente a la puerta de enlace                     | 16,000         |                |
| Rendimiento SSL-VPN                                                        | 750 Mbps       |                |
| Usuarios de SSL-VPN concurrente (máximo recomendado, modo de túnel)        | 500            |                |
| Rendimiento de inspección de SSL (IPS, HTTPS promedio) <sup>3</sup>        | 1 Gbps         |                |
| CPS de inspección de SSL (IPS, HTTPS promedio) <sup>3</sup>                | 1,800          |                |
| Sesión concurrente de inspección de SSL (IPS, HTTPS promedio) <sup>3</sup> | 135,000        |                |
| Rendimiento de Application Control (HTTP 64K) <sup>2</sup>                 | 2.2 Gbps       |                |
| Rendimiento de CAPWAP (HTTP 64K)                                           | 15 Gbps        |                |
| Dominios virtuales (Predeterminado/máximo)                                 | 10/10          |                |
| Número máximo de FortiSwitches admitidos                                   | 24             |                |
| Número máximo de FortiAP (modo túnel/total)                                | 128/64         |                |

|                                          | FORTIGATE 100F                                                      | FORTIGATE 101F    |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Número máximo de FortiToken              | 5,000                                                               |                   |
| Número máximo de FortiClient registrados | 600                                                                 |                   |
| Configuraciones de alta disponibilidad   | Activo/activo, activo/pasivo, agrupamiento                          |                   |
| Dimensiones                              |                                                                     |                   |
| Altura x Ancho x Largo (pulgadas)        | 1.73 x 17 x 10                                                      |                   |
| Alto x Ancho x Largo (mm)                | 44 x 432 x 254                                                      |                   |
| Factor de forma                          | Montaje en rack, 1 RU                                               |                   |
| Peso                                     | 7.25 lb (3.29 kg)                                                   | 7.56 lb (3.43 lb) |
| Entorno                                  |                                                                     |                   |
| Energía requerida                        | 100–240 V CA, 50-60                                                 |                   |
| Corriente máxima                         | 100 V/1 A, 240 V/0.5 A                                              |                   |
| Consumo de energía (Promedio/máximo)     | 35.1 W/38.7 W                                                       | 35.3 W/39.1 W     |
| Disipación térmica                       | 119.77 BTU/h                                                        | 121.13 BTU/h      |
| Entorno                                  |                                                                     |                   |
| Temperatura de funcionamiento            | 32-104°F (0-40°C)                                                   |                   |
| Temperatura de almacenamiento            | –31-158°F (–35-70°C)                                                |                   |
| Altitud de funcionamiento                | Hasta 7,400 pies (2,250 m)                                          |                   |
| Humedad                                  | 10 a 90 % sin condensación                                          |                   |
| Nivel de ruido                           | 40.4 dBA                                                            |                   |
| Cumplimiento                             | FCC Parte 15B, Clase A, CE, RCM, VCCI, UL/cUL, CB, BSMI             |                   |
| Certificaciones                          | Laboratorio de ICSA: Firewall, IPsec, IPS, Antivirus, SSL-VPN; IPv6 |                   |

\* El módulo SFP de cobre no es compatible.

Nota: Todos los valores de rendimiento son "hasta" y varían según la configuración del sistema.

1. La prueba de rendimiento de VPN IPsec utiliza AES256-SHA256.

2. IPS (Mezcla empresarial), Application Control, NGFW y la protección contra amenazas se miden con el registro activado.

3. Los valores de rendimiento de la inspección de SSL utilizan un promedio de sesiones HTTPS de distintos conjuntos cifrados.

4. El rendimiento del NGFW se mide con el Firewall, IPS y Application Control habilitados.

5. El rendimiento de la protección contra amenazas se mide con el Firewall, IPS, Application Control y la protección contra malware habilitados.



Información de la orden

| Producto                                     | SKU            | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FortiGate 100F                               | FG-100F        | 22 puertos GE RJ45 (incluyen 2 puertos WAN, 1 puerto DMZ, 1 puerto admin, 2 puertos HA, 16 puertos de switch con 4 medios compartidos de puerto SFP), 4 puertos SFP, 2 10 GE SFP+ FortiLink, redundancia de fuentes de energía dual. Máximo de FortiAP administradas (total/túnel) 64/32.                                     |
| FortiGate 101F                               | FG-101F        | 22 puertos GE RJ45 (incluyen 2 puertos WAN, 1 puerto DMZ, 1 puerto admin, 2 puertos HA, 16 puertos de switch con 4 medios compartidos de puerto SFP), 4 puertos SFP, 2 10 GE SFP+ FortiLink, 480 GB de almacenamiento integrado, redundancia de fuentes de energía dual. Máximo de FortiAP administradas (total/túnel) 64/32. |
| Accesorios opcionales                        |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Módulo transceptor 1 GE SFP LX               | FG-TRAN-LX     | Módulo transceptor 1 GE SFP LX para todos los sistemas con ranuras SFP y SFP/SFP+.                                                                                                                                                                                                                                            |
| Módulo transceptor 1 GE SFP RJ45             | FG-TRAN-GC     | Módulo transceptor 1 GE SFP RJ45 para todos los sistemas con ranuras SFP y SFP/SFP+.                                                                                                                                                                                                                                          |
| Módulo transceptor 1 GE SFP SX               | FG-TRAN-SX     | Módulo transceptor 1 GE SFP SX para todos los sistemas con ranuras SFP y SFP/SFP+.                                                                                                                                                                                                                                            |
| Módulo transceptor 10 GE SFP+, alcance corto | FG-TRAN-SFP+SR | Módulo transceptor 10 GE SFP+, alcance corto para todos los sistemas con ranuras SFP y SFP/SFP+.                                                                                                                                                                                                                              |

Paquetes



FortiGuard Labs ofrece una serie de servicios de inteligencia de seguridad para aumentar la plataforma de firewall FortiGate. Puede optimizar fácilmente las capacidades de protección de su FortiGate con uno de estos paquetes de FortiGuard.

| Paquetes                                                                                                                                                             | Protección 360   | Enterprise Protection | UTM              | Protección contra amenazas |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------|------------------|----------------------------|
| FortiCare                                                                                                                                                            | ASE <sup>1</sup> | 7 días, 24 horas      | 7 días, 24 horas | 7 días, 24 horas           |
| Servicio de control de aplicación de FortiGuard                                                                                                                      | •                | •                     | •                | •                          |
| Servicio de IPS FortiGuard                                                                                                                                           | •                | •                     | •                | •                          |
| Protección contra malware avanzado (AMP) de FortiGuard: Antivirus, Malware móvil, Botnet, CDR, Protección contra ataques de virus y Servicio en la nube FortiSandbox | •                | •                     | •                | •                          |
| Servicio de Web Filtering de FortiGuard                                                                                                                              | •                | •                     | •                |                            |
| Servicio FortiGuard Antispam                                                                                                                                         | •                | •                     | •                |                            |
| Servicio de clasificaciones de seguridad de FortiGuard                                                                                                               | •                | •                     |                  |                            |
| Servicio industrial de FortiGuard                                                                                                                                    | •                | •                     |                  |                            |
| Servicio solo de SaaS de FortiCASB                                                                                                                                   | •                | •                     |                  |                            |
| Servicio FortiConverter                                                                                                                                              | •                |                       |                  |                            |
| Monitoreo asistido en la nube de la SD-WAN <sup>2</sup>                                                                                                              | •                |                       |                  |                            |
| Servicio de VPN del controlador de superposición de SD-WAN <sup>2</sup>                                                                                              | •                |                       |                  |                            |
| FortiAnalyzer Cloud <sup>2</sup>                                                                                                                                     | •                |                       |                  |                            |
| FortiManager Cloud <sup>2</sup>                                                                                                                                      | •                |                       |                  |                            |

1. 7 días, 24 horas más manejo de tickets de servicio avanzado      2. Disponible cuando se ejecuta FortiOS 6.2







## S6-EH1P(3-6)K-L-EU

# Solis Single Phase Low Voltage Energy Storage Inverters

### Features:

- Integrated 2 MPPTs for multiple array orientations
- Industry leading 125A/6kW max charge/discharge rating
- Automatic UPS switching
- Supports Peak Shaving Mode
- Pre-made Battery, Meter and CAN cabling to reduce installation time
- Supports 1ph and 3ph flexible connection on both the Grid and Backup Port
- Compatible with multiple brands of lithium battery models
- Increased battery protection and operation features to extend battery life

### Models:

S6-EH1P3K-L-EU / S6-EH1P3.6K-L-EU

S6-EH1P4.6K-L-EU / S6-EH1P5K-L-EU

S6-EH1P6K-L-EU



360° View

# DATASHEET

## S6-EH1P(3-6)K-L-EU

| Models                                            | 3K                                                                                                                                                                                                                                    | 3.6K            | 4.6K          | 5K              | 6K              |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Input DC (PV side)                                |                                                                                                                                                                                                                                       |                 |               |                 |                 |
| Recommended max. PV power                         | 4.8 kW                                                                                                                                                                                                                                | 5.7 kW          | 7 kW          | 8 kW            | 9.6 kW          |
| Max. input voltage                                | 600 V                                                                                                                                                                                                                                 |                 |               |                 |                 |
| Rated voltage                                     | 330 V                                                                                                                                                                                                                                 |                 |               |                 |                 |
| Start-up voltage                                  | 90 V                                                                                                                                                                                                                                  |                 |               |                 |                 |
| MPPT voltage range                                | 90 - 520 V                                                                                                                                                                                                                            |                 |               |                 |                 |
| Max. input current                                | 16 A / 16 A                                                                                                                                                                                                                           |                 |               |                 |                 |
| Max. short circuit current                        | 24 A / 24 A                                                                                                                                                                                                                           |                 |               |                 |                 |
| MPPT number / Max. input strings number           | 2 / 2                                                                                                                                                                                                                                 |                 |               |                 |                 |
| Battery                                           |                                                                                                                                                                                                                                       |                 |               |                 |                 |
| Battery type                                      | Li-ion / Lead-acid                                                                                                                                                                                                                    |                 |               |                 |                 |
| Battery voltage range                             | 42 - 58 V                                                                                                                                                                                                                             |                 |               |                 |                 |
| Battery capacity                                  | 50 - 2000 Ah                                                                                                                                                                                                                          |                 |               |                 |                 |
| Max. charge / discharge power                     | 3 kW                                                                                                                                                                                                                                  | 3.6 kW          | 4.6 kW        | 5 kW            | 6 kW            |
| Max. charge / discharge current                   | 62.5 A                                                                                                                                                                                                                                | 75 A            | 100 A         | 105 A           | 125 A           |
| Communication                                     | CAN                                                                                                                                                                                                                                   |                 |               |                 |                 |
| Output AC (Grid side)                             |                                                                                                                                                                                                                                       |                 |               |                 |                 |
| Rated output power                                | 3 kW                                                                                                                                                                                                                                  | 3.6 kW          | 4.6 kW        | 5 kW            | 6 kW            |
| Max. apparent output power                        | 3 kVA                                                                                                                                                                                                                                 | 3.6 kVA         | 4.6 kVA       | 5 kVA           | 6 kVA           |
| Operation phase                                   | 1/N/PE                                                                                                                                                                                                                                |                 |               |                 |                 |
| Rated grid voltage                                | 220 V / 230 V                                                                                                                                                                                                                         |                 |               |                 |                 |
| Rated grid frequency                              | 50 Hz / 60 Hz                                                                                                                                                                                                                         |                 |               |                 |                 |
| Rated grid output current                         | 13.6 A / 13 A                                                                                                                                                                                                                         | 16.4 A / 15.7 A | 20.9 A / 20 A | 22.7 A / 21.7 A | 27.3 A / 26.1 A |
| Max. output current                               | 13.6 A / 13 A                                                                                                                                                                                                                         | 16.4 A / 15.7 A | 20.9 A / 20 A | 22.7 A / 21.7 A | 27.3 A / 26.1 A |
| Power factor                                      | > 0.99 (0.8 leading - 0.8 lagging)                                                                                                                                                                                                    |                 |               |                 |                 |
| THDi                                              | < 2%                                                                                                                                                                                                                                  |                 |               |                 |                 |
| Input AC (Grid side)                              |                                                                                                                                                                                                                                       |                 |               |                 |                 |
| Input voltage range                               | 187 - 253 V                                                                                                                                                                                                                           |                 |               |                 |                 |
| Max. input current                                | 20 A                                                                                                                                                                                                                                  | 24.6 A          | 31.4 A        | 32 A            | 40 A            |
| Frequency range                                   | 45 - 55 Hz / 55 - 65 Hz                                                                                                                                                                                                               |                 |               |                 |                 |
| Output AC (Back-up)                               |                                                                                                                                                                                                                                       |                 |               |                 |                 |
| Rated output power                                | 3 kW                                                                                                                                                                                                                                  | 3.6 kW          | 4.6 kW        | 5 kW            | 6 kW            |
| Max. apparent output power                        | 4.2 kVA, 60 s                                                                                                                                                                                                                         | 5 kVA, 60 s     | 6.4 kVA, 60 s | 7 kVA, 60 s     | 8 kVA, 60 s     |
| Back-up switch time                               | < 10 ms                                                                                                                                                                                                                               |                 |               |                 |                 |
| Rated output voltage                              | 1/N/PE, 220 V / 230 V                                                                                                                                                                                                                 |                 |               |                 |                 |
| Rated frequency                                   | 50 Hz / 60 Hz                                                                                                                                                                                                                         |                 |               |                 |                 |
| Max. output current                               | 19.1 A                                                                                                                                                                                                                                | 22.7 A          | 29.1 A        | 31.8 A          | 36.4 A          |
| THDv (@linear load)                               | < 2%                                                                                                                                                                                                                                  |                 |               |                 |                 |
| Efficiency                                        |                                                                                                                                                                                                                                       |                 |               |                 |                 |
| Max. efficiency                                   | > 97.0%                                                                                                                                                                                                                               |                 | > 97.5%       |                 |                 |
| EU efficiency                                     | > 96.2%                                                                                                                                                                                                                               |                 |               |                 |                 |
| BAT charged by PV max. efficiency                 | > 94.9%                                                                                                                                                                                                                               |                 |               |                 |                 |
| BAT charged / discharged to AC max. efficiency    | > 94.33% / 93.51%                                                                                                                                                                                                                     |                 |               |                 |                 |
| Protection                                        |                                                                                                                                                                                                                                       |                 |               |                 |                 |
| DC reverse-polarity protection                    | Yes                                                                                                                                                                                                                                   |                 |               |                 |                 |
| Ground fault monitoring                           | Yes                                                                                                                                                                                                                                   |                 |               |                 |                 |
| Integrated AFCI (DC arc-fault circuit protection) | Yes <sup>(1)</sup>                                                                                                                                                                                                                    |                 |               |                 |                 |
| Protection class / Over voltage category          | I / II                                                                                                                                                                                                                                |                 |               |                 |                 |
| General Data                                      |                                                                                                                                                                                                                                       |                 |               |                 |                 |
| Dimensions (W × H × D)                            | 405 × 480 × 205 mm                                                                                                                                                                                                                    |                 |               |                 |                 |
| Weight                                            | 20.3 kg                                                                                                                                                                                                                               |                 | 22.4 kg       |                 |                 |
| Topology                                          | High frequency isolation (for battery)                                                                                                                                                                                                |                 |               |                 |                 |
| Operating ambient temperature range               | -25 ~ +60°C                                                                                                                                                                                                                           |                 |               |                 |                 |
| Ingress protection                                | IP66                                                                                                                                                                                                                                  |                 |               |                 |                 |
| Cooling concept                                   | Natural cooling                                                                                                                                                                                                                       |                 |               |                 |                 |
| Max. operation altitude                           | 4000 m                                                                                                                                                                                                                                |                 |               |                 |                 |
| Grid connection standard                          | G98 or G99, VDE-AR-N 4105/VDE V 0124, EN 50549-1, VDE 0126/UTE C 15/VFR:2019, RD 1699/RD 244/UNE 206006/UNE 206007-1, CEI 0-21, C10/11, NRS 097-2-1, TOR, EIFS 2018.2, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683, EN 50530, MEA, PEA |                 |               |                 |                 |
| Safety / EMC standard                             | IEC/EN 62109-1/-2, EN 61000-6-1/-2/-3/-4                                                                                                                                                                                              |                 |               |                 |                 |
| Features                                          |                                                                                                                                                                                                                                       |                 |               |                 |                 |
| DC connection                                     | MC4 connector                                                                                                                                                                                                                         |                 |               |                 |                 |
| AC connection                                     | Quick connection plug                                                                                                                                                                                                                 |                 |               |                 |                 |
| Display                                           | LED indicator & Bluetooth + APP                                                                                                                                                                                                       |                 |               |                 |                 |
| Communication                                     | RS485. CAN. Optional: Wi-Fi. GPRS. LAN                                                                                                                                                                                                |                 |               |                 |                 |

(1) Activation required.



# Solis Single Phase **Low Voltage** Energy Storage Inverters

## Models:

RHI-(3-5)K-48ES / RHI-(3-6)K-48ES-5G

S5-EH1P(3-6)K-L (Smart)

**3-6K**



| Battery Brand      | Battery Model                           |                              |
|--------------------|-----------------------------------------|------------------------------|
| Ampace             | R-P48100ESA1                            | R-P48192EDA1                 |
|                    | SP-5000L                                |                              |
| AISUN              | AI-LV-5 / 6 / 10 / 16                   |                              |
| Autarco            | AUTARCO AUT_LVR1                        |                              |
| BYD                | Battery-Box Premium LVS                 | Battery-Box Premium LVL      |
|                    | Battery-Box Pro 2.5-10.0                | Battery-Box Pro 13.8         |
| Cegasa             | eBick 48                                |                              |
| CFE                | CFE-5100                                |                              |
| DMEGC              | L01-48100                               | L02-48100                    |
| Dowell             | iPack C3.3                              | iPack C6.5                   |
| Duracell           | DURACELL 5+                             | Dura 7                       |
| Dyness             | DL LV Series                            | Power LV Series              |
|                    | A / B / BX LV Series                    |                              |
| EXIDE              | LIBM048050                              |                              |
| FEB                | PowerArt LV5320-W1                      | PowerArt LV5120-R1           |
| FOX                | LV52 / 54                               | LV5200                       |
| Freedom            | Freedom Won Lite                        |                              |
| Goldenmate         | APOLLO-LV                               |                              |
| GS ENERGY          | GBL2.45K3                               | GBL5.8K3                     |
| GSL ENERGY         | GSL5000U                                | GSL7000U                     |
|                    | GSL10000U                               | GSL-A51100                   |
|                    | GSL-ZN-P48100ESA1                       | GSL-W-15K / 20K              |
|                    | GSL-051100A / 200A / 280A / 320A-B-GBP2 | GSL-51-100 / 200 / 280 / 320 |
| Haier              | HLS-1X5 / 10 / 15 / 20K                 | HLR-1X5 / 10 / 15 / 20K      |
|                    | B051100P03-H                            | B051100P02-H                 |
| HD ENERGY          | 3U-4890                                 | CM101607                     |
| HIGHSTAR           | HSD5870                                 |                              |
| Green Solutions    | HOME E5 / E10                           |                              |
| KODAK              | FL5.2                                   |                              |
| LG Energy Solution | RESU3.3                                 | RESU6.5                      |
|                    | RESU10                                  | RESU12                       |
| NAHUI              | NLW-1Y5K                                |                              |
| PAND               | Powerfree-S                             | Powerfree 5-U                |
|                    | Powerfree 12                            |                              |
| powerESS Li.ON     | 0347515   powerESS Li.ON 51.2V-100Ah    |                              |
| PUREDRIVE          | 48V-100Ah                               | Dura 7                       |
|                    | Force L1 (CEI 0-21)                     | Force L2 (CEI 0-21)          |
| PYLONTECH          | Phantom-S (CEI0-21)                     | US2000 (CEI 0-21)            |
|                    | US3000 (CEI 0-21)                       | US2000C (CEI0-21)            |
|                    | US3000C (CEI0-21)                       | US5000 (CEI 0-21)            |
|                    | UP5000                                  | US2000B                      |
|                    | US3000A                                 | US2000 PLUS                  |
|                    | Pelio-L-5.12                            |                              |
| Pytes              | E-BOX-48100R                            | V5° / V5°α                   |
|                    | ESS48-2U-L                              | V15                          |
|                    | Pi LV1                                  | V5°αPlus                     |
|                    | V10 / V10α / V12 / V12α                 |                              |

| Battery Brand                      | Battery Model                                  |                          |
|------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|
| RAYSTECH                           | RT5000 B                                       | RT5427 SOLID BATTERY     |
|                                    | RT10854 SOLID BATTERY                          |                          |
| Renon                              | R-XL010021 / 015031 / 020041 / 025051 / 030061 | R-XL015031-H             |
|                                    | R-XC005161                                     | R-EB005161               |
| ROSEN                              | LFP48V100AH                                    | LFP48V150AH              |
|                                    | LFP48V200AH                                    |                          |
| SOLUNA                             | BATTERY MODULE 4K PACK                         | Soluna EOS 5K Pack       |
| SUNWODA                            | Atrix-5 / 10 / 15 / 20                         | SunESS-5 / 10 / 15 / 20  |
|                                    | B051100P03                                     | B051100P02               |
|                                    | Atrix basic                                    | MonaWall 5               |
| TOPBAND                            | RS-R                                           | RS-W                     |
|                                    | RS-C                                           | RS-S                     |
| Uhome Smart Energy(Wuxi) Co., Ltd. | Uhome-LFP 2400 / 2500 / 5000                   | Uhome-LFP 5120M / 10240M |
|                                    | Uhome-LFP 5 / 5.8 / 10kWh LV                   |                          |
| Upower                             | Upower UE-H                                    | Upower UE-I              |
| UZ energy (powered by CATL)        | Power Lite L051100-A1                          | L051100-A                |
| WECO                               | 4K4PRO                                         | DUAL VOLTAGE 5K3 LV / HV |
|                                    | DUAL VOLTAGE 5K3-XP LV / HV                    | 4K5 ultra                |
| YOLANESS                           | RS-R                                           | RS-W                     |
|                                    | RS-C                                           | RS-S                     |
| YOSHOPO                            | YOSHOPO LV1.0 / 2.0                            |                          |
| ZETARA POWER                       | 51.2V-100Ah                                    |                          |

#### Battery type: Lead carbon / Lead-acid

Supports all brands of lead-acid and lead-carbon batteries

- Details correct at time of going to press.
- Batteries to be purchased separately.
- Installing a non-compatible battery will VOID the inverter warranty.





## Residential BESS

*Rack Mounted type-LV*



### Safety

Multi-protection from self developed BMS



### Optimal Electricity Cost

Long cycle life and superior performance



### Compact Size & East Installation

Module design help for quick installation



### Easy to Scale Up

Be workable to be parallel based on 48V



### Compatibility

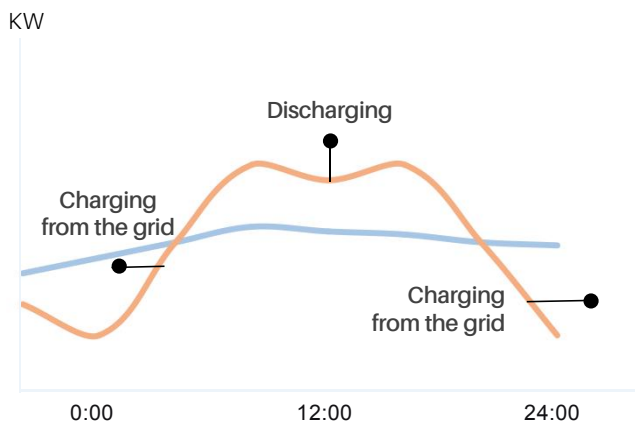
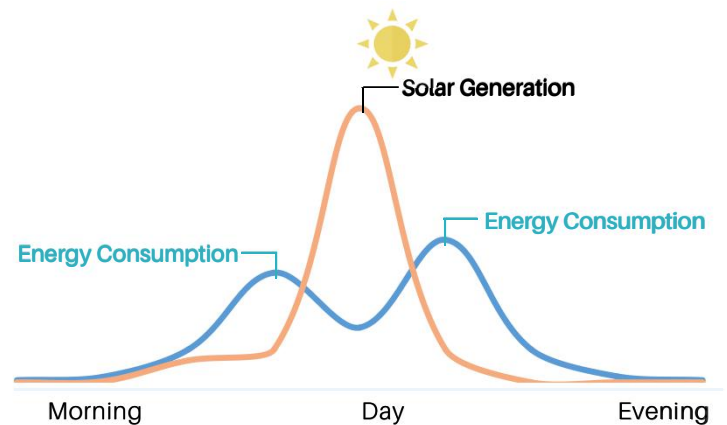
Compatible with Tier 1 inverter brands



# How to save bill from Residential ESS?

## 1. Self-Consumption Optimization

High energy demand in the morning and evening but solar generation is most sufficient during the Mid-Day. Battery Storage system balance the feeding and demands. Realize your grid independence.



## 2. Benefits from Peak Shaving

### House: Load Shifting

Store the power during low-peak and use the energy at peak-time. Save the money which happens arising from peak rate.

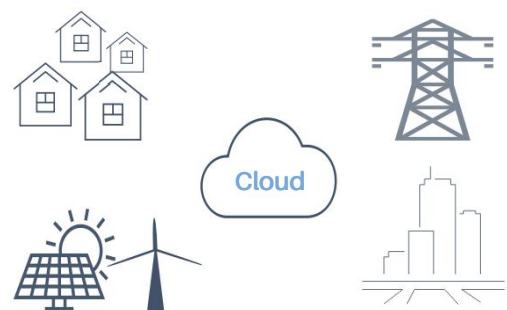
### Transmission&Distribution: peak Shaving

Save on the electricity bills by reducing peak demand

## 3. VPP Revenue

VPP creates a network of renewable energy sources and battery storage systems, connected through a cloud-based technology that manages the stability of clean electricity to maximize your revenue.

Enabling a cost reduction, as well as boosting the system's efficiency



## SPECIFICATION (48V)



### Module

US2000C

US3000C

US5000

### Basic Parameters

|                                    |                   |                                                         |                                                                                                         |                                                                   |
|------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Nominal Voltage (Vdc)              |                   | 48                                                      | 48                                                                                                      | 48                                                                |
| Nominal Capacity(Wh)               |                   | 2400                                                    | 3552                                                                                                    | 4800                                                              |
| Usable Capacity(Wh)                |                   | 2280                                                    | 3374                                                                                                    | 4560                                                              |
| Dimension(mm)                      |                   | 442*410*89                                              | 442*420*132                                                                                             | 442*420*161                                                       |
| Weight(kg)                         |                   | 22.5                                                    | 32                                                                                                      | 39.7                                                              |
| Charge/<br>Discharge<br>Current(A) | (Recommend)       | 25                                                      | 37                                                                                                      | 80*                                                               |
|                                    | (Max. Continuous) | 25                                                      | 37                                                                                                      | 100*                                                              |
|                                    | (Peak 1)          | 50~89@60sec                                             | 74~89@60sec                                                                                             | 101~120@15min                                                     |
|                                    | (Peak 2 )         | 90~200@15sec                                            | 90~200@15sec                                                                                            | 121~200@15sec                                                     |
| Communication Port                 |                   |                                                         | RS485,CAN                                                                                               |                                                                   |
| Single string quantity(pcs)        |                   | 16                                                      | 16                                                                                                      | 16                                                                |
| Working Temperature/ °C            | Charge            | 0~50                                                    |                                                                                                         |                                                                   |
| Working Temperature/ °C            | Discharge         | -10~50                                                  |                                                                                                         |                                                                   |
| Shelf Temperature/ °C              |                   | -20~60                                                  |                                                                                                         |                                                                   |
| Short current/duration time        |                   | <4000A/2ms                                              | <4000A/2ms                                                                                              | <2000A/1ms                                                        |
| IP rating of enclosure             |                   |                                                         | IP20                                                                                                    |                                                                   |
| Cooling type                       |                   |                                                         | Natural                                                                                                 |                                                                   |
| Humidity                           |                   | 5% ~ 95%(RH) No Condensation                            |                                                                                                         |                                                                   |
| Altitude(M)                        |                   | <4000                                                   |                                                                                                         |                                                                   |
| Design life                        |                   | 15+ Years (25℃/77°F)                                    |                                                                                                         |                                                                   |
| Cycle Life                         |                   | >6,000 25℃                                              |                                                                                                         |                                                                   |
| Authentication Level               |                   | UL1642/ IEC62619<br>/ICE63056<br>/ICE61000-6-2/3 UN38.3 | UL1973 /UL1642/UL9540A<br>/VDE2510-50/IEC63056<br>/IEC62619/IEC62040/IEC62477-1<br>/ICE61000-6-2/UN38.3 | UL1973/UL9540A<br>IEC62619/IEC63056<br>/ICE61000-6-2/3<br>/UN38.3 |

\*: The recommended and max. continuous operation current is for a battery cell temperature within 10~40°C to consider, out of such temp. range will cause a derating on operation current.



## DEEP BLUE 3.0

Mono

550W MBB Half-cell Module  
JAM72S30 525-550/MR Series

### Introduction

Assembled with 11BB PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss

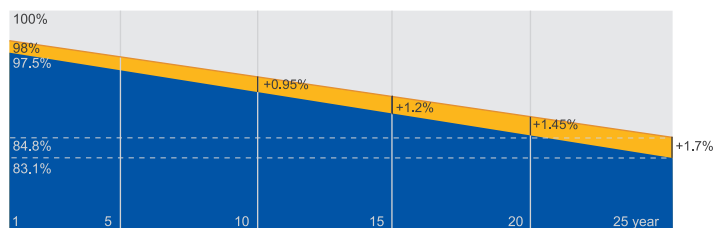


Better mechanical loading tolerance

### Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty

0.55% Annual Degradation  
Over 25 years



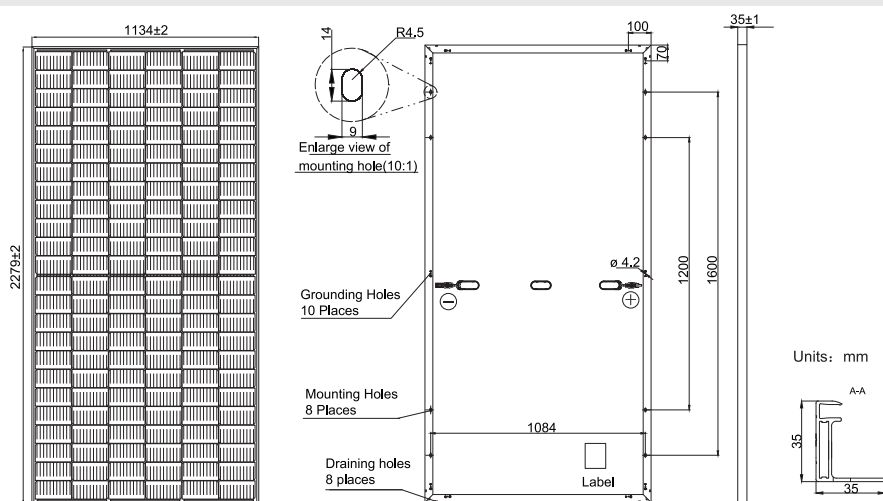
■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

### Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval



## MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

## SPECIFICATIONS

|                                       |                                                                |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Cell                                  | Mono                                                           |
| Weight                                | 28.6kg±3%                                                      |
| Dimensions                            | 2279±2mm×1134±2mm×35±1mm                                       |
| Cable Cross Section Size              | 4mm <sup>2</sup> (IEC) , 12 AWG(UL)                            |
| No. of cells                          | 144(6×24)                                                      |
| Junction Box                          | IP68, 3 diodes                                                 |
| Connector                             | QC 4.10(1000V)<br>QC 4.10-35(1500V)                            |
| Cable Length<br>(Including Connector) | Portrait: 300mm(+)/400mm(-);<br>Landscape: 1300mm(+)/1300mm(-) |
| Packaging Configuration               | 31pcs/Pallet, 620pcs/40ft Container                            |

## ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

| TYPE                                                            | JAM72S30<br>-525/MR                                             | JAM72S30<br>-530/MR | JAM72S30<br>-535/MR | JAM72S30<br>-540/MR | JAM72S30<br>-545/MR | JAM72S30<br>-550/MR |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Rated Maximum Power(P <sub>max</sub> ) [W]                      | 525                                                             | 530                 | 535                 | 540                 | 545                 | 550                 |
| Open Circuit Voltage(V <sub>oc</sub> ) [V]                      | 49.15                                                           | 49.30               | 49.45               | 49.60               | 49.75               | 49.90               |
| Maximum Power Voltage(V <sub>mp</sub> ) [V]                     | 41.15                                                           | 41.31               | 41.47               | 41.64               | 41.80               | 41.96               |
| Short Circuit Current(I <sub>sc</sub> ) [A]                     | 13.65                                                           | 13.72               | 13.79               | 13.86               | 13.93               | 14.00               |
| Maximum Power Current(I <sub>mp</sub> ) [A]                     | 12.76                                                           | 12.83               | 12.90               | 12.97               | 13.04               | 13.11               |
| Module Efficiency [%]                                           | 20.3                                                            | 20.5                | 20.7                | 20.9                | 21.1                | 21.3                |
| Power Tolerance                                                 | 0~+5W                                                           |                     |                     |                     |                     |                     |
| Temperature Coefficient of I <sub>sc</sub> (α <sub>Isc</sub> )  | +0.045%/°C                                                      |                     |                     |                     |                     |                     |
| Temperature Coefficient of V <sub>oc</sub> (β <sub>Voc</sub> )  | -0.275%/°C                                                      |                     |                     |                     |                     |                     |
| Temperature Coefficient of P <sub>max</sub> (γ <sub>Pmp</sub> ) | -0.350%/°C                                                      |                     |                     |                     |                     |                     |
| STC                                                             | Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G |                     |                     |                     |                     |                     |

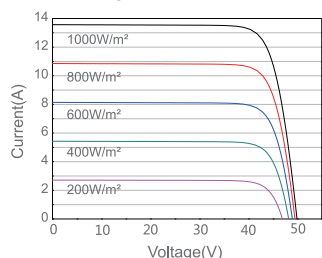
Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

## ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

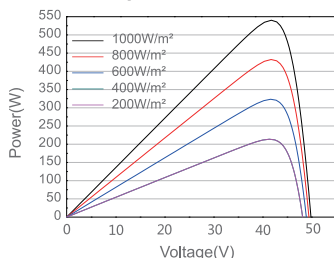
| TYPE                                        | JAM72S30<br>-525/MR                                                                | JAM72S30<br>-530/MR | JAM72S30<br>-535/MR | JAM72S30<br>-540/MR | JAM72S30<br>-545/MR | JAM72S30<br>-550/MR | OPERATING CONDITIONS                                      |                                                                 |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Rated Max Power(P <sub>max</sub> ) [W]      | 397                                                                                | 401                 | 405                 | 408                 | 412                 | 416                 | Maximum System Voltage                                    | 1000V/1500V DC                                                  |
| Open Circuit Voltage(V <sub>oc</sub> ) [V]  | 46.05                                                                              | 46.18               | 46.31               | 46.43               | 46.55               | 46.68               | Operating Temperature                                     | -40°C~+85°C                                                     |
| Max Power Voltage(V <sub>mp</sub> ) [V]     | 38.36                                                                              | 38.57               | 38.78               | 38.99               | 39.20               | 39.43               | Maximum Series Fuse Rating                                | 25A                                                             |
| Short Circuit Current(I <sub>sc</sub> ) [A] | 10.97                                                                              | 11.01               | 11.05               | 11.09               | 11.13               | 11.17               | Maximum Static Load, Front*<br>Maximum Static Load, Back* | 5400Pa(112lb/ft <sup>2</sup> )<br>2400Pa(50lb/ft <sup>2</sup> ) |
| Max Power Current(I <sub>mp</sub> ) [A]     | 10.35                                                                              | 10.39               | 10.43               | 10.47               | 10.51               | 10.55               | NOCT                                                      | 45±2°C                                                          |
| NOCT                                        | Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G |                     |                     |                     |                     |                     | Safety Class                                              | Class II                                                        |
|                                             |                                                                                    |                     |                     |                     |                     |                     | Fire Performance                                          | UL Type 1                                                       |

## CHARACTERISTICS

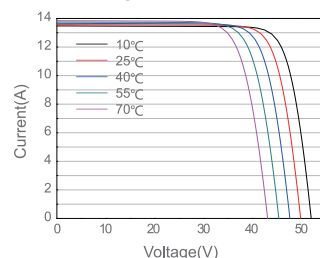
Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



Power-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



## 13.4 Procedimientos de equipos

### 13.4.1 Configuración Teltonika RUTX50 con doble sim

Para iniciar la configuración del router TELTONIKA RUTX50, se debe conectar un equipo directamente a uno de sus puertos LAN mediante un cable de red. Es importante que la interfaz de red del equipo esté configurada para obtener una dirección IP automáticamente o que cuente con una IP dentro del mismo rango de red.

Una vez establecida la conexión, se debe abrir un navegador web y escribir en la barra de direcciones la IP por defecto del dispositivo: <http://192.168.1.1>. Al acceder, aparecerá la página de inicio de sesión donde se solicitarán las credenciales de acceso correspondientes.

La contraseña utilizada en este paso es la previamente definida y establecida por la empresa para todos los equipos, por lo que deberá introducirse exactamente como fue asignada para poder acceder a la interfaz de administración.

#### 1. Pestaña de configuración de Subred (LAN)

Una vez dentro de la interfaz de administración, se debe acceder al apartado de Red desde el menú lateral izquierdo y seleccionar la opción LAN. Esta sección permite visualizar y configurar los parámetros principales de la red local del router.

En la pantalla se muestran detalles como la dirección IP asignada a la interfaz LAN, el tipo de conexión, la dirección MAC del dispositivo, el protocolo utilizado y el tiempo de actividad de la interfaz. También es posible habilitar o deshabilitar la LAN desde esta misma vista.

Desde este menú, el usuario puede editar los valores existentes para ajustar la dirección IP, máscara de red, puerta de enlace y otros parámetros de red interna según la topología definida por la empresa. Además, se cuenta con la opción de añadir interfaces adicionales en caso de requerir configuraciones específicas.



Una vez realizados los cambios necesarios, se debe presionar el botón “Guardar y Aplicar” para que la nueva configuración entre en vigor.

The screenshot displays the Teltonika web management interface. On the left, a dark blue sidebar contains a navigation menu with categories like 'Estado', 'Red', 'Servicios', and 'Sistema'. The 'Red' category is expanded, showing options such as 'Móvil', 'WAN', 'LAN' (which is selected), 'Inalámbrica', 'Conmutación por error', 'Firewall', 'VLAN', 'Enrutamiento', 'Conformación del tráfico', 'Puertos', 'DHCP', 'DNS', and 'Estado de Internet'. The main content area, titled 'Red > LAN', shows a section for 'Interfaces LAN'. It contains a table with one row for the 'lan' interface. The table columns include an index, name, status, type, device, IP address, protocol, MAC address, activity time, and data usage. The 'lan' interface is currently in 'Realizando' (Performing) status. Below the table, there are buttons for 'Añadir' (Add), 'Editar' (Edit), 'Eliminar' (Delete), and a prominent 'Guardar y Aplicar' (Save and Apply) button.

| 1 | lan | Estado: Realizando | Tipo: Puente | Dispositivo: br-lan | IP: 192.168.1.1/24 | Protocolo: static | MAC: 20:97:27:64:0D:5F | Tiempo de actividad: 0h 18m 2s | TX: 33.97 MB | RX: 7.05 MB | on | Editar            | Eliminar |
|---|-----|--------------------|--------------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------------|--------------------------------|--------------|-------------|----|-------------------|----------|
|   |     |                    |              |                     |                    |                   |                        |                                |              |             |    | Añadir            |          |
|   |     |                    |              |                     |                    |                   |                        |                                |              |             |    | Guardar y Aplicar |          |

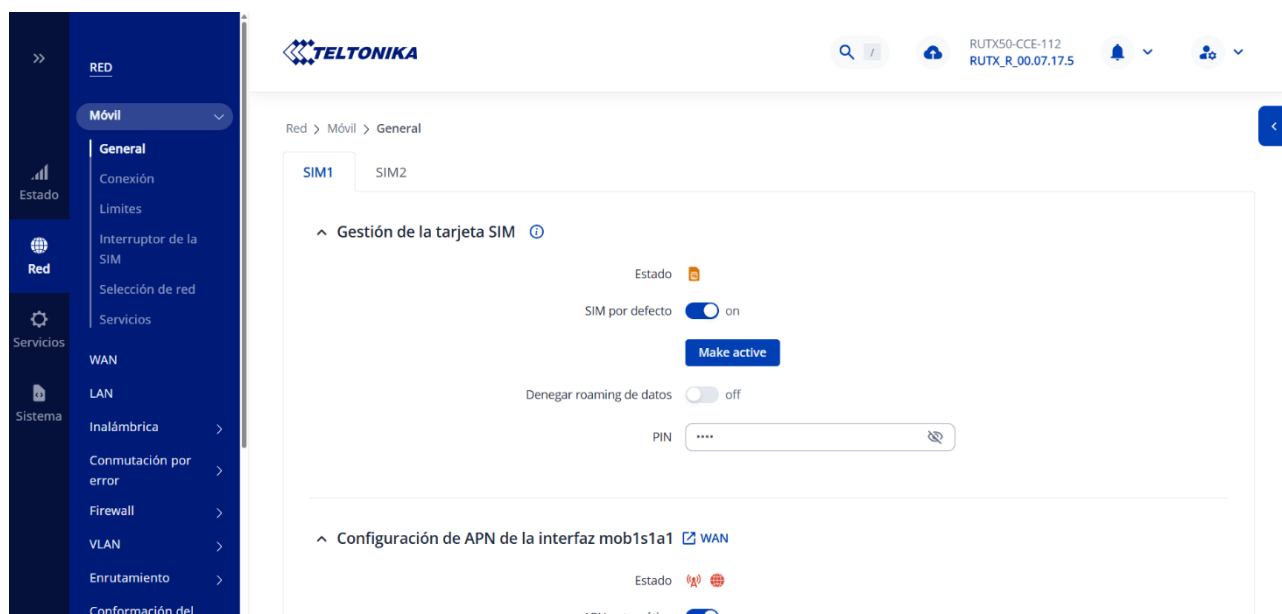
## 2. Pestaña configuración de las SIMS

Para acceder a la parte de configuración de las SIM y los APN, se debe ingresar al menú Red ubicado en la barra lateral izquierda y seleccionar la opción Móvil. Dentro de este apartado, al hacer clic en General, se abrirá la pantalla donde se gestiona la configuración de las tarjetas SIM.

En esta sección es posible activar o desactivar la SIM instalada, seleccionar cuál de las tarjetas (SIM1 o SIM2) funcionará como SIM por defecto, y habilitar o deshabilitar el roaming de datos según las políticas establecidas por la empresa. También se dispone de un campo para ingresar el PIN de la SIM, en caso de que sea requerido por el operador.

En la parte inferior de esta pantalla se encuentra la configuración de APN, donde se debe indicar el nombre del punto de acceso correspondiente a la línea de datos utilizada. En nuestro caso, las SIM habituales que utiliza la empresa ya incluyen la configuración de APN necesaria, por lo que seleccionando el modo automático la conexión se establece correctamente sin necesidad de ajustes adicionales.

Una vez realizados los cambios necesarios, se debe guardar la configuración para que la SIM quede operativa y la conexión móvil disponible.



### 3. Pestaña balanceo entre las dos SIMS

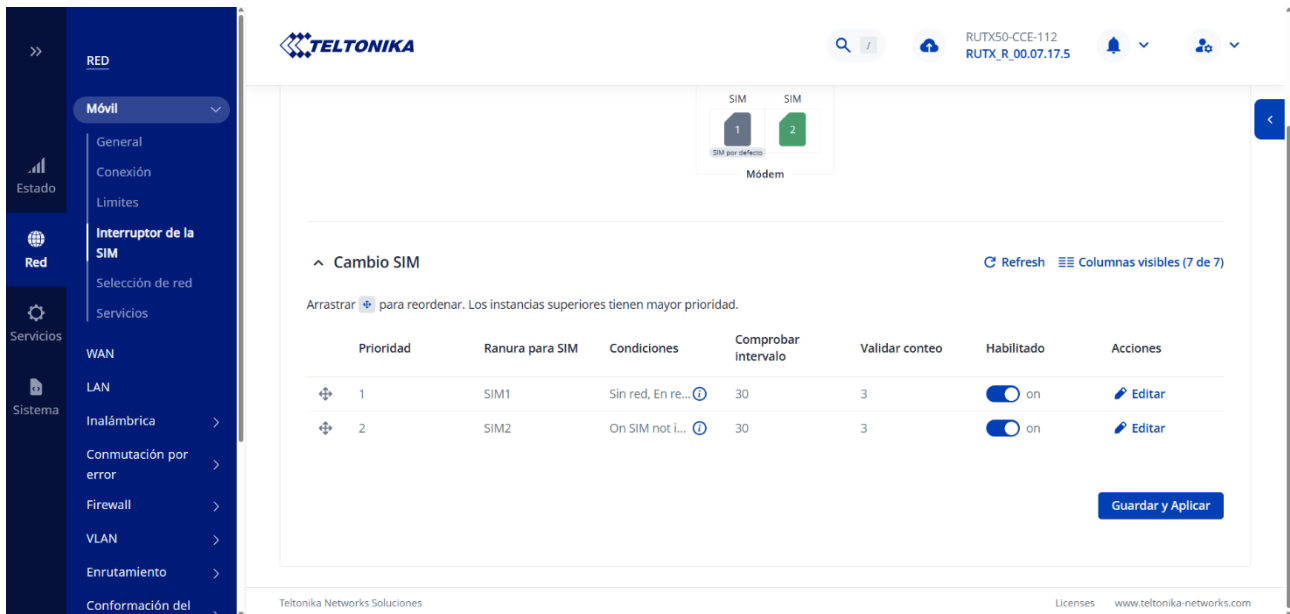
Este equipo cuenta con doble ranura SIM, lo que permite establecer reglas automáticas para que la conexión de datos cambie de una SIM a otra en función de determinadas condiciones. Para acceder a esta configuración, se debe ingresar al menú Red ubicado en la barra lateral izquierda y seleccionar Móvil, luego hacer clic en Interruptor de la SIM.

En esta sección se muestran las SIM disponibles, su prioridad y las condiciones que determinan cuándo debe realizarse el cambio automático. La interfaz permite definir la prioridad de uso arrastrando las SIM para asignar la primera y segunda opción de conexión. También se pueden establecer condiciones específicas, como la pérdida de conexión, consumo de datos o errores de red, que activarán la conmutación automática.

Además, es posible configurar intervalos de comprobación y número de intentos, lo que permite determinar cada cuánto tiempo se valida la conexión activa y cuántas veces se debe fallar antes de ejecutar el cambio de SIM. Esta funcionalidad garantiza que el servicio se mantenga disponible incluso si la SIM principal presenta fallos o interrupciones.



Una vez definidos los parámetros necesarios, se debe pulsar el botón “Guardar y Aplicar” para activar las reglas y asegurar el correcto funcionamiento de la conmutación automática.



### 13.4.2 Configuración failover MikroTik RB5009UPr+S+IN

Para documentar la configuración del mecanismo de conmutación automática se incorpora un procedimiento práctico realizado sobre un router MikroTik disponible en un entorno real de trabajo.

La configuración utilizada como referencia se desarrolló sobre una arquitectura formada por dos conexiones WAN. Por este motivo, las capturas incluidas en el procedimiento muestran únicamente las interfaces ether1 y ether2, correspondientes a una vía principal y una vía de respaldo.

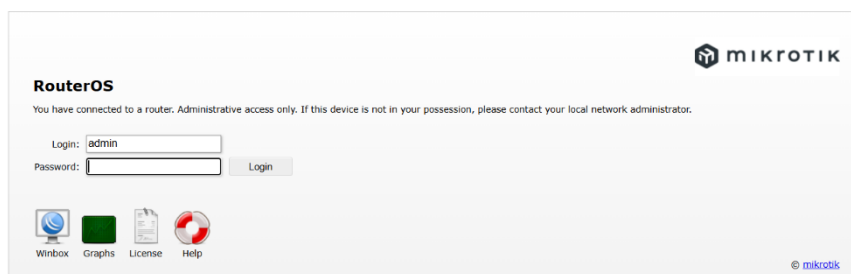
En el caso de estudio desarrollado en este TFG, la arquitectura de comunicaciones dispone de tres vías independientes: radioenlace, conexión móvil 4G/5G y conexión satelital Starlink. La incorporación de la tercera vía no modifica el principio de funcionamiento del procedimiento, sino que requiere repetir la configuración aplicada al segundo enlace, utilizando una tercera interfaz WAN, un destino de comprobación independiente y una distancia administrativa superior.

Dado que durante la elaboración del presente trabajo no se dispuso físicamente del tercer acceso conectado al equipo MikroTik, las capturas corresponden a la configuración real de dos enlaces. La ampliación a tres vías se desarrolla posteriormente como adaptación técnica al diseño propuesto y deberá comprobarse durante la puesta en servicio definitiva de la instalación.

Para iniciar la configuración del router **MikroTik**, se debe conectar un equipo directamente a uno de sus puertos LAN mediante un cable de red. Es importante que la interfaz de red del equipo esté configurada para obtener una dirección IP automáticamente o que cuente con una IP dentro del mismo rango de red del dispositivo.

Una vez establecida la conexión, se debe abrir un navegador web y escribir en la barra de direcciones la **IP asignada al router**, la cual puede variar según la configuración de cada equipo. Al acceder, aparecerá la página de inicio de sesión donde se solicitarán las credenciales de acceso correspondientes.

La contraseña utilizada en este paso es la previamente definida y establecida por la empresa para todos los equipos, por lo que deberá introducirse exactamente como fue asignada para poder acceder a la interfaz de



administración.

## 1. Configurar puertos 1 y 2 como interfaces WAN

El primer paso consiste en configurar los puertos 1 y 2 del router MikroTik como interfaces WAN, sin establecer todavía rutas por defecto. Esta configuración permitirá que ambas interfaces obtengan dirección IP mediante DHCP, pero sin interferir en la tabla de enrutamiento hasta que se definan las rutas recursivas más adelante.

Para realizar esta configuración, se debe acceder a la interfaz gráfica WebFig o al software WinBox y dirigirse al menú IP → DHCP Client. En esta

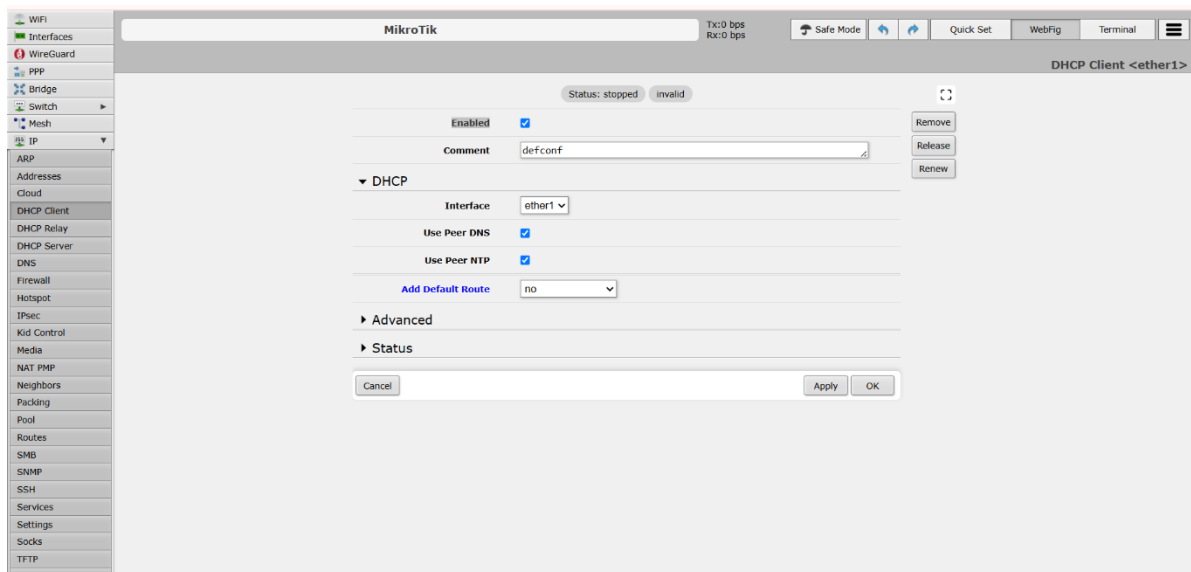
sección se añaden los puertos correspondientes a las conexiones de los distintos proveedores de Internet (por ejemplo, *ether1* y *ether2*).

En cada interfaz configurada, se debe marcar la opción Enabled para activarla y seleccionar el puerto correspondiente en el campo Interface. Las opciones Use Peer DNS y Use Peer NTP pueden dejarse habilitadas para que el router obtenga automáticamente los servidores DNS y NTP del proveedor.

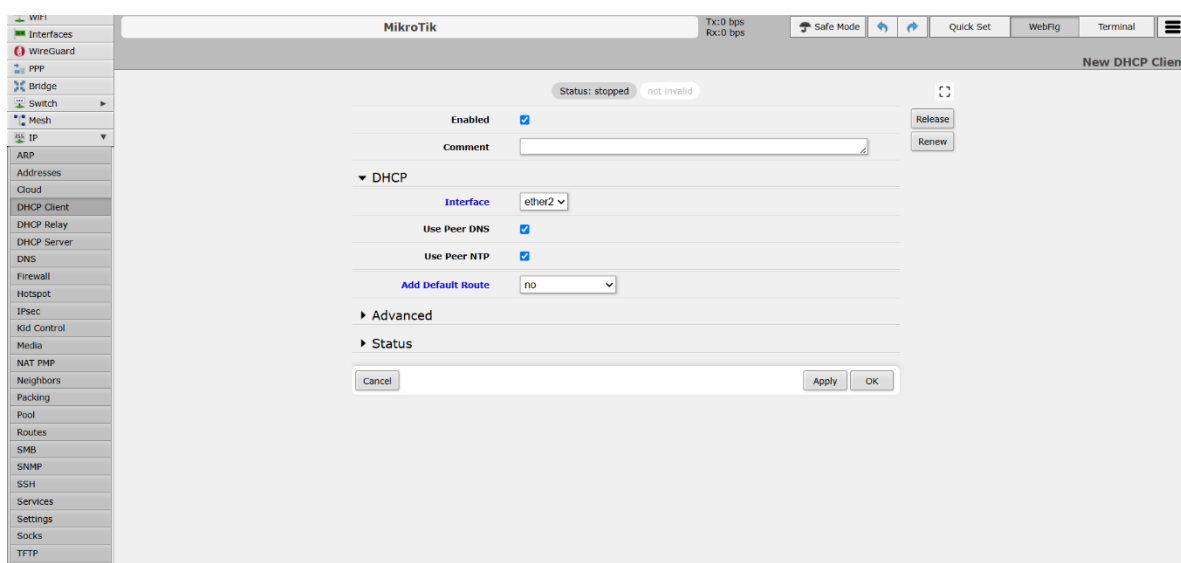
Es importante establecer el parámetro Add Default Route en “no”, ya que de esta manera el sistema no añadirá rutas predeterminadas de forma automática. Esto permite que las rutas se gestionen manualmente en el siguiente paso del procedimiento, garantizando un control total sobre el comportamiento de failover y la prioridad de los enlaces.

Una vez verificada la configuración, se debe presionar **Apply** y luego **OK** para guardar los cambios.

Puerto 1:



## Puerto 2:



## 2. Crear regla NAT para acceso a internet

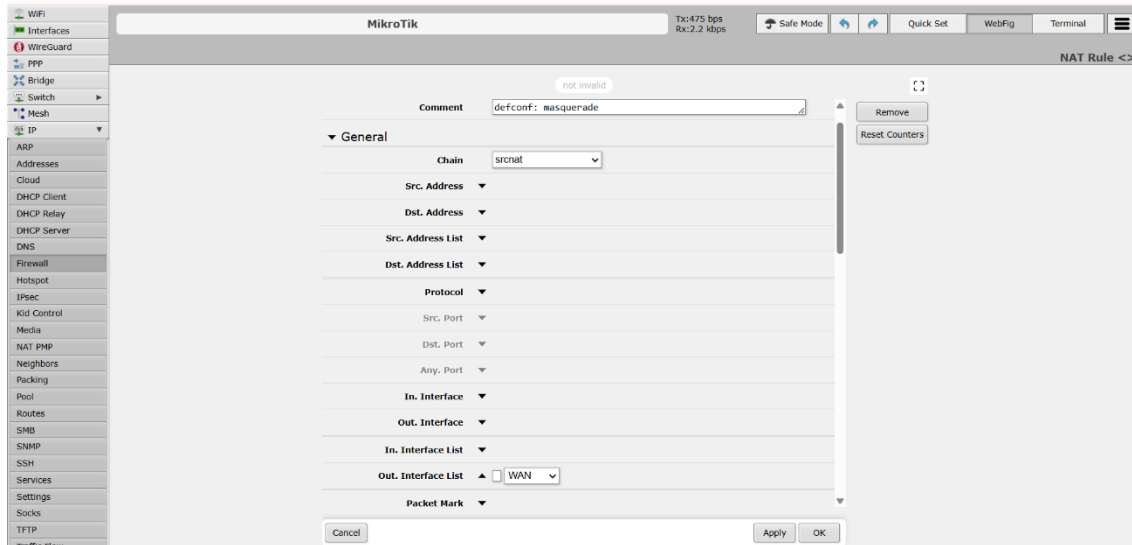
Una vez configuradas las interfaces WAN, es necesario crear una regla de traducción de direcciones de red (NAT) que permita a los dispositivos conectados al router acceder a Internet. Esta regla se encarga de enmascarar las direcciones IP internas de la red local, sustituyéndolas por la IP pública asignada por el proveedor al momento de salir a Internet.

Para realizar esta configuración, se debe acceder al menú IP → Firewall y seleccionar la pestaña NAT. Dentro de esta sección, se añade una nueva regla haciendo clic en el botón “+”.

En la pestaña General, se debe seleccionar la opción srcnat en el campo Chain, indicando que se trata de una regla de salida. Posteriormente, en el campo Out. Interface List, se selecciona la lista WAN, de modo que la regla se aplique únicamente al tráfico que salga por las interfaces configuradas como enlaces a Internet.

A continuación, se debe acceder a la pestaña Action y elegir la acción masquerade. Esta configuración permite que el router sustituya las direcciones IP privadas de los dispositivos locales por su propia IP pública, posibilitando así la navegación externa.

Finalmente, se debe presionar Apply y luego OK para guardar los cambios. Con esta regla NAT activa, cualquier equipo de la red local podrá acceder a Internet a través de las conexiones WAN configuradas.



### 3. Crear rutas para failover

Una vez configuradas las interfaces WAN y la regla NAT, el siguiente paso consiste en establecer las rutas recursivas, que permitirán al router detectar automáticamente la disponibilidad del enlace principal y, en caso de fallo, redirigir el tráfico hacia la conexión secundaria.

Para ello, se debe acceder al menú IP → Routes y añadir una nueva ruta mediante el botón “+”. En la ventana de configuración, se completan los siguientes campos:

En el apartado Dst. Address, se introduce una dirección IP pública accesible en Internet, por ejemplo 8.8.8.8, la cual servirá como destino para verificar la conectividad. En el campo Gateway, se debe introducir la dirección IP del router del proveedor principal, es decir, la puerta de enlace asignada a la interfaz WAN principal (ether1). Esta dirección varía según cada instalación y debe reemplazarse por la IP correspondiente en cada sede.

El valor Distance se establece en 1, indicando que esta ruta tendrá la mayor prioridad dentro de la tabla de enrutamiento. Los valores Scope y Target Scope pueden dejarse en 10, tal como se muestra en la imagen.

Scope: indica el nivel de “visibilidad” de la ruta dentro del router. Determina si una ruta puede ser utilizada como gateway para otras. En este caso se deja en 10, ya que las interfaces WAN son rutas directamente conectadas y deben estar disponibles para las rutas recursivas.

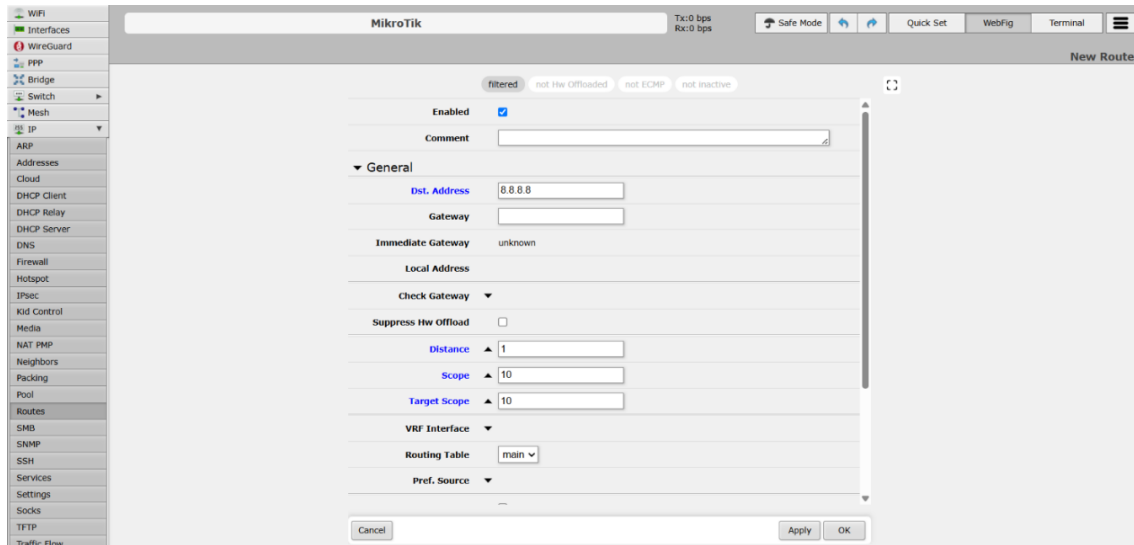
Target Scope: define hasta qué profundidad puede buscar el router para resolver el gateway de una ruta. Se mantiene también en 10 para que el sistema pueda utilizar sin limitaciones las rutas de las interfaces WAN al verificar la conectividad hacia los destinos configurados (por ejemplo, 8.8.8.8).

Estos valores pueden variar según el tipo de topología. Sin embargo, en configuraciones estándar de rutas recursivas para failover, ambos deben establecerse en 10.

No se recomienda usar valores mayores (por ejemplo, 20 o 30), ya que podrían impedir que el router identifique correctamente el gateway y provoquen fallos en la detección de enlace o en el cambio automático entre conexiones.

Finalmente, se recomienda activar la opción Check Gateway con el método ping, de modo que el router realice comprobaciones periódicas para confirmar la disponibilidad del enlace.

Una vez completados los datos, se debe presionar Apply y luego OK para guardar la ruta. Esta configuración permitirá al router determinar si la conexión principal se encuentra activa y utilizarla como vía principal de salida a Internet.



El siguiente paso consiste en crear la ruta recursiva correspondiente al enlace secundario, que servirá como conexión de respaldo en caso de caída de la línea principal. Esta configuración permitirá que el router redirija automáticamente el tráfico hacia el segundo proveedor cuando el primero deje de responder.

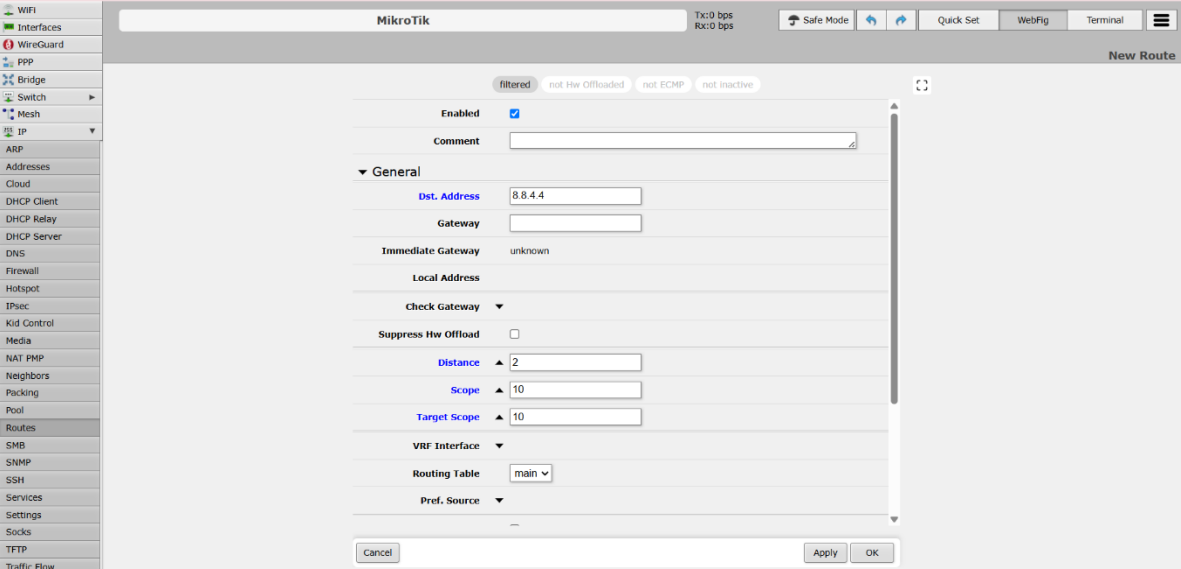
Para realizarlo, se debe acceder nuevamente al menú IP → Routes y añadir una nueva ruta mediante el botón “+”.

En el campo Dst. Address, se introduce otra dirección IP pública de referencia, en este caso 8.8.4.4, utilizada para verificar la disponibilidad del enlace de respaldo. En el campo Gateway, se debe escribir la dirección IP del router del segundo proveedor de Internet, correspondiente a la interfaz WAN secundaria (ether2). Esta IP variará en función de la configuración local de cada sede.

El valor Distance se debe establecer en 2, indicando al sistema que esta ruta tiene menor prioridad que la principal y solo será utilizada cuando el enlace principal (Distance 1) deje de estar disponible. Los parámetros Scope y Target Scope se mantienen en 10.

Al igual que en la ruta anterior, se recomienda habilitar la opción Check Gateway con el método ping, de modo que el router supervise de manera continua la conectividad hacia el destino configurado.

Finalmente, se presiona Apply y luego OK para guardar los cambios. Con esta configuración, el router cambiará automáticamente al enlace secundario si detecta la pérdida de conectividad en la ruta principal, garantizando así la continuidad del acceso a Internet.



### Adaptación del procedimiento a tres vías de comunicación

Para adaptar la configuración anterior a la arquitectura propuesta en el proyecto, se asignarán las conexiones al router MikroTik conforme a la siguiente prioridad:

| Prioridad | Vía de comunicación         | Interfaz propuesta | Distancia |
|-----------|-----------------------------|--------------------|-----------|
| 1         | Radioenlace principal       | ether1             | 1         |
| 2         | Conexión móvil 4G/5G        | ether2             | 2         |
| 3         | Conexión satelital Starlink | ether3             | 3         |

La tercera conexión se configurará añadiendo la interfaz ether3 como cliente DHCP y estableciendo el parámetro Add Default Route en «no», al igual que en las otras interfaces WAN. También deberá incorporarse ether3 a la lista



de interfaces WAN, de forma que la regla NAT de tipo masquerade se aplique igualmente al tráfico que salga mediante Starlink.

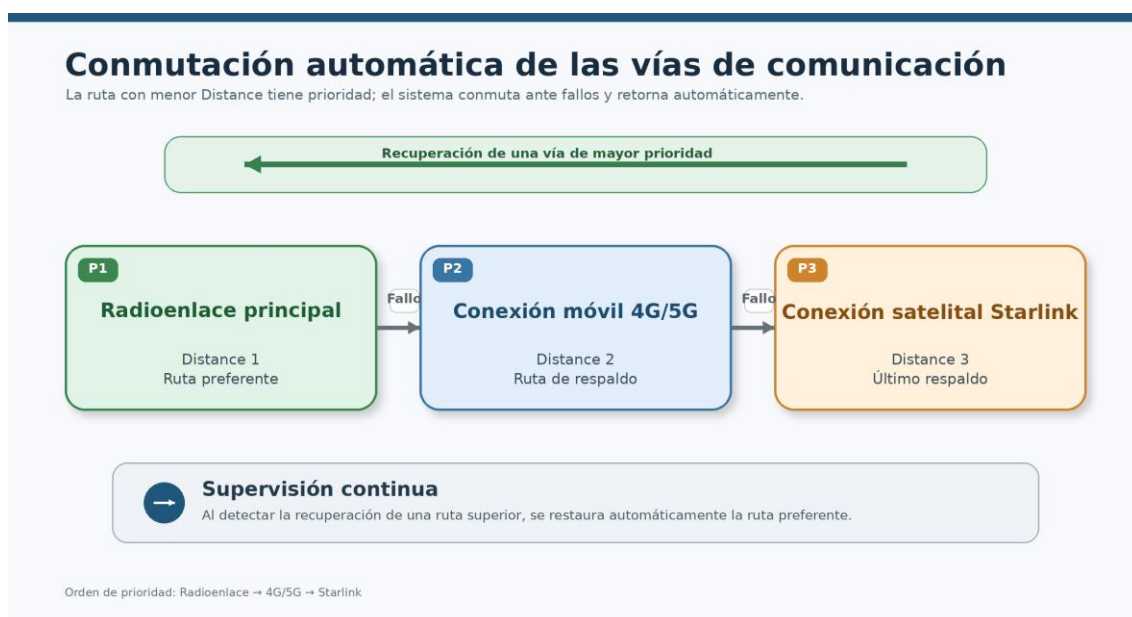
Posteriormente, se creará una nueva ruta de comprobación asociada exclusivamente a la tercera conexión. Para ello se utilizará una dirección IP pública diferente de las empleadas por los enlaces anteriores y como puerta de enlace se configurará la dirección proporcionada por el equipo Starlink. La correspondiente ruta recursiva se establecerá con una distancia administrativa de 3 y con el mecanismo de comprobación mediante ping.

Una posible distribución de los destinos de comprobación sería:

| Vía         | Dirección de comprobación | Distancia |
|-------------|---------------------------|-----------|
| Radioenlace | 8.8.8.8                   | 1         |
| 4G/5G       | 8.8.4.4                   | 2         |
| Starlink    | 1.1.1.1                   | 3         |

Las direcciones anteriores son orientativas y podrán sustituirse por otros destinos públicos estables durante la implantación definitiva.

El funcionamiento resultante será:



De este modo, el router utilizará normalmente el radioenlace. Si esta vía deja de responder, el tráfico se redirigirá hacia la conexión 4G/5G y, si también se pierde dicha conexión, se activará Starlink. Cuando se recupere una vía con menor distancia administrativa, el router volverá automáticamente a utilizarla como conexión preferente.

La configuración definitiva deberá validarse durante la puesta en servicio, comprobando las puertas de enlace asignadas por cada equipo, la resolución de las rutas recursivas, los tiempos de detección y el retorno automático a la vía principal.

## 14 REFLEXIÓN Y VALORACIÓN PERSONAL

La realización de este Trabajo Fin de Grado me ha permitido ampliar especialmente mis conocimientos sobre la normativa vigente en materia de seguridad, tanto en lo relativo al diseño de las instalaciones como a los procedimientos de actuación establecidos en el ámbito de la seguridad privada. Este aspecto ha resultado especialmente útil, ya que me ha permitido comprender que un sistema de seguridad no debe limitarse únicamente a la selección de equipos, sino que también debe diseñarse teniendo en cuenta los requisitos normativos y los protocolos de respuesta aplicables ante una incidencia.

La parte que mayor dificultad me ha planteado ha sido el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica y del sistema de almacenamiento mediante baterías. Aunque durante la carrera se estudian los fundamentos relacionados con la generación eléctrica, este proyecto ha requerido profundizar en aspectos como la demanda energética, la autonomía necesaria, las pérdidas del sistema y la compatibilidad entre paneles, baterías e inversor. A pesar de su complejidad, considero que esta parte ha sido una de las que más aprendizaje me ha aportado.

Uno de los aspectos que más me ha interesado del proyecto ha sido la posibilidad de combinar dos ámbitos que me resultan especialmente atractivos: la seguridad física y las telecomunicaciones. Además, el trabajo ha permitido integrar conocimientos procedentes de distintas áreas del grado, como redes de comunicaciones, comunicaciones móviles, radioenlaces y electrotecnia. Esta visión multidisciplinar ha supuesto un reto, pero también ha permitido aplicar contenidos de diferentes asignaturas dentro de una única solución técnica, entendiendo mejor la relación existente entre todos los subsistemas.

La valoración personal del resultado final es muy positiva, ya que considero que se ha obtenido una propuesta completa, coherente y técnicamente aplicable a una instalación real. Como principal mejora, habría resultado especialmente interesante poder implementar el sistema en un entorno físico y realizar pruebas de funcionamiento sobre la totalidad de la arquitectura diseñada. Esta implantación habría permitido validar experimentalmente la

conmutación entre las distintas vías de comunicación, la autonomía energética y la integración de los equipos. No obstante, aunque el proyecto se haya desarrollado principalmente desde un punto de vista teórico, las soluciones planteadas responden a tecnologías y procedimientos reales, por lo que considero que el diseño propuesto podría servir como base para una futura ejecución práctica.