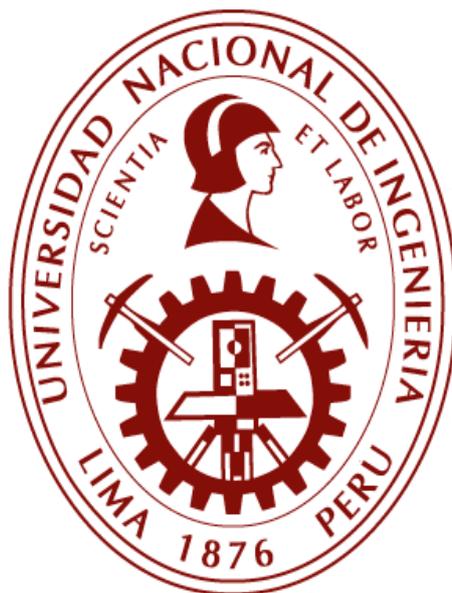


Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Implementación de un sistema unificado detector de tormentas eléctricas para una compañía minera en el departamento de Apurímac

Para obtener el título profesional de Ingeniero Electrónico

Elaborado por

Juan Carlos Quillas Fiestas

 [0000-0002-8740-2170](https://orcid.org/0000-0002-8740-2170)

Asesor

Dr. Ricardo Humberto Núñez Carrillo

 [0000-0003-4777-7282](https://orcid.org/0000-0003-4777-7282)

LIMA – PERÚ

2023

Citar/How to cite	Quillas Fiestas [1]
Referencia/Reference	[1] J. Quillas Fiestas, " <i>Implementación de un sistema unificado detector de tormentas eléctricas para una compañía minera en el departamento de Apurímac</i> " [Trabajo de Suficiencia Profesional]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2023.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Quillas, 2023)
Referencia/Reference	Quillas, J. (2023). <i>Implementación de un sistema unificado detector de tormentas eléctricas para una compañía minera en el departamento de Apurímac</i> . [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

A mis padres Juan y Asteria, por su guía, buenos consejos y constante apoyo. A mi esposa July por darme aliento cuando más lo necesitaba. A mis hijos Matías y Camila por ser mi motivo. A mis hermanos Juan Manuel y Denisse por estar siempre dispuestos a ayudarme.

Agradecimientos

Primero mi agradecimiento a Dios por brindarme la oportunidad de seguir avanzando en mi desarrollo profesional, a mi familia por estar siempre a mi lado dándome palabras de aliento para seguir adelante. Un agradecimiento especial a mi asesor Ricardo Humberto Nuñez Carrillo, quien estuvo atento al desarrollo y avance del proyecto, dando el mejor consejo y guía para lograr el objetivo de culminar el proceso de redacción del informe de suficiencia.

Resumen

La integración de los dos sistemas diferentes, de detección de tormentas eléctricas y de notificación de advertencias, interconectados a través de un PLC industrial, del departamento de salud y seguridad de una Compañía Minera, ubicada en el distrito de Challhuahuacho, provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac, no opera correctamente. El presente trabajo se realizó durante el año 2018, y en él se detallan las principales actividades realizadas para la puesta en marcha de una plataforma unificada, para detección de eventos eléctricos, donde se integra un sensor de campo eléctrico CS110 Campbell Scientific al sistema de campo magnético Strike Guard. Para el monitoreo de eventos eléctricos la plataforma unificada funciona con su propia tecnología visual mostrando constantemente los registros de ambos sensores en tiempo real, reduciendo drásticamente los posibles errores de interpretación de los operadores de centro de control. Al ser detectada una tormenta por uno de los dos sensores, Strike Guard ó CS110, siendo un sistema unificado, la alerta es enviada y activada sin que un operador lo asista físicamente, brindando al personal de operaciones una mayor seguridad.

Palabras clave – tormenta eléctrica, detector de tormentas, compañía minera, monitoreo

Abstract

The integration of the two different systems, electrical storm detection and warning notification, interconnected through an industrial PLC, of the health and safety department of a Mining Company, located in the district of Challhuahuacho, province of Cotabambas, department of Apurímac, does not operate correctly. The present work was carried out during the year 2018, and it details the main activities carried out for the implementation of a unified platform for the detection of electrical events, where a Campbell Scientific CS110 electric field sensor is integrated into the field system. Magnetic Strike Guard. For the monitoring of electrical events, the unified platform works with its own visual technology, constantly showing the records of both sensors in real time, drastically reducing possible interpretation errors by control center operators. When a storm is detected by one of the two sensors, Strike Guard or CS110, being a unified system, the alert is sent and activated without an operator physically assisting him, providing operations personnel with greater security.

Keywords – thunderstorm, storm detector, mining company, monitoring

Tabla de Contenido

Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Tabla de Contenido	vii
Lista de Tablas	ix
Lista de Figuras	x
Introducción	xiii
Capítulo I Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Descripción del problema de investigación	3
1.2.1 Situación problemática	3
1.2.2 Problema por resolver	4
1.3 Objetivos del estudio.....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.3.3 Indicadores de logro de los objetivos.....	5
1.4 Antecedentes investigativos	6
1.4.1 Antecedentes internacionales	6
1.4.2 Antecedentes nacionales	8
Capítulo II Marco teórico y conceptual.....	11
2.1 Marco Teórico.....	11
2.1.1 Tormentas eléctricas	11
2.1.2 Estructura eléctrica de una tormenta	12
2.1.3 Electrificación de las nubes de tormentas.....	13
2.1.4 Formación y evolución de tormentas eléctricas.....	17
2.1.5 Georreferenciación	22
2.1.6 Detección de tormentas eléctricas	22
2.1.7 Sistema de alerta temprana (SAT).....	28
2.2 Marco Conceptual	31
2.2.1 Descargas eléctricas	31
2.2.2 Tormentas eléctricas en la minería	33
2.2.3 Evaluación de riesgos.....	34
2.2.4 Detectores de tormenta eléctrica	35
2.2.5 Sistemas de monitoreo.....	40
2.2.6 Sistema de alerta temprana (SAT).....	44
Capítulo III Desarrollo del trabajo de investigación	47

3.1 Descripción del Proyecto	47
3.1.1 Antecedentes	47
3.1.2 Ubicación del Proyecto.....	51
3.2 Sistemas Instalados	60
3.2.1 Sistema Strike Guard.....	60
3.2.2 Sistema Atstorm.....	76
3.2.3 Bocinas Federal Signal.....	88
3.3 Requerimientos del Sistema	91
3.3.1 Requerimientos de la Compañía Minera.....	91
3.3.2 Consideraciones para el Diseño	94
3.4 Diseño Propuesto	95
3.4.1 Sistema Strike Guard CS110	95
3.4.2 Descripción del Sistema Propuesto	122
3.4.3 Sitios de sensor	129
3.4.4 Sistema de Notificación – Estaciones de Alarma	147
3.4.5 Software de Monitoreo.....	155
3.4.6 Consideraciones Especiales del Diseño	156
3.4.7 Topología del Sistema.....	160
3.5 Costos y Presupuesto	162
Capítulo IV Análisis y discusión de resultados	163
4.1 Beneficios de la Solución Propuesta	163
4.2 Cumplimiento de Requerimientos y Consideraciones de Diseño	165
4.2.1 De los requerimientos de la Compañía Minera.....	165
4.2.2 De los requerimientos del sistema	165
Conclusiones	168
Recomendaciones.....	170
Referencias bibliográficas	171
Anexos	178
Anexo 1 Características de principales equipos.....	1

Lista de Tablas

Tabla 1	Objetivos, indicadores y métrica	6
Tabla 2	Clasificación de sistemas de medición	22
Tabla 3	Ubicación de Sensores del Sistema Inicial.....	51
Tabla 4	Distancia entre sensores.....	52
Tabla 5	Coordenadas del punto central de cada zona de interés.....	54
Tabla 6	Distancia de la coordenada al sitio del sensor	57
Tabla 7	Distancia de los puntos más alejados al sitio del sensor	59
Tabla 8	Componentes del sistema Strike Guard Indoor	60
Tabla 9	Componentes del sistema Strike Guard Outdoor.....	61
Tabla 10	Componentes del sistema Atstorm Indoor.....	76
Tabla 11	Componentes del sistema Atstorm Outdoor	76
Tabla 12	Equipos ATStorm Indoor	82
Tabla 13	Equipos ATStorm Outdoor	82
Tabla 14	Equipos ATStorm outdoor	85
Tabla 15	Niveles y estados de peligro	98
Tabla 16	Niveles de peligro	118
Tabla 17	Coordenadas de cada sitio de sensor propuesto	122
Tabla 18	Distancia entre cada estación	124
Tabla 19	Equipamiento de la estación de detección de tormentas Surphuy	131
Tabla 20	Equipamiento de la estación de detección de tormentas Planta-new.....	135
Tabla 21	Equipamiento de la estación de detección de tormentas Evelyn-new.....	139
Tabla 22	Equipamiento de la estación de detección de tormentas Antawasi-new ...	144
Tabla 23	Equipamiento para implementación de EDT XP-Camp	146
Tabla 24	Coordenadas referenciales del punto central de cada una de las zonas ..	147
Tabla 25	Distancia de la coordenada referencial a sitio de sensor.....	149
Tabla 26	Distancia de puntos más alejados a cada sitio de sensor.....	150
Tabla 27	Cobertura óptima de las áreas o zonas de interés.....	152
Tabla 28	Estimación de estaciones de alarma por cada zona o área de interés.....	155
Tabla 29	Resumen de costos y presupuesto.....	162
Tabla 30	Cumplimiento de requerimientos de Compañía Minera	166
Tabla 31	Cumplimiento de requerimientos del sistema.....	167

Lista de Figuras

Figura 1	Zona Tropical	11
Figura 2	Nube de tormenta.....	13
Figura 3	Formación de tormentas eléctricas.....	14
Figura 4	Gota de lluvia	15
Figura 5	Esquema de la transferencia de cargas	16
Figura 6	Formación de tormentas	17
Figura 7	Nube con carga tripolar.....	18
Figura 8	Etapas de formación de nubes de tormenta.....	20
Figura 9	Procesos en descargas nube a tierra	21
Figura 10	Radio de detección de sensores por radiofrecuencia	23
Figura 11	Campo eléctrico y densidad de corrientes de Maxwell	25
Figura 12	Variación del campo eléctrico durante una tormenta	25
Figura 13	Localización de tormentas por método de molinos de campo	26
Figura 14	Campo magnético originado por rayo.....	28
Figura 15	Alarma de tormenta con señalización.....	29
Figura 16	Arquitectura de un sistema de detección de tormentas eléctricas.....	30
Figura 17	Sistema de monitoreo.....	30
Figura 18	Campo eléctrico entre nube y tierra	31
Figura 19	Proceso de descarga eléctrica.....	32
Figura 20	Tormentas en minería	33
Figura 21	Parada de planta	34
Figura 22	Incendio en una instalación industrial	35
Figura 23	Molino de campo electrostático.....	36
Figura 24	Sensor CS110	37
Figura 25	Detección de tormenta por CS110.....	38
Figura 26	Sensor SG000	39
Figura 27	Software StreView	40
Figura 28	Ubicación de sensores de campo eléctrico	41
Figura 29	Red de sensores Strike Guard.....	42
Figura 30	Fibra óptica Strike Guard	44
Figura 31	Convertidor RS232 a fibra óptica	44
Figura 32	Tipos de amenazas por proximidad de rayos.....	46
Figura 33	Ubicación y distancia entre los sensores.....	53
Figura 34	Áreas de interés de la Compañía Minera	55
Figura 35	Ubicación de la estación Surphuy.....	62

Figura 36	Diagrama del sistema Strike Guard actual en la estación Surphuy	63
Figura 37	Vista del sensor Strike Guard en la estación Surphuy	64
Figura 38	Vista del equipamiento indoor en gabinete Bulkhead de Surphuy.....	64
Figura 39	Vista del sensor Strike Guard y equipo servidor de Surphuy.....	65
Figura 40	Ubicación de estación en Planta Concentradora.....	67
Figura 41	Diagrama del sistema Strike Guard instalado en Planta Concentradora.....	68
Figura 42	Vista de sensor Strike Guard y antena Tx Planta Concentradora	69
Figura 43	Vista de la antena Tx en Planta Concentradora	69
Figura 44	Vista gabinete WxEIB de estación Planta Concentradora	70
Figura 45	Detalles interior gabinete WxEIB y servidor Strike View	71
Figura 46	Ubicación de estación Strike Guard en Evelyn.....	73
Figura 47	Diagrama del sistema Strike Guard en estación Evelyn	74
Figura 48	Container del equipamiento indoor en estación Evelyn	75
Figura 49	Vista del equipamiento indoor en gabinete Bulkhead	75
Figura 50	Vista del sensor, gabinete Bulkhead y servidor Strike View	76
Figura 51	Ubicación de estación de Bombeo N°2 - Truck Shop	78
Figura 52	Estación ATStorm en estación de Bombeo N°2 - Truck Shop.....	79
Figura 53	Vista completa de estación ATStorm en estación de Bombeo N°2	80
Figura 54	Ubicación de estación ATStorm en campamento Antawasi.....	83
Figura 55	Vista del gabinete de equipos indoor y software ATStorm.....	84
Figura 56	Vista de sensor ATStorm en oficina de Centro de Control Antawasi.....	84
Figura 57	Vista de interior del gabinete de equipos indoor ATStorm	85
Figura 58	Ubicación de estación ATStorm Campamento XP.....	86
Figura 59	Vista de estación ATStorm de Campamento XP.....	87
Figura 60	Bocina Federal Signal en campamento Antawasi	88
Figura 61	Sistema Strike Guard CS110	96
Figura 62	Software Strike View, versión para SG&CS110	96
Figura 63	Equipamiento de Sistema Strike Guard.....	99
Figura 64	Gabinete Bulkhead WxEIB standard	100
Figura 65	Sensor de campo eléctrico CS110.....	102
Figura 66	Convertidor de fibra óptica Serial RS232.....	103
Figura 67	Software Strike View	105
Figura 68	Strike View Server y clientes conectados a través de red LAN	108
Figura 69	Múltiples sitios de sensor con Strike View Servers y clientes	109
Figura 70	Equipo transmisor WAVE Transmitter	111
Figura 71	Estaciones de alarmas WAVE Siren.....	114
Figura 72	Equipo Sequencer	115

Figura 73	Sistema WAVE Siren & Strike Guard CS110	119
Figura 74	Ubicación propuesta de los sitios de sensor y radios de 5 Km	123
Figura 75	Ubicación de sitios de sensor y representación de distancia entre ellos ...	126
Figura 76	Sensores instalados en una misma ubicación.....	127
Figura 77	Sensores instalados en ubicaciones diferentes.....	128
Figura 78	Diagrama de conexiones estación Surphuy	132
Figura 79	Diagrama de conexiones estación Planta-new.....	136
Figura 80	Diagrama de conexiones estación Evelyn-new	140
Figura 81	Diagrama de conexiones estación Antawasi-new	143
Figura 82	Zonas o áreas de interés a ser cubiertas en la compañía minera	148
Figura 83	Sistema Strike Guard CS110 y WAVE Siren.....	153
Figura 84	Topología del sistema de Detección de Tormentas	161

Introducción

El presente trabajo detalla las actividades para la puesta en marcha de una plataforma unificada, para detección de eventos eléctricos, donde se integra un sensor de campo eléctrico CS110 Campbell Scientific al sistema de campo magnético Strike Guard, para una Compañía Minera, ubicada en el distrito de Challhuahuacho, provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac, con operación localizada a unos 75 km en dirección sur oeste de la ciudad del Cusco y aproximadamente a 215 km por carretera de dicho punto de la provincia de Apurímac.

Así también, se detallan los requerimientos técnicos y específicos de la Compañía Minera, recogidos en las diferentes visitas de campo realizadas previas al inicio del proyecto, así como los detalles del proceso de instalación y puesta en marcha, de tal forma que al ser detectada una tormenta por uno de los dos sensores, Strike Guard ó CS110, en el nuevo sistema unificado, envía y activa una alerta sin que un operador lo asista físicamente, brindando al personal de operaciones mayor seguridad.

Finalmente se presenta un análisis de los resultados, el cual se refleja en las recomendaciones y conclusiones obtenidas. El desarrollo del presente trabajo se divide en cuatro capítulos, los cuales se detallan a continuación:

- Capítulo I: Introducción
- Capítulo II: Marco teórico y conceptual
- Capítulo II: Desarrollo del trabajo de suficiencia
- Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados

Capítulo I Parte introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

Las tormentas eléctricas son un tipo de fenómeno meteorológico que genera mucho temor por su peligrosidad y el ruido que produce. Estas se manifiestan a través de lluvias muy intensas acompañadas de truenos, rayos y relámpagos. Para la industria minera es de mucha importancia el estar preparados para enfrentar los desafíos que generan los fenómenos climatológicos y las consecuencias que genera en las personas y los procesos propios de la industria. Son cerca de tres millones de descargas eléctricas diarias en el mundo, un promedio de 44 por segundo es por ello la importancia de contar con un sistema de protección contra descargas atmosféricas para controlar estos fenómenos, (Osinergmin, 2020).

ONU (2019), junto a doce organizaciones internacionales en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático realizaron una alianza para fortalecer el desarrollo de las capacidades de información que tienen los países más vulnerables sobre los climas como sistemas de prevención meteorológica, hidrológica y climática de calidad, así como estrategias y servicios de alerta temprana que permitirán salvar vidas, propiedades y medios. El presente de la Asamblea General de la ONU Muhammad-Bande llamo a la acción por parte de la ciencia a actuar de manera nacional y mundial tomando en cuenta que en estos últimos cinco años han provocado pérdidas por 572 millones de dólares por condiciones climatológicas.

Según la Organización Internacional del Trabajo (2020), en su repertorio de Seguridad y Salud en las Minas a Cielo Abierto brinda recomendaciones respecto a las buenas prácticas sobre los trabajos en tiempo de tormenta indicando que al presentarse esta condición climatológica, determinadas actividades deberían detenerse como el tendido eléctrico ya que se presenta el peligro de una descarga eléctrica, los trabajos en puentes, debido a que la reducción de la visibilidad por la niebla y de llegarse a presentar indicios de tormenta las actividades como preparación de cargas de detonadores o partes

eléctricas, estas actividades deberían detenerse inmediatamente debido a la presencia de cargas estáticas o corrientes parásitas.

La Organización Mundial Meteorológica - OMM (2022), en un comunicado de prensa indicó que el relámpago puede recorrer largas distancias y es un peligro meteorológico importante que cobra muchas vidas cada año, por lo cual las mejoras en su detección y vigilancia ayudará a mejorar la seguridad. Así mismo mencionó que las mejoras en la teledetección de relámpagos han permitido que se detecten extremos que son inobservables considerando que la máxima distancia detectada de un relámpago era de 768 km en distancia horizontal para relámpagos de alta frecuencia y la máxima duración detectada es de 17,102 segundos en el año 2020. El especialista Ron Holle señaló que los relámpagos no son eventos aislados, sino que ocurren durante las tormentas eléctricas activas.

Según INEI (2018), en el Perú existe un alto grado de ocurrencia de eventos extremos y desastres naturales debido a su ubicación en el cinturón del fuego del pacífico y la ocurrencia cíclica del Fenómeno del niño causante de intensas lluvias. Durante el año 2017 se produjeron 7 382 emergencias a nivel nacional por eventos naturales y antrópicos del cual 85.9% fueron ocasionadas por desastres naturales de las cuales 52 fueron por tormentas eléctricas, en el mismo año se totalizaron 228 personas fallecidas donde 10 de ellas por causas de tormentas eléctricas. Apurímac ocupó el tercer lugar en la lista con 568 emergencias.

Según Osinermin (2019), en el Análisis Estadístico de Seguridad y Compendio Ilustrativo de Accidentes en el Sector de Mediana Minería y Gran Minería 2019 indicó que las empresas mineras han reportado 23 eventos con 25 víctimas por accidentes mortales cuyo número fue mayor al año anterior que fue de 19 eventos y 23 víctimas, lo cual indica que se debe mejorar la gestión de la seguridad de parte de los directivos y trabajadores. Según la clasificación de tipos de accidentes mortales en el periodo 2007 al 2019 han ocurrido 3 muertes por caída de rayo debido a exposición o contacto con tormentas eléctricas.

El Ministerio de Energía y Minas - MINEM (2020), en el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo (RESESATE) establece que en la supervisión de los trabajos con electricidad deben considerarse de manera prioritaria la detección y control de riesgos, vigilando el cumplimiento de las normas y procedimientos de seguridad, por lo cual al presentarse un peligro inminente por casos de lluvias, tormentas eléctricas, entre otros; se deben suspender las actividades ya que es una amenaza a la salud e integridad de los trabajadores o personas circundantes.

La norma IEC 62793 sobre Protección contra rayos – Sistemas de alerta de tormentas clasifica los dispositivos de detección de tormentas, donde indica que según la fase de la tormenta un detector de tormentas eléctricas puede detectar uno o varios fenómenos. En la tabla nos indica que empleando la técnica MDF son detectables las cargas en movimiento; estos sensores operan a una muy baja frecuencia y tienen largo alcance de detección, así mismo en la combinación de las técnicas MDF y TOA se puede detectar la radiación electromagnética a distancias de 600 km a 800 km con una alta precisión de localización.

1.2 Descripción del problema de investigación

En el presente apartado se describe la situación problemática que es motivo del presente informe, considerando el enunciado del problema a resolver por la implementación del presente proyecto.

1.2.1 Situación problemática

La Compañía Minera, mantiene operaciones de explotación minera en el distrito de Challhuahuacho, de la provincia de Cotabambas, en el departamento de Apurímac; la operación se encuentra localizada a unos 75 km en dirección sur oeste de la ciudad del Cusco y aproximadamente a 215 km por carretera de dicho punto.

Inicialmente el departamento de salud y seguridad de la Compañía Minera disponía de dos sistemas diferentes de detección de tormentas eléctricas y de notificación de advertencias, en las marcas Strike Guard y ATStorm. El sistema Strike Guard emplea un sensor de campo magnético con coincidencia-óptica que detecta descargas eléctricas atmosféricas (rayos) del tipo nube-nube y nube-tierra, dentro de un radio de 20 millas (32 Km), y el sistema ATStorm emplea un sensor de campo eléctrico. Estos sistemas se encuentran interconectados a través de un PLC industrial, empleando además diferentes enlaces de radio. Cada sistema dispone de un software propio, los cuales son monitoreados por el personal de seguridad ubicado en el centro de control de seguridad interna en Antawasi, y emiten las alertas a través de mensajes de correo electrónico, comunicaciones por radio y sirenas (estaciones de alarma) ubicadas a lo largo de la mina.

La integración del sistema ATStorm con el sistema Strike Guard, no estaba operando adecuadamente, motivo por el cual la Compañía Minera solicitó rediseñar el sistema actual, empleando un sensor de campo eléctrico (Field Meter) que si se pueda integrar con el sensor Strike Guard de manera natural y confiable (compatibilidad en la interconexión, recolección y administración de datos, monitoreo del estado de los instrumentos y del estado de las alarmas).

1.2.2 Problema por resolver

La detección y notificación oportuna de tormentas eléctricas, para asegurar la operación de la compañía minera, así como la integridad de los colaboradores que desarrollan actividades en mina.

1.3 Objetivos del estudio

1.3.1 *Objetivo general*

Implementar un sistema unificado de detección y notificación de advertencias de tormentas eléctricas en una Compañía Minera del departamento de Apurímac, para disminuir el tiempo de respuesta del sistema actual.

1.3.2 *Objetivos específicos*

Evaluar el sistema inicial de detección de tormentas, así como su equipamiento y operación, utilizado por una Compañía Minera ubicada en el departamento de Apurímac.

Cumplir los requerimientos de la Compañía Minera, así como los requisitos técnicos necesarios para el diseño e implementación de un sistema de detección de tormentas y notificación de advertencias para una Compañía Minera ubicada en el departamento de Apurímac.

Implementar y poner en marcha un sistema de detección de tormentas y notificación de advertencias en una Compañía Minera ubicada en el departamento de Apurímac.

1.3.3 *Indicadores de logro de los objetivos*

En la tabla 1 se describen los indicadores que permitirán medir el logro de cada uno de los objetivos del presente trabajo, así como la métrica a utilizar.

Tabla 1*Objetivos, indicadores y métrica*

Objetivo específico	Indicador de logro	Métrica
Evaluar el sistema inicial de detección de tormentas, así como el equipamiento y operación.	Evaluación del sistema inicial	Porcentaje de operatividad y satisfacción
Cumplir los requerimientos de la compañía minera y requisitos técnicos.	Recopilación de información	Porcentaje de cumplimiento
Implementar y poner en marcha un sistema de detección de tormentas y notificación de advertencias.	Implementación del nuevo sistema	Porcentaje de operatividad

Nota: elaboración propia

1.4 Antecedentes investigativos

En el siguiente apartado se hacen referencia a investigaciones nacionales e internacionales que guardan relación con el tema tratado en el presente informe y aportan de manera significativa al mismo.

1.4.1 Antecedentes internacionales

Lopez (2011), realizó una investigación donde se evalúa los registros en las mediciones de variación de los campos eléctricos ambientales en actividad atmosférica como parte de una metodología empleada en el desarrollo de alarmas preventivas de ocurrencias de rayos como los molinos de campo eléctrico (Electric Field Mill – EFM). Esta investigación nos permite conocer el fundamento teórico respecto a la detección temprana de descargas atmosféricas en presencia de tormenta eléctrica permitiendo optar por sensores de detección de campo electrostático ya que presentan una detección temprana de la variación del campo eléctrico generado por la electrificación de nubes de tormenta.

Magina et. al (2014), realiza un paper donde se presentan los sensores EFM CS110 como una solución alternativa debido a su mejor rendimiento de error en bajas frecuencias (LF) respecto al molino de campo de paleta giratorio Valsala EFM550 debido al campo cero. Así mismo el modelo EFM CS110 presenta una interfaz RS232 que permite integrar

con un módulo de recopilación y procesamiento de datos, esto le permite integrarse a un modem celular de comunicaciones GSM/3G, EDGE, GPRS y GSM aprovechando la señal local del operador móvil; el envío de datos se realiza mediante el protocolo RS232 a 1200 bps. Los datos deben ser registrados y son transmitidos mediante el protocolo FTP el cual debe ser decodificado empleando un software de monitoreo en tiempo real. Este artículo nos proporciona información respecto a la ingeniería de adquisición y transmisión de datos para un EFM y data logger lo cual permitirá mediante una red LAN o WAN llevar la información a centros de monitoreo y gestión.

Inampué (2014), realiza un análisis de resultados de los dispositivos empleados en la detección de tormentas eléctricas, así como su clasificación basado en la fase de tormenta que puedan identificar tomando en cuenta la norma EN50536 así mismo plantea una metodología por áreas de alarma (Area Of Concern – AOC, Monitoring Area – MA y Covered Area – CA). En la investigación se emplean criterios basado en registros de campo eléctrico ambiental a los que denomina el umbral de campo eléctrico medido, variación del campo eléctrico y tasa de rayos por minuto; en la implementación realizada enfatiza la importancia de la geolocalización de los sensores ya que estos pueden amplificar o atenúa el rango de cobertura debido a la ubicación geográfica. La implementación realizada por Inampué junto a el análisis es un gran aporte a la investigación realizada ya que nos plantea una metodología y los conceptos teóricos-técnicos sobre los sistemas de alerta temprana para tormentas ya que estos permiten mejorar los sistemas de gestión y mantenimiento orientado a la prevención.

Verdugo et. al (2018), realiza un estudio de los parámetros que tienen influencia en la generación de tormentas eléctricas a fin de ubicar los sensores de campo electrostático y lograr una detección de manera eficiente. Para el análisis se tomaron como fuente de información la base de datos del satélite LIS (lightning imagne sensor) que posee la NASA en el cual mediante la escala de color muestra el promedio anual de descargas por kilómetro cuadrado, así como el nivel ceraúnico; para la ubicación de los rayos los autores plantean utilizar los sensores de localización de relámpagos (LLS) que emplean los

procesos Time of Arrival (TOA) o el Magnetic Direction Finding (MDF). Este artículo nos permite conocer los equipos necesarios para la implementación de un sistema de detección de tormentas, así como el criterio de selección y ubicación de sensores.

Culow et. al (2018), realiza la investigación y estudio de los sistemas de detección de rayo terrestres en la mina de cobre Kinsevere en la cuenca del sur del Congo; se describen los elementos de la implementación del sistema de alerta de rayo y su ventaja sobre otros sistemas de detección por imágenes satelitales ya que estas están enfocadas para usos gubernamentales, siendo estos últimos no suficientes para operaciones de advertencia en tiempo real. Ilustrando el valor que presentan los sistemas de detección de rayos terrestres debido a su aplicación en corporaciones privadas que no se encuentran en un área cubierta por los sistemas de localización. En la investigación se emplea los sensores SG000 el cual envía los datos al CR1000, estos datos son transmitidos mediante una comunicación de radio a 2.4GHz a una sala de control. El estudio realizado en este artículo proporciona información respecto al criterio de selección de los sistemas de detección de alerta temprana para tormenta eléctricas entre los sensores terrestres que detectan la presencia de las cargas atmosféricas y el estudio realizado mediante imágenes satelitales.

1.4.2 Antecedentes nacionales

Vasquez y Bazán (2015), describen los criterios de elección de un detector de tormentas respecto a las características técnicas tomando en cuenta los niveles de detección de tormentas como las interfaces de comunicación como el RS485 y RS232 así como el protocolo de comunicación TCP/IP para la intercomunicación con un sistema encargado de la supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) aprovechando la comunicación flexible y transparente con el usuario de equipo en planta; de igual modo plantea la distribución de los detectores de tormentas para la reducción del radio establecido por el detector seleccionado. El sistema de detección planteado motiva a la

investigación los detectores de tormenta por campo electrostático debido que el uso de otros sistemas de detección temprana genera una mayor cantidad de paradas de planta, con el sistema propuesto en la investigación se logró una reducción del 29.25% de horas de parada de planta no programada en la minera Yanacocha en el periodo enero a abril del 2015.

Moron (2017), considera la normativa D.S. 024-2016EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería – Capítulo VI el cual indica que es necesario instalar un sistema de protección para el personal y las instalaciones, el cual proteja de las tormentas eléctricas, en lugares donde se presenten y son frecuentes estos fenómenos naturales, considerando que es necesario contar con equipos de detección y alerta de tormentas, pararrayos y refugios propios de esta situación. En la investigación realizada el diseño de un sistema de comunicación empleando un controlador WebRelay, el cual permitirá enviar la información a través de una red de antenas bajo el protocolo TCP/IP, de tal modo se realizará una notificación al campamento sobre el tipo de alerta tomando en cuenta la aproximación de esta, de tal modo que se pongan en marcha los protocolos de seguridad. Esta investigación nos establece los reglamentos vigentes respecto a la seguridad y salud ocupación en minería así mismo enfatiza la importancia de los sistemas de comunicaciones para la notificación y acción temprana ante tormentas eléctricas a fin de garantizar el resguardo de los trabajadores.

Llerena (2018), evalúa los niveles de riesgo según la norma NFPA 780 y IEC 62305, se realizan los estudios y aplicación mediante el método electrogeométrico el cual permite establecer las dimensiones de los sistemas de protección contra descargas atmosféricas. Los factores que se consideraron para determinar el nivel de riesgo son la ubicación, tipo de estructura, personal, actividades, consecuencias y protección contra eventos atmosféricos; empleando el nivel isoceraúnico se realiza la evaluación del nivel de riesgo ante la caída de un rayo. Llerena en su investigación aplica las normas técnicas sobre los sistemas de protección que son empleados juntos a los sistemas de detección, así mismo brinda los conceptos técnicos el diseño de los sistemas de protección.

Hinostroza (2019), en su investigación sobre los requerimientos planteados por la norma NFPA-780 y IEC NTP sobre las instalaciones de los sistemas de protección contra rayo, realizó una evaluación de la eficacia en la determinación del nivel de protección bajo las normas UNE 21186, NFC 17102 y NTP IEC 62305 logrando establecer un sistema de protección apropiado contra descargas atmosféricas en las instalaciones eléctricas de Souther Cooper Corporation; se presentan los requerimientos técnicos mínimos seleccionados a partir de la aplicación de las normas sobre los componentes de los sistemas de protección como los SPAT, pararrayos y conductores bajantes. En el trabajo de investigación de Hinostroza se concluyó que a través de la aplicación de la norma NTP-IEC 62305 para el diseño de sistema que protege de descargas atmosféricas tiene un efecto de minimización corroborado con un 0% de efectos en la zona protegida hasta la fecha de la presentación de la investigación. Esta investigación nos permite conocer el método de diseño y selección de los componentes de los sistemas de protección en instalaciones eléctricas según la normativa vigente en nuestro territorio nacional logrando así garantizar un comportamiento efectivo y óptimo sobre nuestra implementación.

Flores (2019), sugiere la necesidad de un sistema que alerte de manera oportuna sobre las descargas eléctrica mediante la temperatura de brillo entre las bandas de vapor de agua e infrarroja para ello emplea las imágenes de los satelitales meteorológicos del GOES e información sobre el número de descargas eléctricas atmosféricas proporcionadas por la red STARNET. Los resultados mostrados en la investigación permiten el monitoreo de la actividad eléctrica en grandes regiones donde se carece de sensores de rayos terrestres. La investigación realizada nos plantea una solución alternativa, las probabilidades obtenidas deben ser mejoradas lo cual indica que se necesita de impulsar el estudio e investigación sobre los sistemas de alerta temprana de tormentas eléctricas.

Capítulo II Marco teórico y conceptual

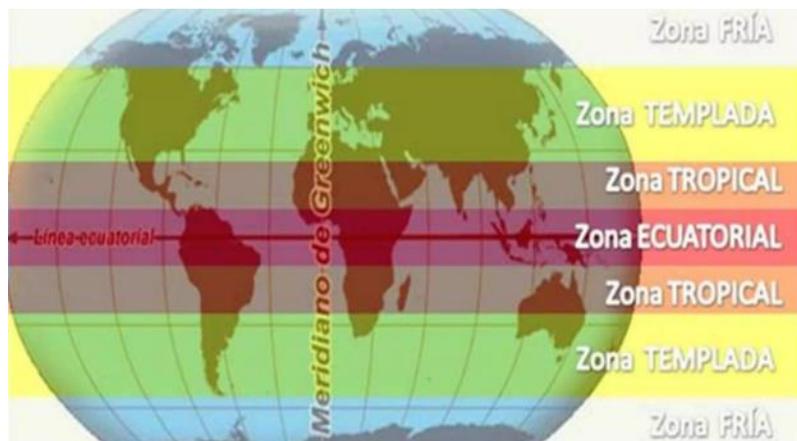
2.1 Marco Teórico

2.1.1 Tormentas eléctricas

Las tormentas eléctricas son caracterizadas como un fenómeno natural que considera como propiedad principal el hecho de que se dan bajo la formación de nubes cargadas eléctricamente, generando un fenómeno de descarga eléctrica, el cual es denominado rayo, estos fenómenos se desarrollan con mayor frecuencia en la zona ecuatorial y tropical, dado que en esta zona existe una mayor radiación solar, véase figura 1, pero realmente puedan darse en cualquier parte del mundo. La radiación solar provoca un movimiento de corriente de aire caliente y frío.

Figura 1

Zona Tropical



Nota: recuperado de modulo instruccional

Cuando el aire húmedo es calentado por la superficie terrestre este se eleva, recordemos que el aire caliente es más liviano que el aire frío, este movimiento genera un proceso convectivo creando corriente de aire ascendente, por la elevación del aire, la presión disminuye y el volumen del aire incrementa, lo que genera el enfriamiento del vapor de agua, condensándose, teniendo como resultado gotas de agua y cristales.

2.1.2 Estructura eléctrica de una tormenta

Estructura dipolar

Wilson (1920), planteó que una nube de tormenta eléctrica se puede definir como un dipolo positivo, en el cual se tiene cargas negativas situadas en la base de la nube, mientras que George Simpson planteó como definición que una nube está estructurada como un dipolo negativo donde la carga negativa debería estar ubicada en la parte inferior de la nube.

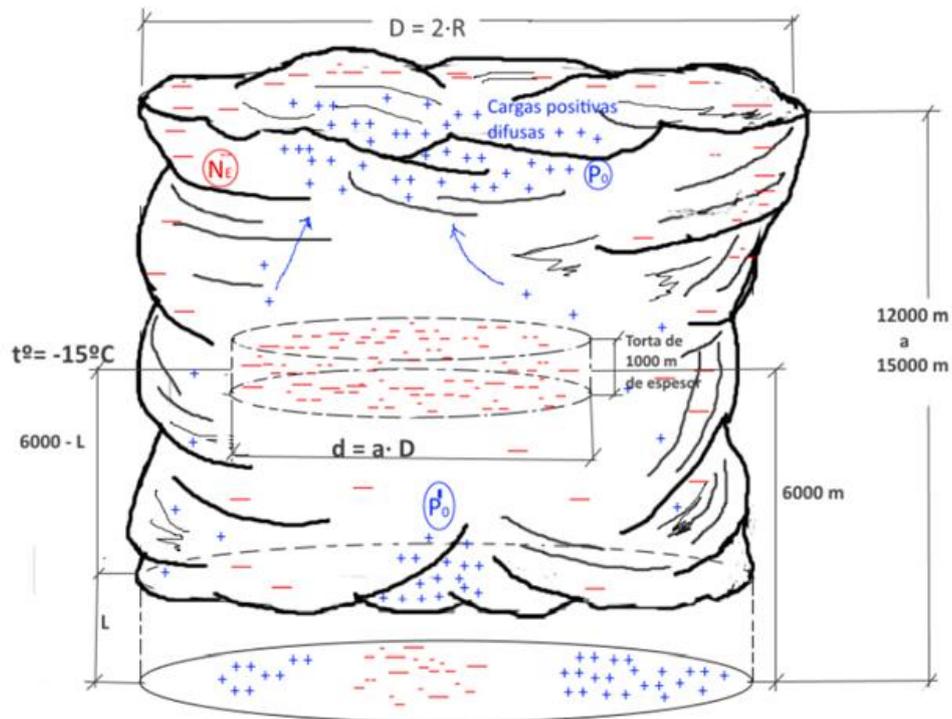
Estructura tripolar

Años después de la controversia entre las teorías de Wilson y Simpson se establece una estructura tripolar para las nubes de tormenta, se considera que se tiene una región con carga negativa en el centro, una carga positiva en la parte superior y una zona de menor dimensión con carga positiva en la parte inferior de la nube, véase figura 2. Lo resaltante de la capa negativa es el espesor que torna a los 1000m aproximadamente y una extensión de varios kilómetros, esta capa negativa se sitúa aproximadamente a 5km de la superficie terrestre, alcanzando temperaturas de hasta -15 °C o menores.

En la parte inferior y superior de la nube se encuentran los campos eléctricos más intensos, es en la región superior donde se hace notar una carga positiva más difusa, la región inferior de carga positiva se considera tan inferior que el campo eléctrico inducido en la superficie terrestre es consecuencia de la carga negativa principal.

Figura 2

Nube de tormenta



Nota: recuperado de Anibal (2020)

2.1.3 Electrificación de las nubes de tormentas

Se han realizado numerosas teorías a lo largo de los años que buscan explicar las características eléctricas de las tormentas. Actualmente la teoría precipitativa no-inductiva es la mayormente aceptada.

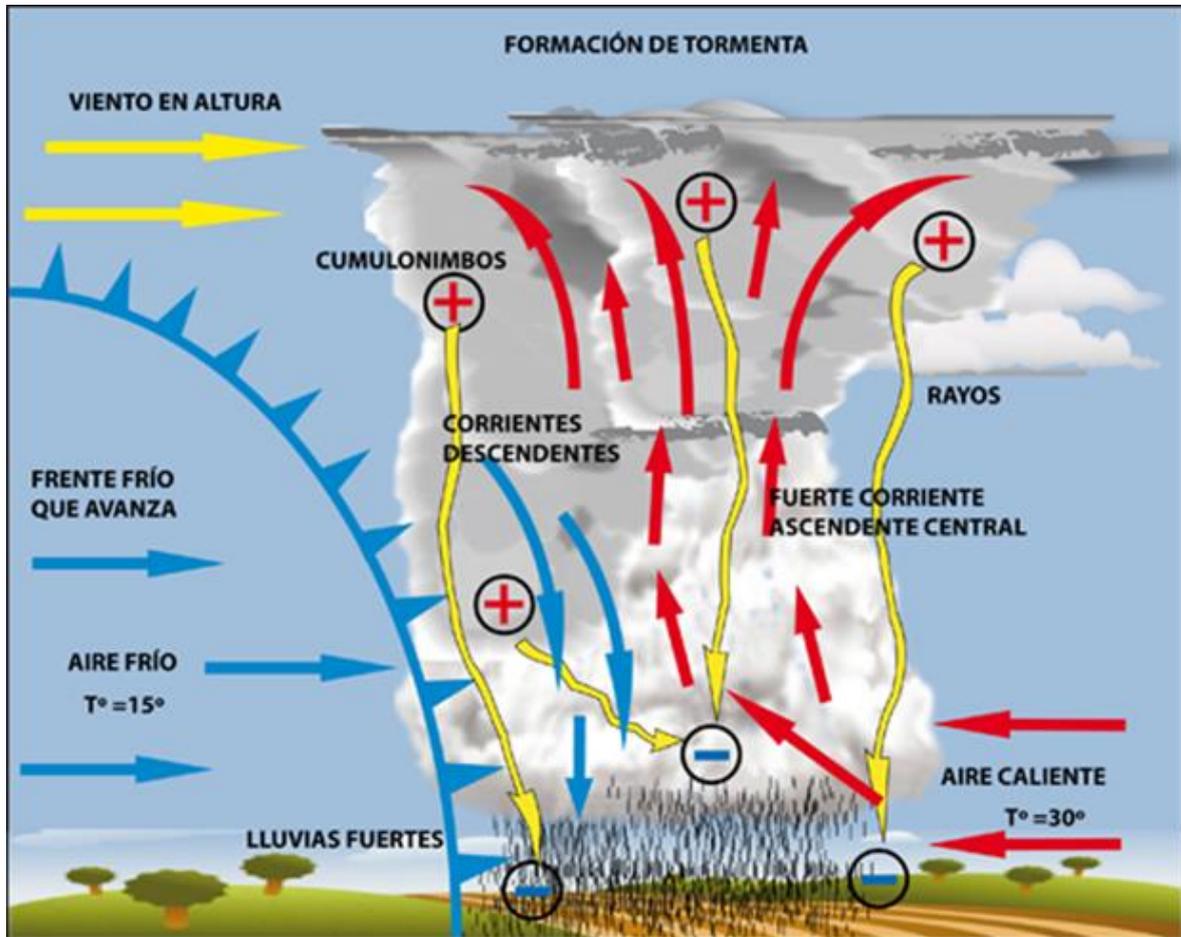
Teoría convectiva

Esta teoría fue propuesta inicialmente por Grener (1947) y posteriormente se tuvo una mejora por parte de Vonnegut (1953); la teoría indica que el transporte de iones atmosféricos es consecuencia de las corrientes de aire ascendentes ubicadas en la parte interna de la tormenta. En primera instancia los iones son liberados en los puntos de descarga de la superficie terrestre, para posteriormente ser arrastrados hacia la nube por la corriente de convección, y una vez dentro, son desplazadas haciendo la parte superior de la nube por las corrientes de aire ascendente. Las cargas ubicadas en la parte superior

de la nube atraen a iones pequeños de carga negativa, que se encuentran ubicados en la atmósfera superior, quedando atrapadas y desplazadas por las corrientes descendentes externas hacia la región inferior de la nube. En consecuencia, más iones negativos serán atraídos de los puntos de descarga, véase figura 3.

Figura 3

Formación de tormentas eléctricas



Nota: recuperado de Aprender sobre la Geografía (2014)

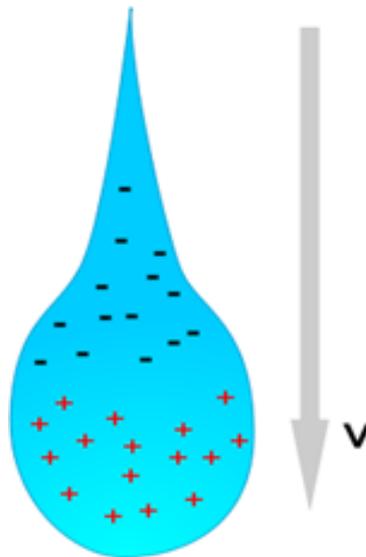
Teoría precipitativa inductiva

Esta teoría fue formulada en primera instancia por Elser y Geite. Ellos plantearon que en la nube se existen gotas de distintas dimensiones; las más pesadas se precipitan y las más livianas son llevadas por el viento hacia arriba. Estas gotas sufren un proceso de polarización provocado por el campo eléctrico existente, como se puede apreciar en la figura 4, donde además se considera una dirección hacia tierra. Esto genera la formación

de cargas positivas en la parte inferior de la gota y cargas negativas en la parte superior de la misma. Así también, la fricción que existe entre una gota pesada con una liviana provoca un intercambio de cargas. Las gotas más livianas presentaran una carga positiva y las pesadas una carga negativa. Ambas gotas se desplazarán en sentidos opuestos. Durante ese tiempo en la nube, se irán incrementando cargas positivas en la parte superior y cargas negativas en su parte inferior. El campo eléctrico formado es favorable para la separación de cargas por influencia eléctrica (Herrera, 2014).

Figura 4

Gota de lluvia



Nota: recuperado de Elser y Geite

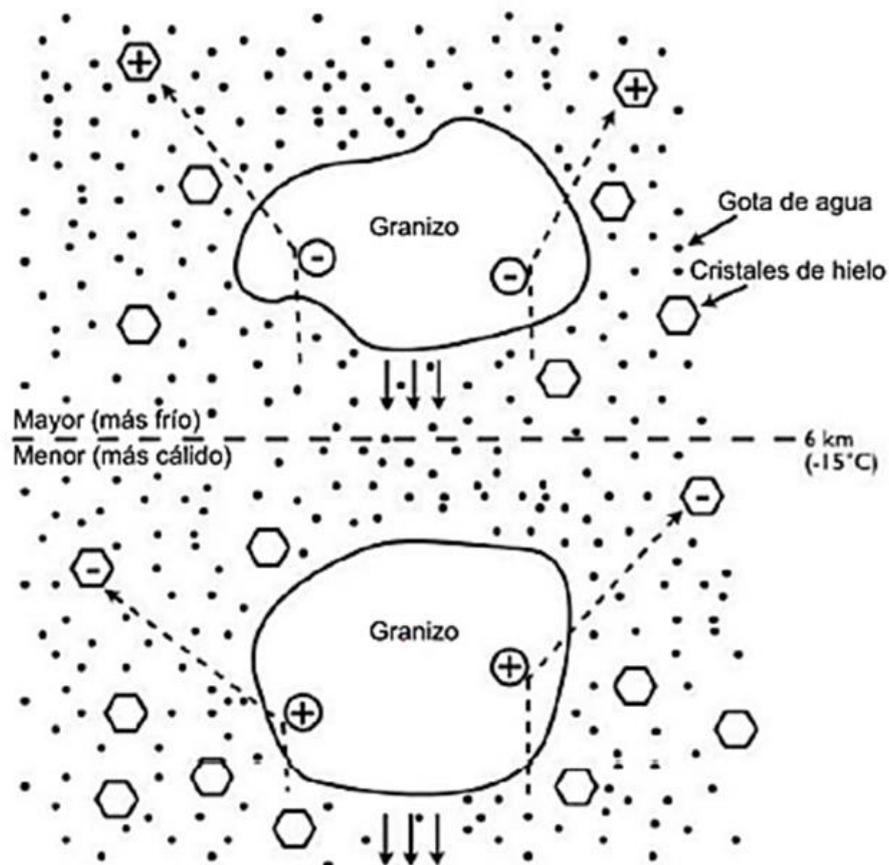
Teoría precipitativa no inductiva

Basado en las diferentes observaciones, se puede notar que existe una transferencia de carga durante la colisión entre granizos y cristales de hielo, cuando se tiene la presencia de gotas de agua sobre enfriadas y ausencia de campo eléctrico. Se transfiere carga eléctrica en dependencia de la temperatura, contenido de agua líquida, tamaño de las gotas de agua de nube, cristales de hielo y velocidad de impacto de los cristales de hielo sobre el granizo.

El proceso de electrificación está basado en la existencia de la temperatura de inversión para el signo de la carga transferida al granizo. Cuando se tiene temperaturas mayores a la temperatura de inversión, el granizo adquiere una carga positiva, y cuando se tiene temperaturas menores, el granizo adquiere cargas negativas. En las regiones de la nube donde podemos notar que la temperatura es inferior a la temperatura de inversión, los cristales de hielo adquieren una carga positiva durante la etapa de colisión con los granizos, las cuales mediante la corriente de convección son transportadas a las regiones superior de la nube, donde forman la región de carga positiva. Para temperaturas superiores a la temperatura de inversión, el granizo adquiere una carga positiva, y para temperaturas inferiores a la temperatura de inversión, adquiere una carga negativa, véase figura 5.

Figura 5

Esquema de la transferencia de cargas



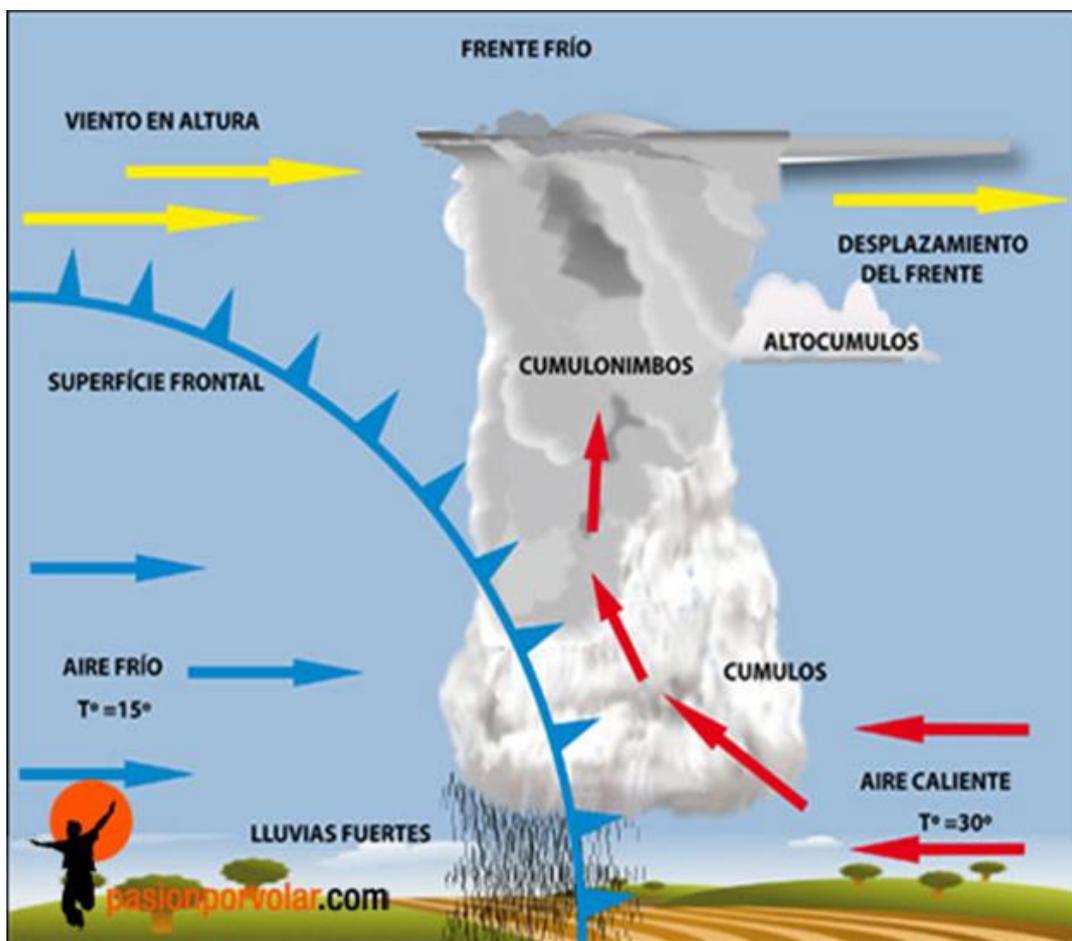
Nota: recuperado de Nicora (2014)

2.1.4 Formación y evolución de tormentas eléctricas

Para clasificar las tormentas eléctricas es necesario considerar su origen, las tormentas pueden darse de dos tipos principalmente: de tipo convectivo y de tipo frontal o ciclónico. La tormenta de tipo conectiva es consecuencia de las variaciones de las magnitudes como temperatura, humedad y presión, y la radiación sola, véase figura 6. Las características de relieve geográfico influyen de gran manera en su formación, es por esa razón que es común su origen en regiones montañosas desplazándose a relieves llanos (Borda, 2014).

Figura 6

Formación de tormentas



Nota: recuperado de Meteorología Aeronáutica, Tormentas (2016)

Las tormentas frontales se generan cuando una masa de aire fría genera el ascenso de una masa de aire caliente, húmedo e inestable, las cuales podrían clasificarse en cuatro

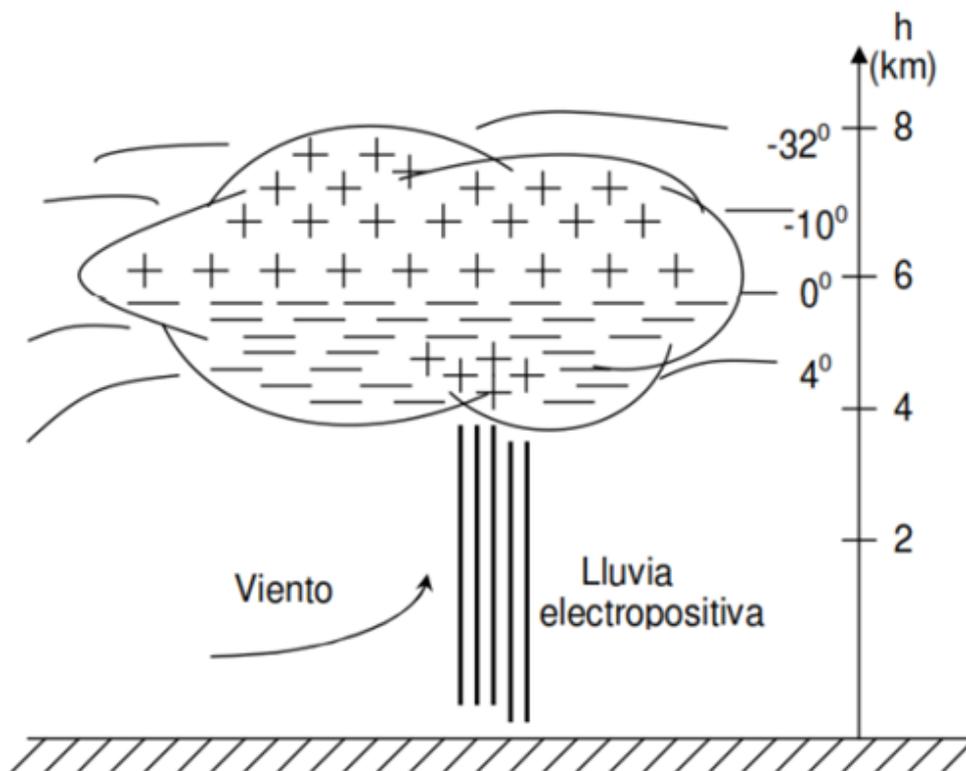
tipos: fríos, cálidos, estacionarios y ocluidos. Tal interacción origina el proceso de convección, generando la formación de nubes de tormenta. El ciclo de vida de una tormenta eléctrica tiene diferentes etapas.

Etapa de cumulo

La formación de una tormenta tiene su inicio con el aumento de la temperatura de la superficie terrestre, lo cual es provocado por la radiación solar, lo que además genera corrientes de aire ascendentes, elevándolas hasta el punto de rocío, produciéndose pequeñas gotas de agua y cristales de hielo producto de la condensación, véase figura 7. Es en durante la separación de cargas que se genera la disposición de carga tripolar, donde la capa superior muestra una carga positiva, la parte inferior una carga negativa y en la parte inferior -medio una menor región con carga positiva.

Figura 7

Nube con carga tripolar



Nota: recuperado de Herrera (2014)

Etapas de madurez

Las primeras descargas se presentan en la parte interna de la nube, debido a la neutralización de las regiones positivas de la parte superior y región de carga negativa, a estas descargas se les denomina rayos intranubes (Intra Cloud - IC). Dependiendo el tipo de tormenta se producirán rayos nube a tierra (Cloud to Ground) CG. Es en esta etapa donde la tasa de rayos IC y CG alcanzará los valores máximos.

Etapas de disipación

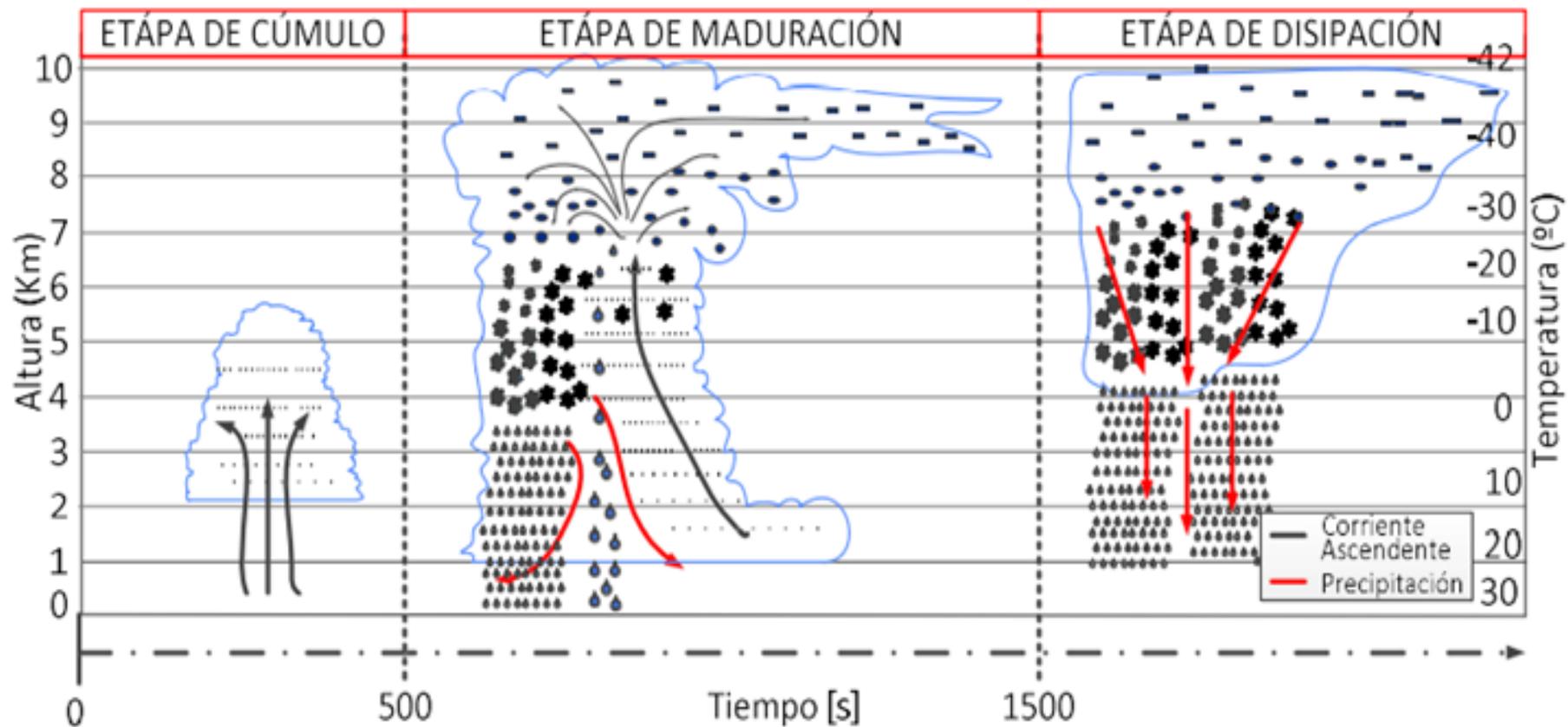
Durante esta etapa la tasa de rayos IC y CG disminuye drásticamente llegando a cesar, en esta etapa aún las cargas no están separadas activamente, lo cual indica que pueden existir zonas electrificadas en la nube, véase figura 8.

Formación del rayo

Las descargas atmosféricas (rayos) son generadas en las etapas de madurez y disipación de las tormentas eléctricas, debido a que, para su formación es necesario que los centros de carga incrementen en magnitud el campo eléctrico, de tal manera que sea lo suficientemente grande y pueda crear una región ionizada, para la generación de canales de conducción de las descargas, véase figura 9.

Figura 8

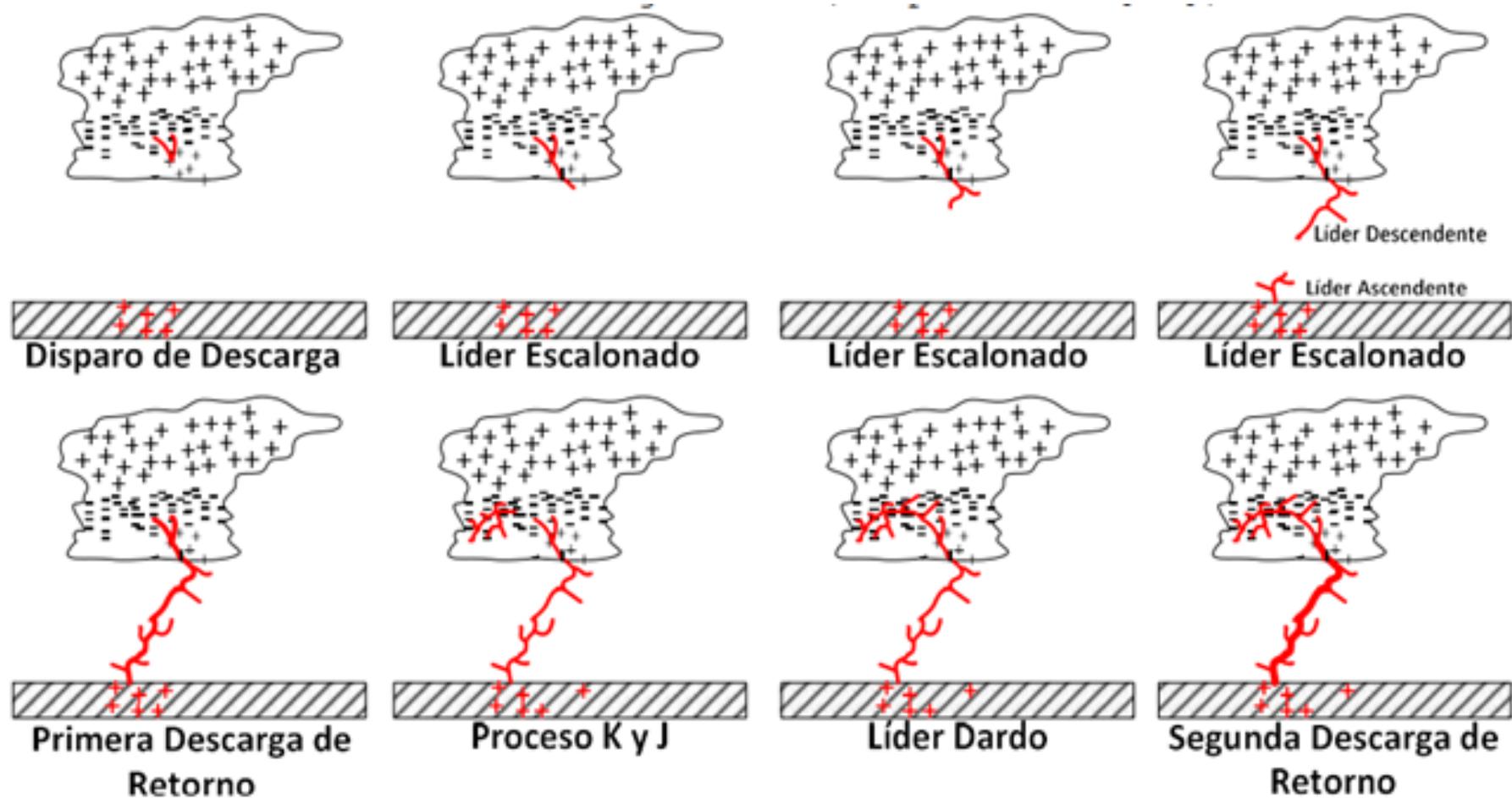
Etapas de formación de nubes de tormenta



Nota: recuperado de Garzón (2015)

Figura 9

Procesos en descargas nube a tierra



Nota: recuperado de Garzón (2015)

2.1.5 Georreferenciación

La georreferenciación es fundamental para el análisis de datos por los medidores de campo eléctrico ya que la correcta localización permite obtener una adecuada información y comparación de datos procedentes de diferentes sensores. Empleando el uso de coordenadas de mapa se asigna una ubicación espacial del entorno a evaluar. Para realizar la georreferenciación se emplean los softwares GIS, como Google Maps, ArcGIS PRO y QGIS (Resources, s.f.).

2.1.6 Detección de tormentas eléctricas

Un sistema creado para la detección de descargas está compuesto por un conjunto de sensores o estaciones de medición, ubicados en un área específica de estudio y análisis, estos sensores permiten, a partir de medidas de alguna o algunas de las variables propias de tormentas eléctricas, mencionadas anteriormente, observar el comportamiento de las tormentas.

Según el estándar de la Unión Europea EN50536 “Protection Against Lightning”, los sistemas de medición se pueden clasificar de acuerdo a los eventos detectados en los ciclos de vida de la tormenta, para más detalles de la clasificación podemos observar la tabla.

Tabla 2

Clasificación de sistemas de medición

Clase	Periodo CVT	Fenómeno observado	Tipo de sensores
I	I, II, III, IV, V	Ciclo completo de vida de tormenta	Campo Eléctrico
II	II, III, IV, V	Actividad total de Rayos (Nube Tierra, Nube Nube)	Medidas VHF, VLF/LF, Interferómetros, TOA
III	III	Detección de Rayos Nube Tierra.	MDF, TOA
IV	III	Rayos, Nube, Tierra y otras fuentes Electromagnéticas.	Campo Electromagnético Radiado RF

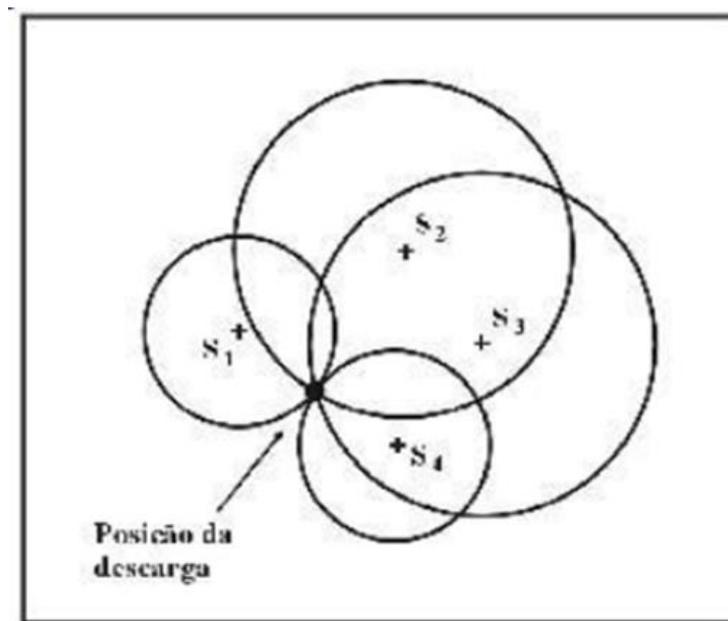
Nota: elaboración propia

Detección por radiofrecuencia

Los relámpagos generan una amplia gama de radiofrecuencias, desde energías baja y con ondas LF (Low frequency) hasta ondas VHF (very high frequency). El método consiste en la medición de dos campos electromagnéticos generados por rayos que serán captados por antenas distantes, éstas antenas permiten detectar los tiempos de llegada de señal (TOA) con el objetivo de determinar el punto de impacto, véase figura 10.

Figura 10

Radio de detección de sensores por radiofrecuencia



Nota: recuperado de Daniel Aranguren (2007)

Las descargas atmosféricas producen un amplio espectro de frecuencias. Empleando 3 o más antenas es posible conocer la posición de la descarga mediante la medición del tiempo de llegada.

Detección por medición de campo eléctrico

Desde los tiempos de Benjamín Franklin, la medición del campo eléctrico ha sido el método más apropiado para observar la observación y evolución de las nubes propias de tormentas eléctricas. En la formación de una nube de tormenta eléctrica, ocurre la formación de tres zonas fundamentales, zona de carga positiva (CP), zona de carga

negativa (CN) y el centro de carga positiva pequeña (LPCC) que se encuentra en la parte inferior central.

El campo eléctrico E_T , de la ecuación 1, relacionado a la nube, puede calcularse a través de la superposición de campos eléctricos.

$$\vec{E}_T = \vec{E}_{CP} + \vec{E}_{CN} + \vec{E}_{LPCC} \quad (1)$$

El campo eléctrico, de la ecuación 2, relacionado a cada carga está dado por:

$$\vec{E} = \frac{2QH}{4\pi\epsilon_0(H^2+D^2)^{3/2}} \text{ V/m} \quad (2)$$

Q: Carga eléctrica en culombios

H: altura del centro de carga expresado en metros

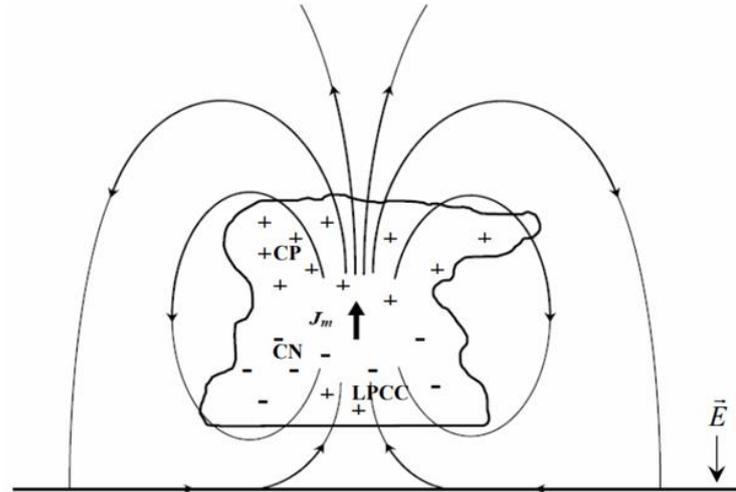
D: distancia entre la base de la nube y el punto de observación en metros

ϵ_0 : constante dieléctrica = $8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$

Otra característica de las nubes de tormenta es su comportamiento como fuente de corriente, donde, los fenómenos de convección, precipitación, efecto corona y descargas eléctricas, producen la aparición de una densidad de corriente que fluye en forma vertical por el interior de la nube conocida como Densidad de Corrientes de Maxwell, véase figuras 11 y 12.

Figura 11

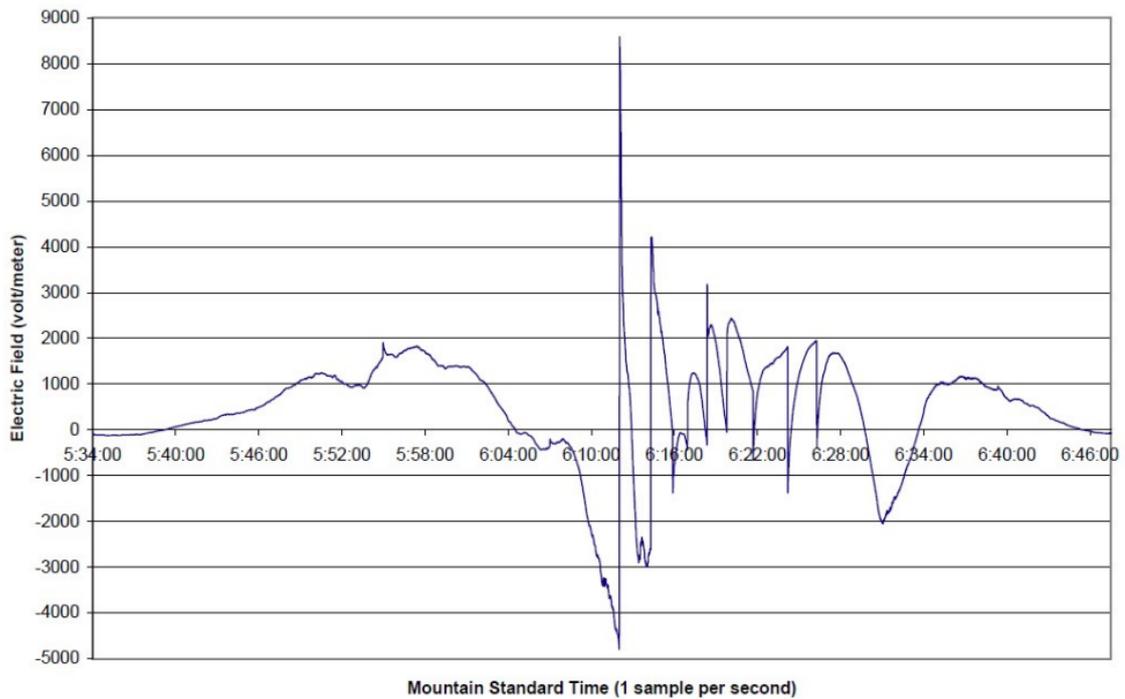
Campo eléctrico y densidad de corrientes de Maxwell



Nota: recuperado de Daniel Aranguren (2007)

Figura 12

Variación del campo eléctrico durante una tormenta



Nota: recuperado de Scientific (2020)

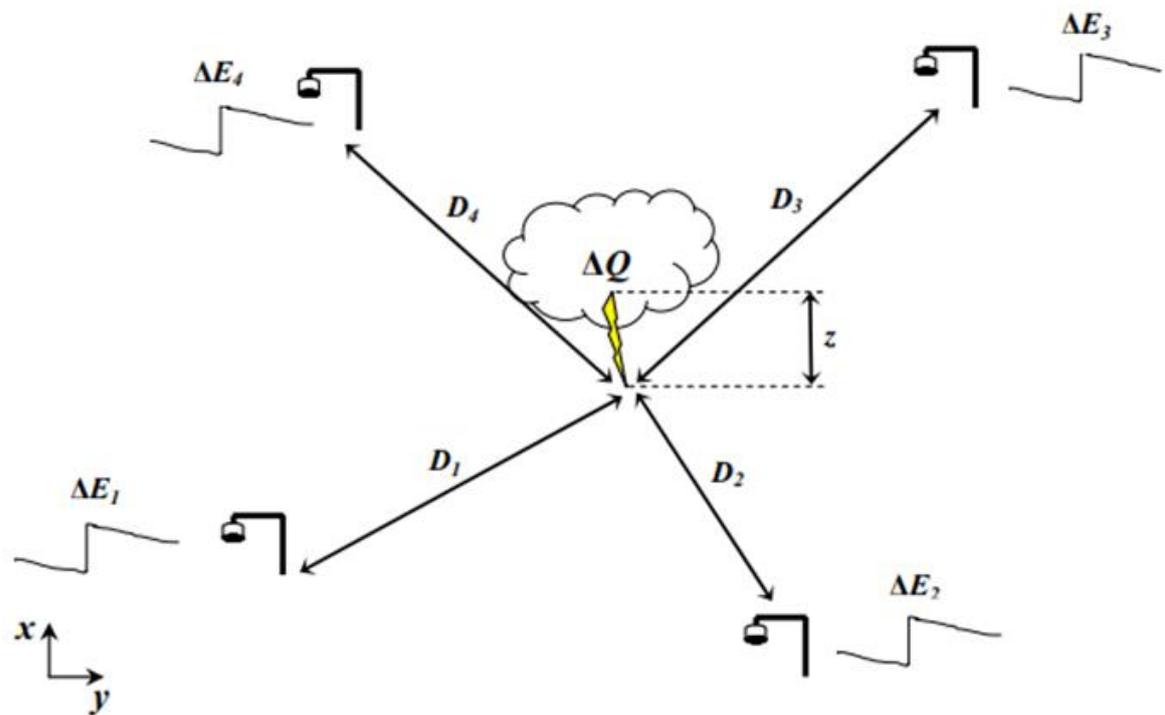
Esta densidad de corriente es detectable en un radio de 15 km, donde su valor máximo se presenta en el centro inferior activo de la nube. Es gracias, a un monitoreo

continuo de la amplitud de campo eléctrico atmosférico y la densidad de corrientes de Maxwell, que se hace posible detectar y localizar la nube de tormenta, además de hallar la magnitud de los centros de carga, observar su desplazamiento y generar alarmas tempranas de riesgo por presencia de rayos, véase figura 13.

Mediante la medición y análisis de la variación del campo eléctrico de las nubes de tormenta producidos por las transferencias de carga, se pueden detectar los rayos nube a tierra o nube a nube (Aranguren, y otros, 2007; Seminario, 2020).

Figura 13

Localización de tormentas por método de molinos de campo



Nota: recuperado de Aranguren (2007)

Campo magnético originado por el rayo

El cálculo del campo magnético se hace a través de la ley de Biot- Savart. En la figura 14, se tiene la representación del campo magnético. Los parámetros que intervienen y forman parte son:

I = Intensidad de corriente expresada en amperios

h = altura expresada en metros desde el extremo del rayo al suelo

Z = altura expresada en metros desde la nube al suelo

x = distancia expresada en metros desde el punto de impacto al lugar de aplicación del campo magnético.

μ_0 = constante de permeabilidad magnética de valor $4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ H/m

B = campo magnético expresado en Teslas (V·S/m²)

Aplicando la ley de Biot- Savart, en la ecuación 3, se tiene:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \int_z^h \frac{I \cdot dl}{R_l^2} \cdot \sin(180 - \beta)$$

Donde:

$$\sin(180 - \beta) = \sin\beta = x/R_l ; R_l = \sqrt{l^2 + x^2} \quad \text{y} \quad h = z - V \cdot t$$

Sustituyendo estos valores y resolviendo la integral se llega al siguiente resultado, mostrado en la ecuación 4:

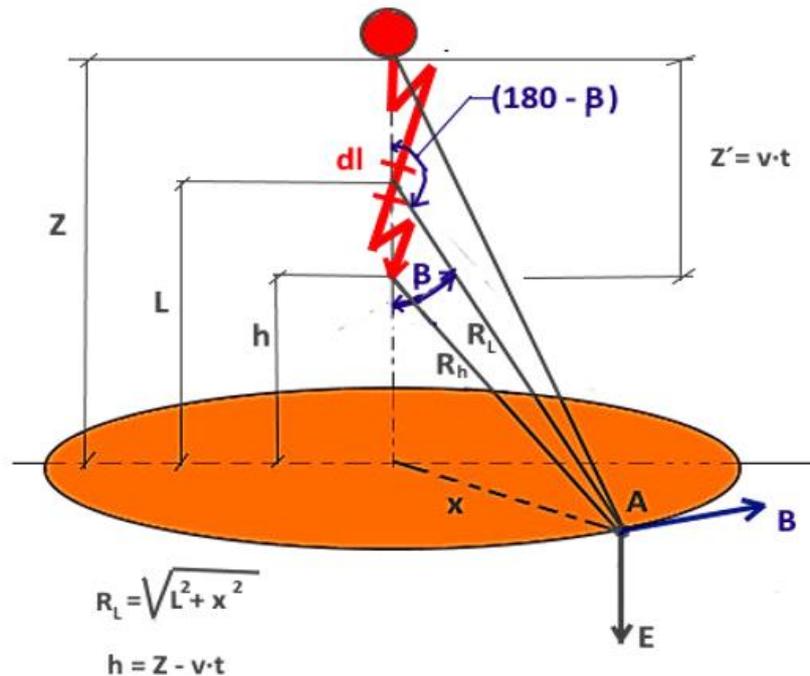
$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{4 \cdot \pi} \cdot \left[\frac{h}{x \cdot \sqrt{h^2 + x^2}} - \frac{z}{x \cdot \sqrt{z^2 + x^2}} \right] \quad (4)$$

Luego de aplicar el método de las imágenes, el valor del campo magnético, de la ecuación 5, resulta haberse duplicado, quedando finalmente:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot x} \cdot \left[\frac{h}{\sqrt{h^2 + x^2}} - \frac{z}{\sqrt{z^2 + x^2}} \right] \quad (5)$$

Figura 14

Campo magnético originado por rayo



Nota: recuperado de Seminario A. (2020)

2.1.7 Sistema de alerta temprana (SAT)

Los SAT integran la información de los elementos de medición del campo eléctrico o magnético de tormentas eléctricas juntos a los equipos de localización de rayos. Aplicando algoritmos de procesamiento de señales en tiempo real permiten conocer los momentos donde aumenta o disminuye el riesgo de ocurrencia de las descargas atmosféricas. Estos parámetros controlan la generación de alarmas (INGESCO, s.f.).

Niveles de alerta

Se denomina alerta de tormenta a cualquier evento meteorológico, que de acuerdo a determinadas condiciones climáticas, genere una descarga eléctrica atmosférica. Considerando como referencia el informe de la minera Cerro Verde SA, se pueden establecer tres niveles de alerta, véase figura 15.

Alerta Naranja, es una alerta de advertencia, que anuncia la caída de rayo en un radio de acción de 8 a 16 kilómetros o 16 a 30 Kilómetros, tomando en cuenta que los sensores de campo eléctrico están registrando un valor mayor de 2000 v/m.

Alerta Amarilla, es una alerta de tipo preventiva, que anuncia la caída de rayo en un radio de acción de 16 a 30 kilómetros.

Alerta Roja, es una alerta de advertencia, que anuncia caída de rayo en un radio de acción de 0 a 8 kilómetros o de 8 a 16 kilómetros, tomando en cuenta que los sensores de campo eléctrico registran un valor mayor de 2000 v/m (S.A.A., 2014).

Figura 15

Alarma de tormenta con señalización



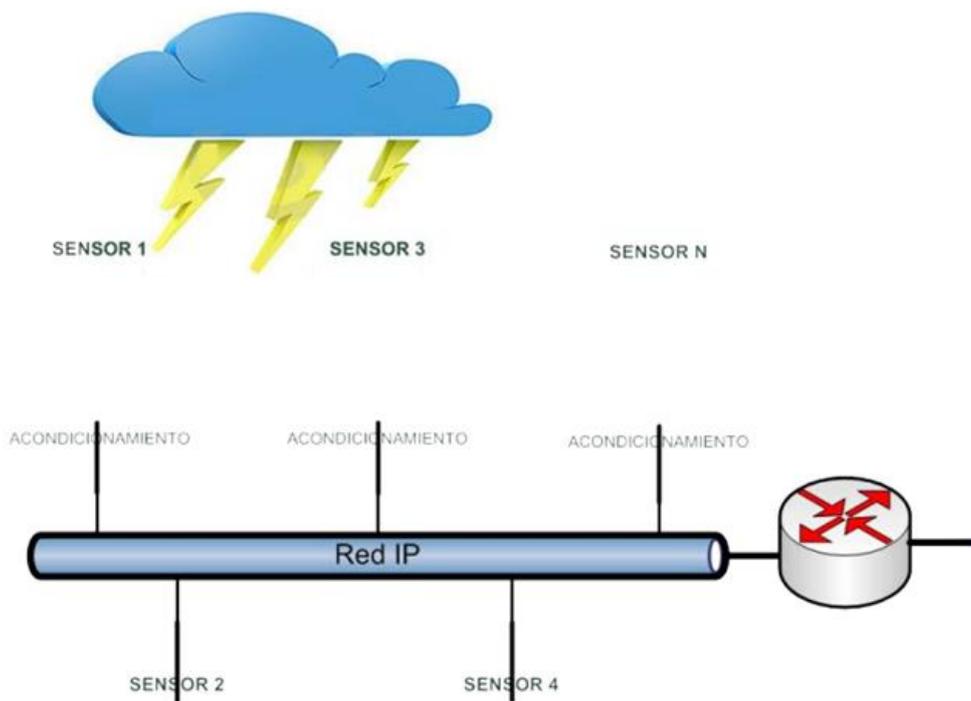
Nota: recuperado de Boltek s.f

Monitoreo de alarmas

Respecto al monitoreo de tormentas electrónicas se emplean equipos de red que cuentan con protocolos e interfaces de comunicación como RS232 y TCP/IP. Los datos que son adquiridos por los sensores de tormentas eléctricas deben ser acondicionados para enviar la información a los centros de datos donde serán almacenados y procesados para que se encuentren disponibles al usuario, véanse figuras 16 y 17.

Figura 16

Arquitectura de un sistema de detección de tormentas eléctricas



Nota: recuperado de Ayala (2012)

Figura 17

Sistema de monitoreo



Nota: recuperado de Boitek s.f.

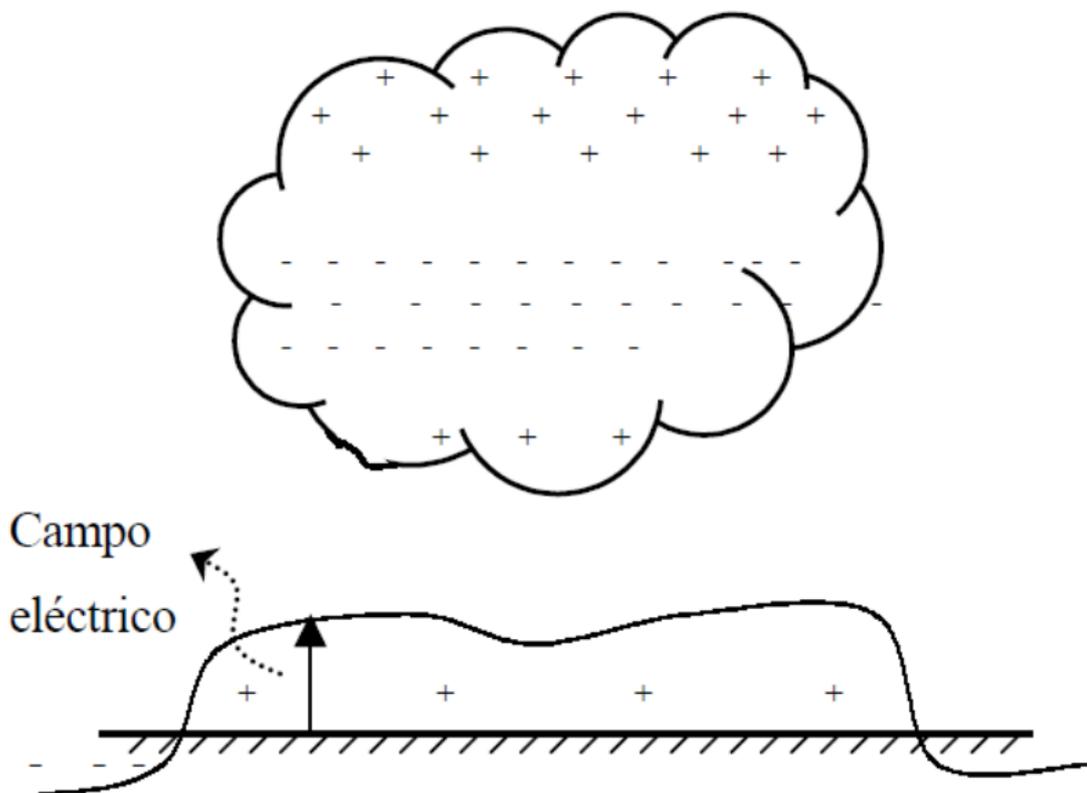
2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Descargas eléctricas

La electrificación de las nubes produce un campo eléctrico entre nube y tierra, cuando el campo eléctrico es intenso se estima que el voltaje entre nube y tierra está en el rango de 10 MV a 1000 MV, véase figura 18.

Figura 18

Campo eléctrico entre nube y tierra

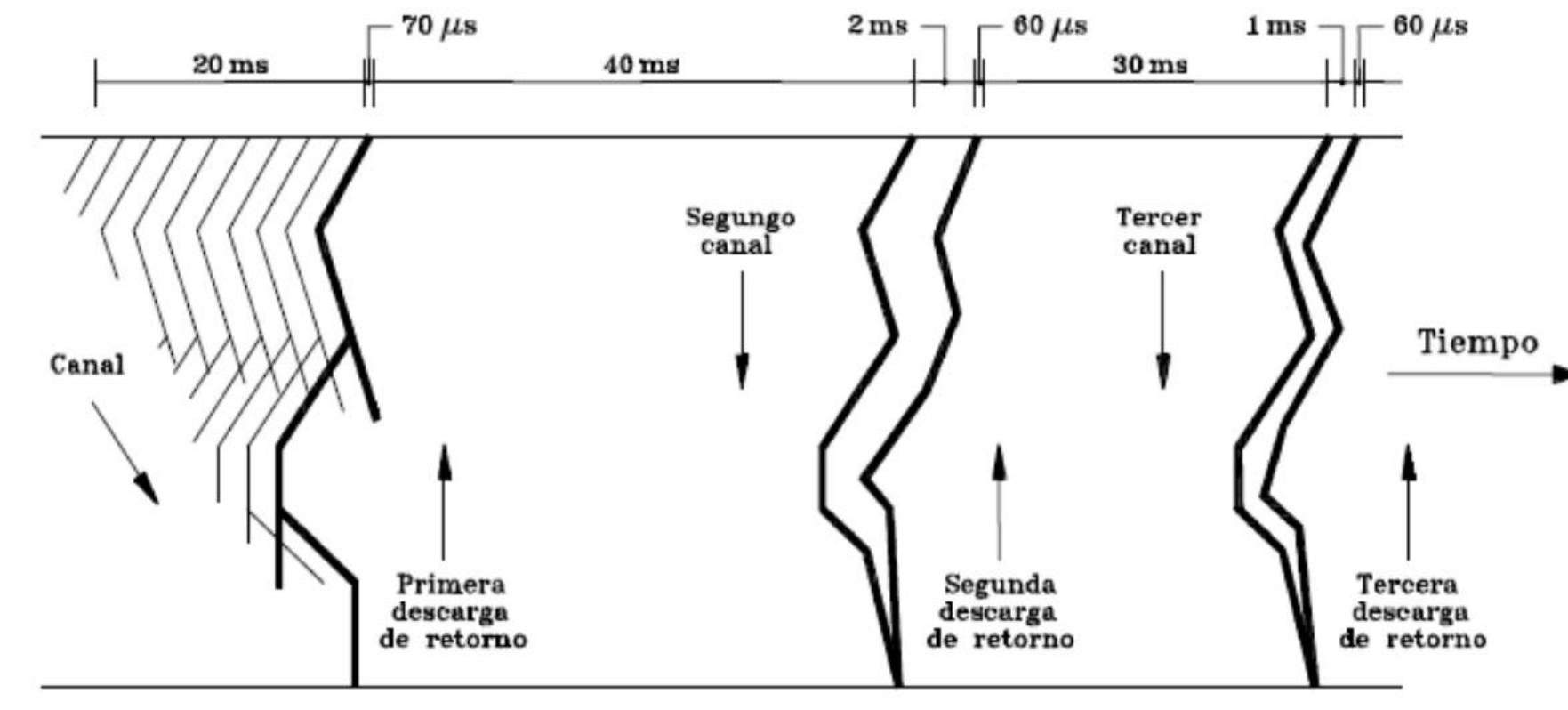


Nota: recuperado de Machado (2013)

Si el gradiente eléctrico sobrepasa el valor crítico, se crea un canal plasmático que será por donde ocurrirían las descargas eléctricas, véase figura 19, éstas en su liberación pueden lograr tener intensidad de hasta 160 kA, habiéndose registrado hasta 400kA en un tiempo de duración aproximado de 100 μ s. El descenso de las descargas eléctricas hasta tierra se da de manera progresiva que puede tener una duración de hasta 0.5s (Machado, 2013).

Figura 19

Proceso de descarga eléctrica



Nota: recuperado de Machado (2013)

2.2.2 Tormentas eléctricas en la minería

Las tormentas eléctricas, véase figura 20, son fenómenos atmosféricos, se producen por las convergencias de corrientes de aire ascendente y nubes, sus principales efectos son las fuertes lluvias y descargas atmosféricas que puedan presentar. La minería es una de las industrias más afectadas debido a que realiza sus operaciones en zonas libres exponiendo materiales inflamables, equipamiento y trabajadores (Tecnológicas Aplicaciones, 2020).

Figura 20

Tormentas en minería



Nota: recuperado de Aplicaciones Tecnológicas (2020)

El sector minero es uno de los más afectados frente a los riesgos por tormentas eléctricas, debido a que se realizan labores en zonas abiertas, se emplea maquinaria, materiales inflamables y explosivos; esto incrementa el riesgo para sus trabajadores tanto en la construcción y explotación. Ante la aparición de tormentas eléctricas se emplean protocolos que en la mayoría de los casos son paradas de planta, interrumpiendo las actividades, las paradas de planta innecesarias generan altas pérdidas económicas; tomando en cuenta una magnitud de 1000 trabajadores en una planta, implicaría una parada de 1h innecesaria y ocasionaría 1000 horas perdidas, véase figura 21.

Figura 21

Parada de planta



Nota: recuperado de SMINING (2018)

2.2.3 Evaluación de riesgos

Los rayos tienen la capacidad de generar efectos físicos que pueden afectar considerablemente a las personas, edificaciones o líneas por diversos motivos y en diferentes circunstancias. El paso de la corriente puede provocar roturas, chispas (que a su vez son capaces de generar incendios), el peligro se vuelve aún mayor en estructuras que tienen en su interior elementos tóxicos, inflamables o explosivos, pues lamentablemente, es en estos casos, que los daños pueden extenderse incluso más allá de la estructura o edificación sobre la que ha impactado el rayo. La dispersión de la corriente de rayo en la tierra puede producir lesiones de gravedad e incluso la muerte de personas por tensión de paso, véase figura 22.

Figura 22

Incendio en una instalación industrial



Nota: recuperado de INSHT (2017)

El impacto de un rayo sobre la superficie de la tierra representa un alto peligro para las vidas de los trabajadores y en general de todas las personas que se encuentren en el alcance; la caída de un rayo en un radio de 100 m. tienen consecuencias: (INSHT, 2017)

- Quemaduras sobre la piel
- Rotura de tímpanos
- Daños de retina
- Caídas por ondas expansivas
- Lesiones pulmonares y óseas
- Estrés postraumático
- Muerte por paro cardíaco, paro respiratorio o lesión cerebral

2.2.4 Detectores de tormenta eléctrica

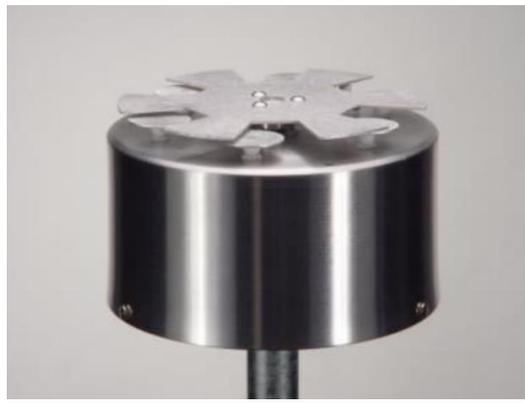
Detectores de campo eléctrico

Los detectores de campo eléctrico emplean un molino de campo de paletas giratorias, el cual consiste en un sensor que produce una señal que contiene la información de la amplitud y la polaridad del campo eléctrico que incide en las ventanas de inducción.

En la figura 23 se muestra al detector usando varias placas receptoras circulares en la periferia de una base cilíndrica, asimismo se observa un molino con 6 aspas para apantallar a los receptores. Cuando se instala las placas receptoras deben apuntar hacia abajo para protegerlas de la lluvia y partículas que puedan afectar la sensibilidad de los receptores. Si las placas se exponen al campo eléctrico, se genera que cargas eléctricas circulen a través de una resistencia para logra obtener la tensión AC, la cual tiene la característica de ser proporcional a la corriente en la resistencia, de esta manera la magnitud de la tensión AC es proporcional del campo eléctrico en las placas receptoras.

Figura 23

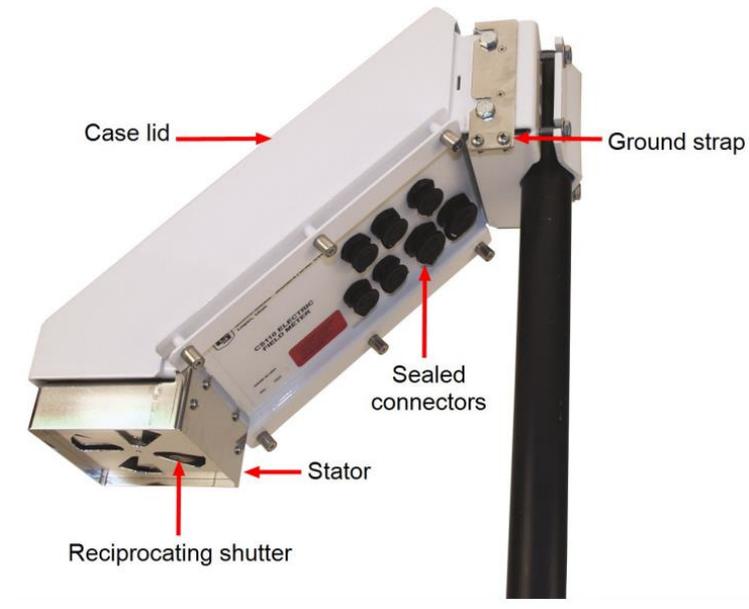
Molino de campo electrostático



Nota: recuperado de Boltek (2016)

La elevación del campo electrostático que es producido por la formación de tormentas eléctricas en una zona determinada es una condición necesaria para la ocurrencia de una descarga atmosférica, así mismo mediante la medición del campo se notifica la ausencia del riesgo de descargas atmosféricas. Según la norma (IEC 62793).

Figura 24
Sensor CS110

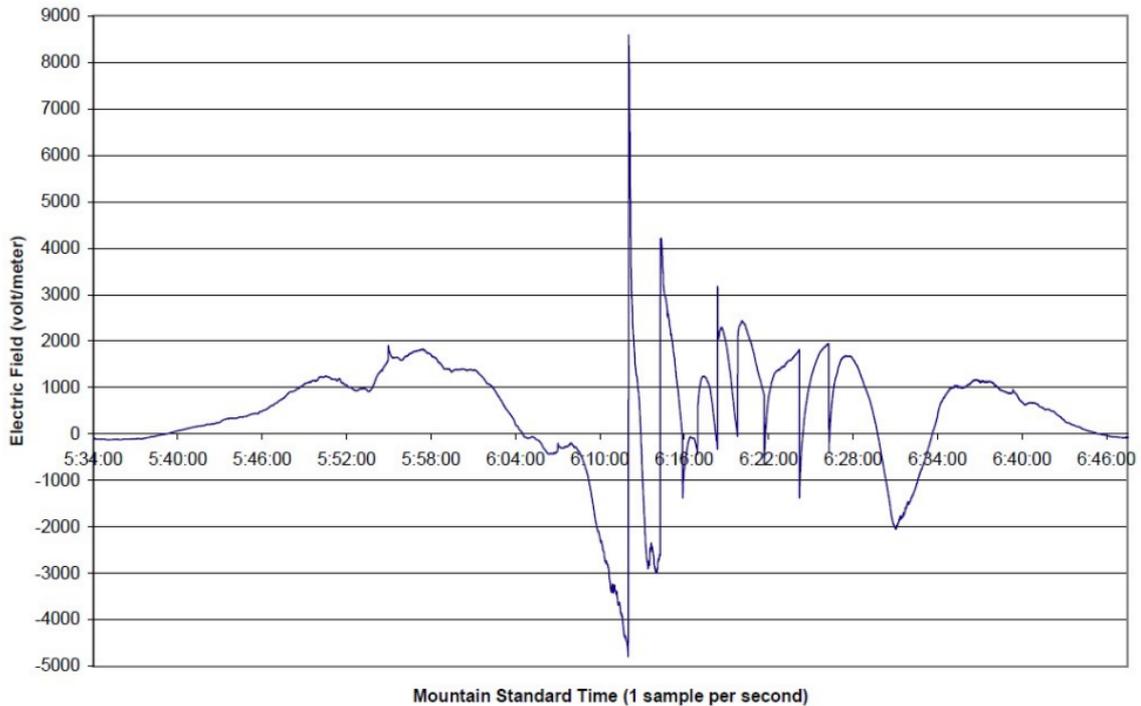


Nota: recuperado de Scientific (2020)

El campo eléctrico atmosférico monitoreado por un CS110, véase figura 24, en buen tiempo (aproximadamente -100 V/m) cambia durante una tormenta. El cambio brusco del campo eléctrico se debe a un rayo de nube a tierra. A medida que el campo eléctrico se desvía de un campo típico de buen tiempo y se acerca niveles capaces de producir descargas eléctricas peligrosas, se produce una advertencia de peligro de rayos, idealmente, el algoritmo emitiría una alarma o varios niveles de precaución. No existe un nivel de alarma de peligro universal basado en el campo eléctrico atmosférico, típicamente se utilizan los niveles $\geq 1000 \text{ V/m}$ [LPLWS] y $\geq 2000 \text{ V/m}$ [NAVSEA]. Cuanto más bajo sea el nivel utilizado, se incrementa la reducción del riesgo, a expensas de un mayor tiempo de paradas de planta por aviso de peligro de rayo (Scientific, 2020), véase figura 25.

Figura 25

Detección de tormenta por CS110



Nota: recuperado de Scientific (2020)

Detectores de campo electromagnético

Los detectores de campo electromagnético detectan la caída del rayo en función de las descargas anteriores, de tal modo que se pueda conocer el acercamiento de tormentas eléctricas.

Los parámetros que son considerados para el diseño de un detector de campos magnéticos son: la forma de la antena, su tamaño, el número de vueltas del bobinado y el material de construcción. Es posible utilizar una antena de lazo, pues es conocido que tiene mayor alcance de recepción de las variaciones de campos magnéticos. En el bobinado de la antena se induce el flujo magnético generado por la fuente de campos electromagnéticos. Posteriormente, la señal ingresa a un circuito que tiene la capacidad de identificar y discriminar las frecuencias inferiores a 10 kHz y las que son superiores a 15 kHz. El tratamiento de la señal se puede realizar con un microcontrolador, y mediante

un software que permite visualizar gráficamente el valor correspondiente al campo magnético en la atmósfera.

Los detectores de rayos independientes, como el SG000, véase figura 26, brindan una advertencia basada en descargas cercanas, pero no dan ninguna advertencia hasta que se produce una descarga detectable. El SG000 mide los rayos y su distancia próxima en los rangos (Scientific, 2020).

- Próxima (0 a 5 millas)
- Cerca (0 a 10 millas)
- Distante (0 a 20 millas)

Figura 26

Sensor SG000



Nota: recuperado de Wxline (2020)

2.2.5 Sistemas de monitoreo

Los sistemas de monitoreo son un sistema integrado de instrumentos de campo encargados de brindar información para la toma de decisiones y generar las intervenciones en la gestión de seguridad. Estos sistemas están ligados a la planificación de actividad frente a tormentas eléctricas. Para ello se emplea el registro y notificación de las alarmas remotas, empleando sistemas de supervisión.

El software Strike View, véase figura 27, provee una interfaz de supervisión donde el usuario pueda analizar el progreso de las tormentas eléctricas, así asistir al usuario en la categorización de alarma. Strike View facilita la comunicación con notificaciones por correo electrónico, enviando mensajes de precaución, alertas, alarmas de relámpagos y condiciones normales, estableciendo los siguientes niveles.

- Precaución (<20 millas)
- Alerta (<10 millas)
- Alarma (<5 millas)

Figura 27

Software StrikeView



Nota: recuperado de Wxline (2020)

Red de localización

Los sensores utilizados para la ubicación de rayos y detección de campo eléctrico generado por tormentas eléctricas tienen su operación en un radio de detección, además es necesario considerar el principio de inducción de carga eléctrica, el cual dependerá de la ubicación del sensor de campo eléctrico. E por esta razón que, los sensores son ubicados de forma cercana al nivel de suelo, éstos deben ser ubicados de forma ortogonal a la superficie del suelo emulando condiciones ideales, véase figura 28.

Figura 28

Ubicación de sensores de campo eléctrico

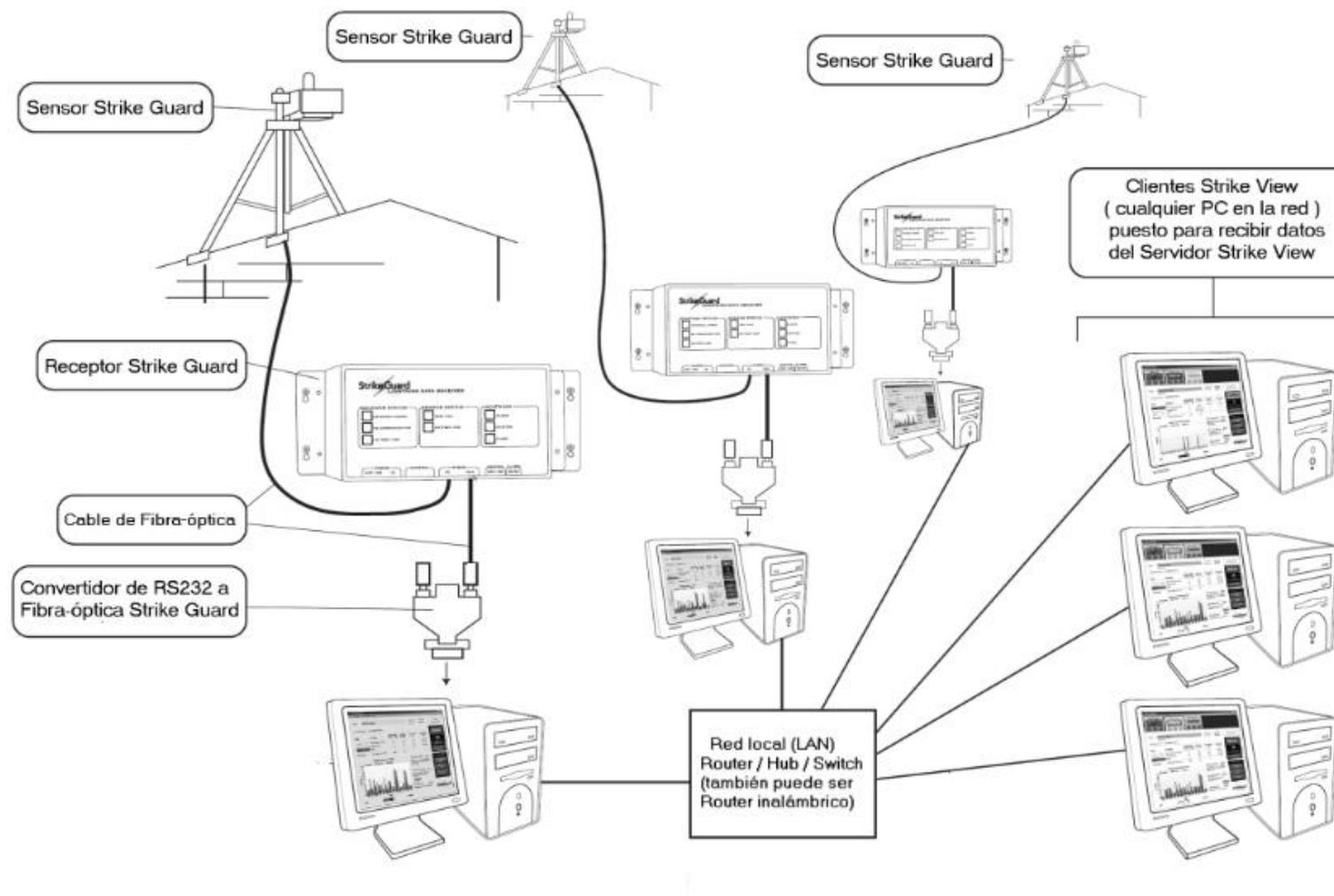


Nota: recuperado de Garzón (2015)

Esta red de sensores, véase figura 29, debe estar sincronizada para que se pueda efectuar la detección de cambios en una variable, o varias variables, consecuencia de un evento por descargas atmosférica, es necesario tener a disposición como mínimo, de la misma cantidad de puntos de observación respecto a la cantidad de parámetros del modelo que se deben encontrar. No obstante, es muy importante contar con mediciones redundantes relativas al mismo evento, pues ello logrará la convergencia del método de localización utilizado y la reducción en la incertidumbre de los parámetros encontrados (Garzón, 2015).

Figura 29

Red de sensores Strike Guard



Nota: Acondicionado de Wxline (2020)

Secuenciador o controlador

El secuenciador emplea tecnología para apagar y aislar las instalaciones eléctricas vulnerables durante las tormentas eléctricas locales; este equipo recibe señales codificadas para iniciar la protección ordenada de sistemas industriales críticos (sistemas de riego y computación) o para iniciar eventos remotos secuenciados (respaldo de datos, arranque de generadores y otras funciones de control). Estos proveen una salida a 12 VDC para controlar relés apropiados para gestionar las cargas representadas por bombas, sistemas de riego y otros equipos críticos, así mismo proporciona interruptores manuales de secuencia activa, a través de un panel frontal y un interruptor de llave, que activa o desactiva la función de restauración automática (Suzuki, 2020).

Alarm Reset

El módulo Alarm Reset de Strike Guard tiene la tarea de sincronizar automáticamente los temporizadores de alarma entre el software del servidor Strike View y el receptor de datos lightning. Se encuentra dentro del grupo de equipamiento para la advertencia y notificación de rayos.

Fibra óptica

El cableado de fibra óptica, véase figura 30, es considerado de gran ventaja para las comunicaciones, principalmente en entornos que sufren de alto ruido eléctrico, como lo es en el sector minero, en esa misma línea, y debido a que los cables de fibra óptica no son conductores, éstos no sufren ninguna alteración y no son afectados por los cambios ambientales ni por corrientes eléctricas, además los mismos ofrecen mayor seguridad que los otros sistemas de comunicación.

Figura 30

Fibra óptica Strike Guard

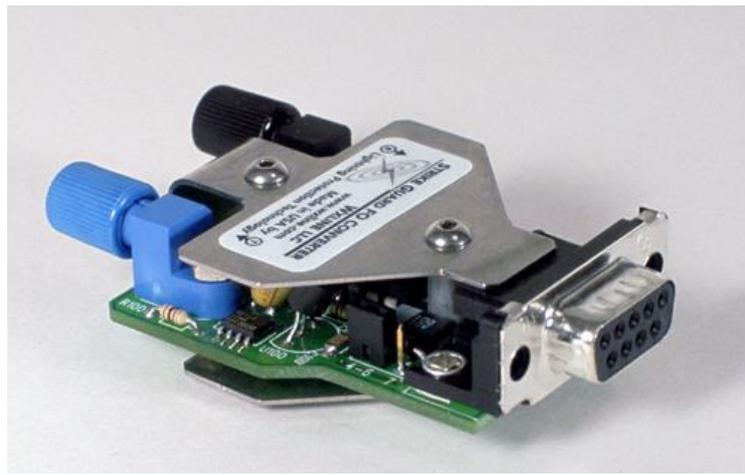


Nota: recuperado de Fiberout (2020)

Una vez que la señal de comunicación llega a la estación debe emplearse un convertidor de fibra óptica a RS232, véase figura 31, este convertidor las señales de fibra óptica Strike Guard provee resistencia antes las tormentas eléctricas, cuenta con un puerto de comunicación estándar serie RS-232 a conexiones bidireccionales de fibra óptica.

Figura 31

Convertidor RS232 a fibra óptica



Nota: acondicionado de Wxline (2020)

2.2.6 Sistema de alerta temprana (SAT)

Los SAT tienen como función salvaguardar la vida de los seres vivos ante el peligro que representa el rayo. El método de la regla 30 – 30 es la técnica más usada por la NOAA, está orientada su aplicación en grupos pequeños, que no cuentan con equipos o sistemas

especializados de detección. Esta regla, permite identificar a través de un cálculo, la ubicación aproximada del impacto del rayo, el proceso consiste en calcular el tiempo que ha transcurrido entre el instante en el cual se visualiza el relámpago y el momento que es escuchado el trueno; si este periodo es menor a 30 segundos indica que la tormenta está bastante cerca, representando una amenaza. Por seguridad, es necesario esperar 30 minutos después de que se escuche el último rayo para confirmar que la tormenta se ha alejado o disipado (Borda, 2014).

A pesar de ello, más del 80% de las lesiones y muertes por rayo se dieron en zonas donde no se encontraba la tormenta, por lo que, tener en cuenta sólo la localización a la que se encuentra el rayo no es aconsejable. Es importante que se mida los campos electrostático y electromagnético, para que el detector de tormentas eléctricas sea capaz indicar el riesgo de caída de rayos (Ronald L. Holle Vaisala, 2015).

Considerando lo indicado en el ART. 382 del Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería, el cual indica que se debe instalar un sistema de protección de personal e instalaciones contra tormentas eléctricas, en lugares donde se presenten estos fenómenos naturales, contando además con equipos de detección y alerta de tormentas, pararrayos y refugios (MINEM, 2016).

El sistema Strike Guard monitorea los rayos de nube y de nube a tierra dentro de un rango de 20 millas, los datos de los sensores StrikeGuard se comunican al sistema mostrando los estados de PRECAUCIÓN y ALARMA en tiempo real, véase figura 32. Esto permite la activación de sistemas de advertencia para la seguridad humana al mismo tiempo que apaga y/o aísla los sistemas eléctricos durante la tormenta eléctrica.

Figura 32

Tipos de amenazas por proximidad de rayos



Nota: acondicionado de Wxline (2020)

Capítulo III Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Descripción del Proyecto

3.1.1 Antecedentes

Con la finalidad de poder levantar la mayor información posible del sistema inicial de detección de tormentas de la Compañía Minera, así como conocer los lugares en los cuales se encontraban instalados, se procedió a realizar una visita de campo a las instalaciones de la Compañía Minera. Adicionalmente, se quería levantar información de los posibles lugares donde se podrían instalar los sistemas de detección conformados por dos sensores (campo magnético y eléctrico), según lo solicitado por la misma Compañía Minera; estos lugares deberían cumplir con los requisitos técnicos de instalación indicados por el fabricante. A continuación, se describe las actividades desarrolladas durante la visita, día por día.

- Miércoles 14 de marzo del 2018, personal de la empresa contratada parte de la ciudad de Lima a las 14:00 horas rumbo a la ciudad del Cusco; en horas de la tarde se arriba a la ciudad del Cusco donde se pernocta. Al día siguiente se asiste a los cursos de inducción general.
- Jueves 15 de marzo del 2018, personal de la empresa contratada se dirige a hacer la entrega de la documentación y/o requisitos para el ingreso al curso de inducción, requisito para poder realizar la visita en campo. El personal técnico es acreditado para realizar el curso de inducción general y se procede a llevar el primer curso programado sobre inducción general de seguridad y salud ocupacional.
- Viernes 16 de marzo del 2018, en horas de la mañana, el personal técnico continúa con los cursos programados de inducción general, y se procede a llevar el segundo curso programado, gestión de materiales peligrosos. En horas de la tarde se continúa con los cursos programados de inducción general y se procede a llevar el tercer y último curso programado: manejo de tareas seguras.

- Lunes 19 de marzo del 2018, en horas de la mañana el personal técnico, recoge la carta de autorización final el cual acredita que se completó el curso de inducción general satisfactoriamente. Luego se parte en camioneta homologada y autorizada, rumbo a las instalaciones de la Compañía Minera, llegando a Challhuahuacho en horas de la tarde.
- Martes 20 de marzo del 2018, en horas de la mañana el personal técnico se dirige a las oficinas de recursos humanos para realizar el trámite del fotocheck e iniciar las actividades programadas. En horas de la tarde el personal técnico se reunió con personal de la Compañía Minera, donde se hicieron observaciones de documentos de gestión.
- Miércoles 21 de marzo del 2018, en horas de la mañana el personal técnico se reúne con personal de la Compañía Minera, para comunicarle lo acontecido en los días anteriores con respecto al trámite del fotocheck, e iniciar con las actividades programadas. Se solucionan los trámites de firmas de la documentación y la documentación de aptitud, luego de ello se realiza el trámite de fotocheck en oficina de recursos humanos. En horas de la tarde se realiza una reunión con personal técnico de la Compañía Minera para determinar:
 - ✓ El cronograma de actividades a realizar en la visita.
 - ✓ Requerimientos solicitados por personal de la Compañía Minera.
 - ✓ Coordinación con las diferentes áreas para el ingreso del personal técnico.
 - ✓ Elaboración de la documentación de seguridad necesaria para realizar las actividades.
 - ✓ Disponibilidad de personal de la Compañía Minera para acompañar y guiar al personal técnico en la visita.

Terminada la reunión, el personal técnico realiza la documentación de seguridad tales como: IPERC Base, IPERC Continuo, PETS y APT.

- Jueves 22 de marzo del 2018, el personal técnico, acompañado de personal de la Compañía Minera, realiza la visita a la planta concentradora y el campamento Antawasi. En la planta concentradora se realizaron las siguientes actividades:
 - ✓ Tomas de coordenadas del punto del Sensor Strike Guard.
 - ✓ Verificación de la correcta instalación del sistema Strike Guard.
 - ✓ Levantamiento de información de los equipos instalados Strike Guard - indoor y outdoor.
 - ✓ Verificación de factibilidad y/o requerimientos técnicos de instalación del Sensor de campo eléctrico.
 - ✓ Tomas fotográficas del sistema instalado.

En el campamento Antawasi se realizó una inspección visual y se tomaron las coordenadas de los puntos para la implementación de alertas visuales.

- Viernes 23 de marzo del 2018, en horas de la mañana el personal técnico se reúne con personal de la Compañía Minera para iniciar la inspección visual a la estación Surphuy; así también personal de la Compañía Minera informa brevemente sobre el funcionamiento del sistema de detección de tormentas y la activación de alarmas.

En la estación Surphuy se realizaron las siguientes actividades:

- ✓ Toma de coordenadas del punto del Sensor Strike Guard.
- ✓ Verificación de la correcta instalación del sistema Strike Guard.
- ✓ Levantamiento de información de los equipos instalados Strike Guard - indoor y outdoor.
- ✓ Verificación de factibilidad y/o requerimientos técnicos de instalación del sensor de campo eléctrico CS110.
- ✓ Tomas fotográficas del sistema instalado.

En horas de la tarde, el personal técnico realiza la inspección en el área de la estación de bombas para tomar datos del sensor ATSTORM.

- Sábado 24 de marzo del 2018, en horas de la mañana el personal técnico acompañado de personal de la Compañía Minera y con apoyo de la camioneta para ingreso al área de operación se traslada hacia la estación EVELYN. Se realizó la inspección visual y las siguientes actividades:
 - ✓ Tomas de coordenadas del punto del Sensor Strike Guard.
 - ✓ Verificación de la correcta instalación del sistema Strike Guard.
 - ✓ Levantamiento de información de los equipos instalados Strike Guard - indoor y outdoor.
 - ✓ Verificación de factibilidad y/o requerimientos técnicos de instalación del sensor de campo eléctrico.
 - ✓ Tomas fotográficas del sistema instalado.

Se pudo observar la cercanía de torres de alta tensión a la instalación del sensor. El personal técnico realiza la visita al punto campamento XP y se observa la instalación del sensor ATSTORM.

- Domingo 25 de marzo del 2018, en horas de la mañana el personal técnico se dirige al área del campamento Antawasi, con el fin de realizar el levantamiento de información para la implementación del sistema de alertas visuales del campamento; se toman datos de los puntos de cada pabellón y se toman las fotografías correspondientes. Así también se toman coordenadas de los puntos de oficina Antawasi implementados con estrobos en su interior. El personal técnico realiza la visita al campamento Main Office para la inspección de la ubicación de los estrobos actuales, se toman coordenadas y fotos del lugar. Así también se observa que existe una bocina Federal Signal instalada.
- Lunes 26 de marzo del 2018, el personal técnico realiza la inspección en el área de presa de relave fase 4; se ubica la existencia de un punto de alerta visual y sonoro. También se realiza la inspección en el área de comedor Motta, identificando un punto de alerta visual y sonoro. De la misma manera, se realiza la inspección en el

área de plataforma CAI, identificando un punto de alerta visual y sonoro. Finalmente se realiza la inspección en el área de Truck Shop, identificando tres (03) estrobos en el interior de las oficinas.

- Martes 27 de marzo del 2018, el personal técnico parte de la localidad de Challhuahuacho a las 07:00 horas rumbo a la ciudad del Cusco, llegando en horas de la tarde; se pernocta en dicha ciudad.
- Miércoles 28 de marzo del 2018, el personal técnico realiza viaje de retorno a la ciudad de Lima, llegando en horas de la tarde.

3.1.2 Ubicación del Proyecto

A continuación, se muestra la ubicación referencial de los diferentes sitios de sensor inicialmente instalados en la Compañía Minera, así como la ubicación de las diferentes zonas o áreas de interés que el sistema debería estar cubriendo. Cabe indicar, que la información de lugares y coordenadas mostrados en las siguientes tablas fueron brindadas directamente por la Compañía Minera previa a la visita de campo.

Distancia entre sensores

En la tabla 3 se observa la ubicación geográfica de cada uno de los sensores instalados en mina, así como el tipo de sensor: Strike Guard (campo magnético) o ATStorm (campo eléctrico).

Tabla 3

Ubicación de Sensores del Sistema Inicial

N°	Tipo	Ubicación	Latitud Sur	Longitud Oeste	Altitud m.s.n.m.
1	Strike Guard	SURPHUY	14° 06' 45.77''	72° 16' 38.27''	4058
2	Strike Guard	PLANTA	14° 05' 22.14''	72° 20' 08.49''	4197
3	Strike Guard	EVELYN	14° 05' 08.42''	72° 17' 31.00''	4271
4	ATStorm	ANTAWASI	14° 05' 50.00''	72° 18' 25.18''	3987
5	ATStorm	XP_CAMP	14° 03' 56.10''	72° 18' 32.29''	4254
6	ATStorm	TRUCK SHOP	14° 06' 13.06''	72° 16' 44.14''	3808

Nota: elaboración propia

En la tabla 4 se muestra la distancia aproximada entre cada uno de los sensores actualmente instalados. Se puede observar que el sensor de Truck Shop se encuentra a 1Km de distancia del sensor de Surphuy.

Tabla 4

Distancia entre sensores

N°	Puntos	Distancia
1	SURPHUY-PLANTA	6.81 Km
2	SURPHUY- EVELYN	3.38 Km
3	SURPHUY-ANTAWASI	3.64 Km
4	SURPHUY-XP-CAMP	6.24 Km
5	SURPHUY-TRUCK SHOP	1.02 Km
6	PLANTA- EVELYN	4.74 Km
7	PLANTA-ANTAWASI	3.22 Km
8	PLANTA-XP-CAMP	3.91 Km
9	PLANTA-TRUCK SHOP	6.32 Km
10	EVELYN-ANTAWASI	2.07 Km
11	EVELYN-XP-CAMP	2.89 Km
12	EVELYN-TRUCK SHOP	2.43 Km
13	ANTAWASI-XP-CAMP	3.51 Km
14	ANTAWASI-TRUCK SHOP	3.11 Km
15	XP_CAMP-TRUCK SHOP	5.31 Km

Nota: elaboración propia

En la figura 33 se representa la ubicación de los diferentes sensores, y la distancia aproximada entre cada uno de los sensores.

Figura 33

Ubicación y distancia entre los sensores



Coordenadas referenciales de zonas de interés

En la tabla 5 se muestran las coordenadas referenciales del punto central de cada una de las zonas/áreas de interés, las cuales deberían estar bajo la cobertura del sistema.

En la figura 34 se representa la ubicación de las zonas.

Tabla 5

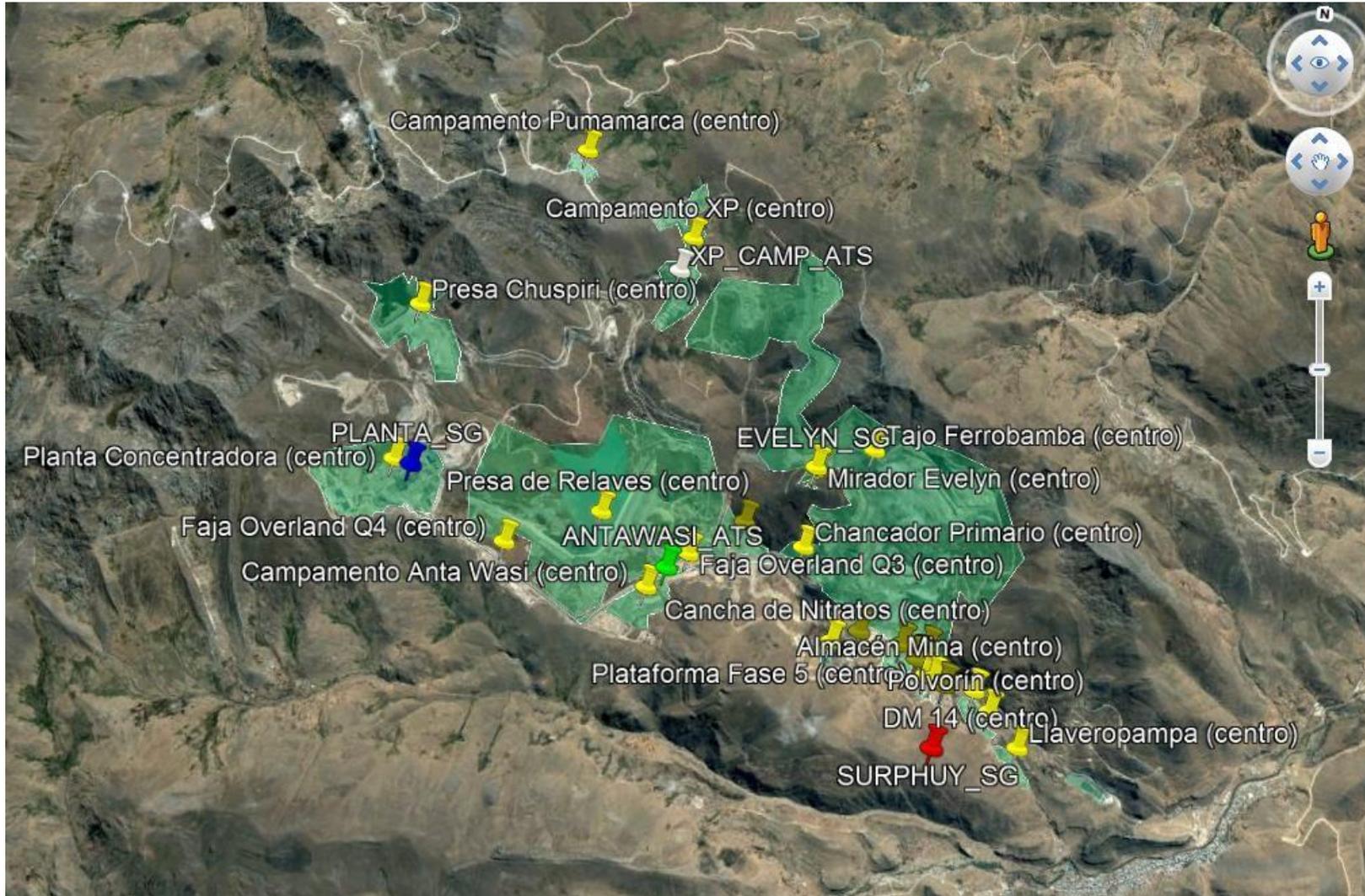
Coordenadas del punto central de cada zona de interés

N°	Zona / Área	Datos Referenciales		
		Latitud Sur	Longitud Oeste	Altitud m.s.n.m.
1	Tajo Ferrobamba	14° 04' 58.02"	72° 17' 08.70"	4114
2	Campamento Antawasi	14° 05' 58.30"	72° 18' 32.15"	4027
3	Truck Shop	14° 06' 08.91"	72° 16' 50.90"	3811
4	Llaveropampa	14° 06' 42.58"	72° 16' 04.09"	3810
5	Campamento Pionero	14° 06' 09.54"	72° 16' 40.74"	3776
6	Plataforma Fase 5	14° 06' 19.62"	72° 16' 40.92"	3809
7	Polvorín	14° 06' 30.36"	72° 16' 15.60"	3822
8	Almacén Mina	14° 06' 20.11"	72° 16' 37.91"	3805
9	DM14	14° 06' 23.34"	72° 16' 21.98"	3836
10	Geo	14° 06' 22.46"	72° 16' 33.49"	3819
11	Estación de Bombeo 2	14° 06' 13.81"	72° 16' 44.65"	3815
12	Orica	14° 06' 05.91"	72° 17' 08.13"	3862
13	Cancha de Nitratos	14° 06' 10.91"	72° 17' 18.87"	3942
14	Mirador Evelyn	14° 05' 07.87"	72° 17' 31.27"	4271
15	Chancadora Primaria	14° 05' 36.50"	72° 17' 32.40"	3869
16	Campamento XP	14° 03' 42.88"	72° 18' 28.34"	4281
17	Campamento Pumamarca	14° 03' 12.08"	72° 19' 14.47"	4358
18	Planta Concentradora	14° 05' 20.78"	72° 20' 15.14"	4189
19	Faja Overland Q3	14° 05' 44.02"	72° 18' 17.19"	3991
20	Presa de Relaves	14° 05' 31.58"	72° 18' 52.92"	3972
21	Presa de Sedimentación	14° 05' 29.12"	72° 17' 56.38"	3860
22	Faja Overland Q4	14° 05' 47.07"	72° 19' 28.89"	4053
23	Presa Chuspiri	14° 04' 20.50"	72° 20' 13.11"	4294

Nota: elaboración propia

Figura 34

Áreas de interés de la Compañía Minera



Nota: elaboración propia

Distancia entre zonas de interés (puntos de referencia) a ubicación de sensores

En la tabla 6 se muestra la distancia aproximada del punto central de cada una de las zonas/áreas de interés a los diferentes sitios de sensor. Se puede observar cuales se encuentran a menos de 3 Km, menos de 5 Km y más de 5 Km de distancia de cada uno de los sensores.

De la tabla se puede identificar que el site Truck Shop se encuentra cercano al site Surphuy, además Surphuy presenta mejores condiciones de visibilidad hacia la atmósfera con respecto a Truck Shop.

Tabla 6*Distancia de la coordenada al sitio del sensor*

N°	Zona / Área	Distancia (d) de la coordenada referencial al sitio del sensor (km)					
		SURPHUY	PLANTA	EVELYN	ANTAWASI	XP_CAMP	TRUCKSHOP
1	Tajo Ferrobamba	3.43	5.44	0.74	2.79	3.15	2.42
2	Campamento Antawasi	3.71	3.1	2.39	0.33	3.76	3.27
3	Truck Shop	1.19	6.1	2.22	2.89	5.09	0.24
4	Llaveropampa	1.02	7.73	3.89	4.53	6.78	1.51
5	Campamento Pionero	1.12	6.39	2.41	3.19	5.29	0.15
6	Plataforma Fase 5	0.8	6.47	2.65	3.26	5.53	0.22
7	Polvorín	0.83	7.29	3.39	4.08	6.27	1.01
8	Almacén Mina	0.79	6.56	2.72	3.35	5.6	0.29
9	DM14	0.84	7.05	3.1	3.83	5.98	0.74
10	Geo	0.73	6.71	2.86	3.49	5.74	0.43
11	Estación de Bombeo 2	1	6.32	2.44	3.1	5.32	0.03
12	Orica	1.52	5.58	1.9	2.36	4.72	0.75
13	Cancha de Nitratos	1.62	5.3	1.96	2.09	4.69	1.04
14	Mirador Evelyn	3.41	4.74	0.02	2.07	2.87	2.45
15	Chancadora Primaria	2.68	4.7	0.86	1.64	3.57	1.83
16	Campamento XP	6.52	4.28	3.14	3.91	0.42	5.57
17	Campamento Pumamarca	8.07	4.31	4.73	5.07	1.85	7.16
18	Planta Concentradora	7.02	0.2	4.94	3.42	4.03	6.54
19	Faja Overland Q3	3.53	3.41	1.77	0.3	3.34	2.93
20	Presa de Relaves	4.64	2.28	2.56	1.01	3	4.07
21	Presa de Sedimentación	3.31	3.94	0.99	1.08	3.06	2.55
22	Faja Overland Q4	5.42	1.41	3.73	1.91	3.81	5.01
23	Presa Chuspiri	7.84	1.9	5.08	4.25	3.12	7.16

Nota: elaboración propia

Distancia entre zonas de interés (puntos más alejados) a ubicación de sensores

En la tabla 7 se muestra la distancia aproximada del punto más alejado de cada una de las zonas/áreas de interés con respecto a los diferentes sitios de sensor. Se puede observar cuales se encuentran a menos de 3 Km, menos de 5 Km y más de 5 Km de distancia de cada uno de los sensores.

Tabla 7*Distancia de los puntos más alejados al sitio del sensor*

N°	Zona / Área	Distancia (d) de la coordenada referencial al sitio del sensor (km)					
		SURPHUY	PLANTA	EVELYN	ANTAWASI	XP_CAMP	TRUCKSHOP
1	Tajo Ferrobamba	6.18	7.25	2.89	4.36	5.39	5.17
2	Campamento Antawasi	4.07	3.37	2.78	0.71	4.02	3.68
3	Truck Shop	1.39	6.31	2.38	3.09	5.27	0.41
4	Llaveropampa	1.23	7.99	4.17	4.77	7.05	1.77
5	Campamento Pionero	1.42	6.76	2.82	3.55	5.7	0.44
6	Plataforma Fase 5	0.87	6.52	2.71	3.3	5.59	0.28
7	Polvorín	0.94	7.43	3.51	4.23	6.4	1.15
8	Almacén Mina	0.83	6.6	2.77	3.39	5.65	0.34
9	DM14	0.98	7.2	3.27	3.99	6.16	0.91
10	Geo	0.79	6.77	2.91	3.55	5.8	0.49
11	Estación de Bombeo 2	1.06	6.42	2.58	3.21	5.46	0.14
12	Orica	1.63	5.66	2	2.45	4.82	0.86
13	Cancha de Nitratos	1.7	5.39	2.02	2.16	4.77	1.11
14	Mirador Evelyn	3.46	4.82	0.09	2.12	2.94	2.51
15	Chancadora Primaria	2.81	4.86	0.93	1.81	3.67	1.99
16	Campamento XP	7.28	5.06	3.9	4.84	1.36	6.32
17	Campamento Pumamarca	8.3	4.46	4.95	5.25	2.07	7.38
18	Planta Concentradora	7.83	1.11	5.84	4.31	4.79	7.41
19	Faja Overland Q3	4.29	4.19	3.11	1.49	4.09	3.95
20	Presa de Relaves	6.34	3.38	4.04	2.69	4.02	5.7
21	Presa de Sedimentación	3.74	4.33	1.15	1.33	3.32	2.93
22	Faja Overland Q4	6.7	2.57	4.77	3.13	4.11	6.25
23	Presa Chuspiri	8.64	2.49	5.85	5	3.73	7.97

Nota: elaboración propia

3.2 Sistemas Instalados

Inicialmente la Compañía Minera tiene implementado dos sistemas de detección de tormentas eléctricas: de campo magnético el SISTEMA STRIKE GUARD y de campo eléctrico el sistema ATSTORM, independientemente trabajando de forma particular. El centro de control, ubicado en el campamento Antawasi, monitorea ambos sistemas empleando software de monitoreo; para el caso del sistema Strike Guard, emplea el software Strike View Client, monitoreando los tres sensores instalados en: planta concentradora, estación Surphuy y estación Evelyn, y para el caso del sistema ATStorm, cuenta también con su software de monitoreo distinto.

El sistema ATSTORM se encuentra operando de manera automatizada haciendo activar las alertas visuales y sonoras de manera automática, a diferencia del sistema Strike Guard que en presencia, de alerta amarilla o alerta roja, hace que el operador de centro de control, active manualmente las alertas visuales y sonoras mediante el uso de una perilla.

3.2.1 Sistema Strike Guard

En las tablas 8 y 9 se muestran los principales componentes del sistema Strike Guard indoor y outdoor, se detallan las cantidades necesarias de cada componente.

Tabla 8

Componentes del sistema Strike Guard Indoor

Item	Cant.	Descripción
01	01	WXline equipment indoor Bulkhead
02	01	Lightning data receiver
03	01	Transmitter
04	01	Alarm reset
05	01	Cableado de FIBRA ÓPTICA
06	01	Servidor Hewlett Packard Elite Desk HP
07	01	Software Strike View Server
08	01	Conversor de Fibra Óptica a RS232

Nota: elaboración propia

Tabla 9*Componentes del sistema Strike Guard Outdoor*

Item	Cant.	Descripción
01	01	Sensor Strike Guard (SG)
02	01	Antenna Firestik
03	01	Cable coaxial de bajada LMR400
04	01	Cable de Fibra Óptica.

Nota: elaboración propia

Estación Surphuy

Las coordenadas GPS de la estación Surphuy son: latitud sur: 14° 06' 45.7" y longitud oeste: 72° 16' 38.2". Además, se cuenta con la siguiente información:

- Alimentación eléctrica 110 VAC estabilizada.
- Sensor instalado en techo de sala de comunicaciones libre de obstáculos.
- Distancia de la antena Tx al Sensor Strike Guard es de 20 mts aproximadamente. Si cumple con los requerimientos técnicos de instalación.
- Correcta verticalidad y rigidez del sensor.
- Equipos indoor en Bulkhead a temperaturas adecuadas.
- Se observa la presencia de una torre de comunicaciones de 45 mts de altura aproximadamente.
- Área para implementación del sensor de campo eléctrico CS110 disponible.
- Si es factible la implementación e integración del sensor de campo eléctrico CS110 con el actual sistema Strike Guard, instalándolo en las inmediaciones de la estación Surphuy, a unos 150 mts de distancia de la torre de comunicaciones.

Se tiene la figura 35, donde se puede observar la ubicación geográfica de la estación Strike Guard en Surphuy, además en la figura 36 se puede apreciar el diagrama de conexiones de los diferentes componentes que forman parte del sistema actual.

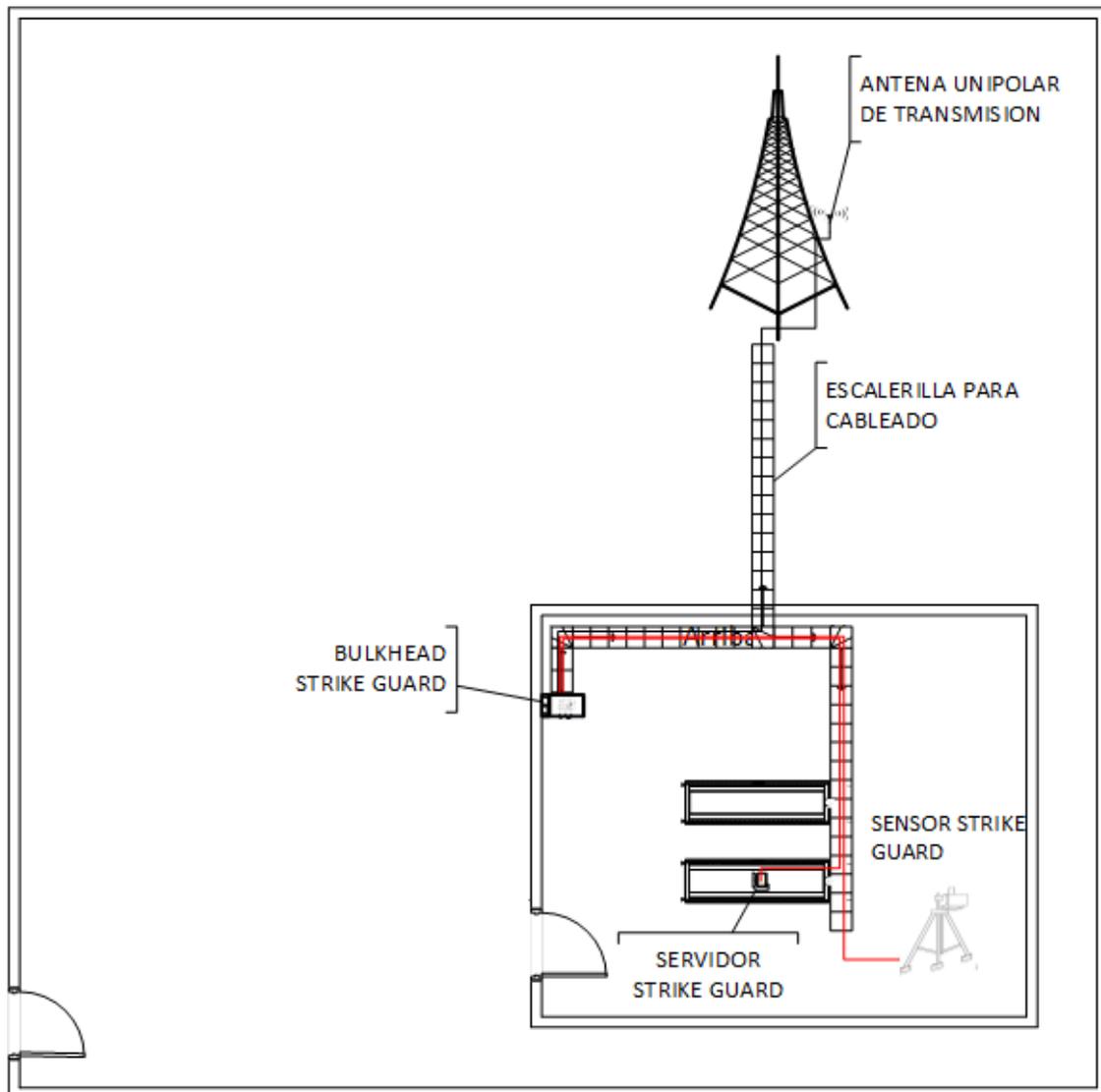
Figura 35

Ubicación de la estación Surphuy



Figura 36

Diagrama del sistema Strike Guard actual en la estación Surphuy



Nota: elaboración propia

En las figuras 37, 38 y 39 se observa el estado de los equipos instalados en la estación Surphuy.

Figura 37

Vista del sensor Strike Guard en la estación Surphuy



Nota: elaboración propia

Figura 38

Vista del equipamiento indoor en gabinete Bulkhead de Surphuy



Nota: elaboración propia

Figura 39

Vista del sensor Strike Guard y equipo servidor de Surphuy



Nota: elaboración propia

Estación Planta Concentradora

Las coordenadas GPS de la estación Planta Concentradora son: latitud sur: 14° 05' 22.1" y longitud oeste: 72° 20' 08.1". Además, se cuenta con la siguiente información:

- Alimentación eléctrica 110 VAC estabilizada.
- Sensor instalado en estructura metálica libre de obstáculos.
- Distancia de antena Tx al Sensor Strike Guard es de 12 mts aproximadamente. Si cumple con los requerimientos técnicos de instalación.
- Correcta Verticalidad y rigidez del sensor.
- Equipos indoor en Bulkhead a temperaturas adecuadas.
- No es factible la implementación e integración del sensor de campo eléctrico CS110, ya que el lugar no cumple con los requerimientos de instalación de este instrumento: distancia mínima a obstrucciones verticales, posibles fuentes de interferencia, etc.

- Para la instalación del sensor CS110 se requiere de otra ubicación.

Consideramos la figura 40, donde se puede observar la ubicación geográfica de la estación Strike Guard en Planta Concentradora, y se tiene la figura 41 donde se aprecia el diagrama de conexiones de los diferentes componentes que conforman el sistema de detección de tormentas actual.

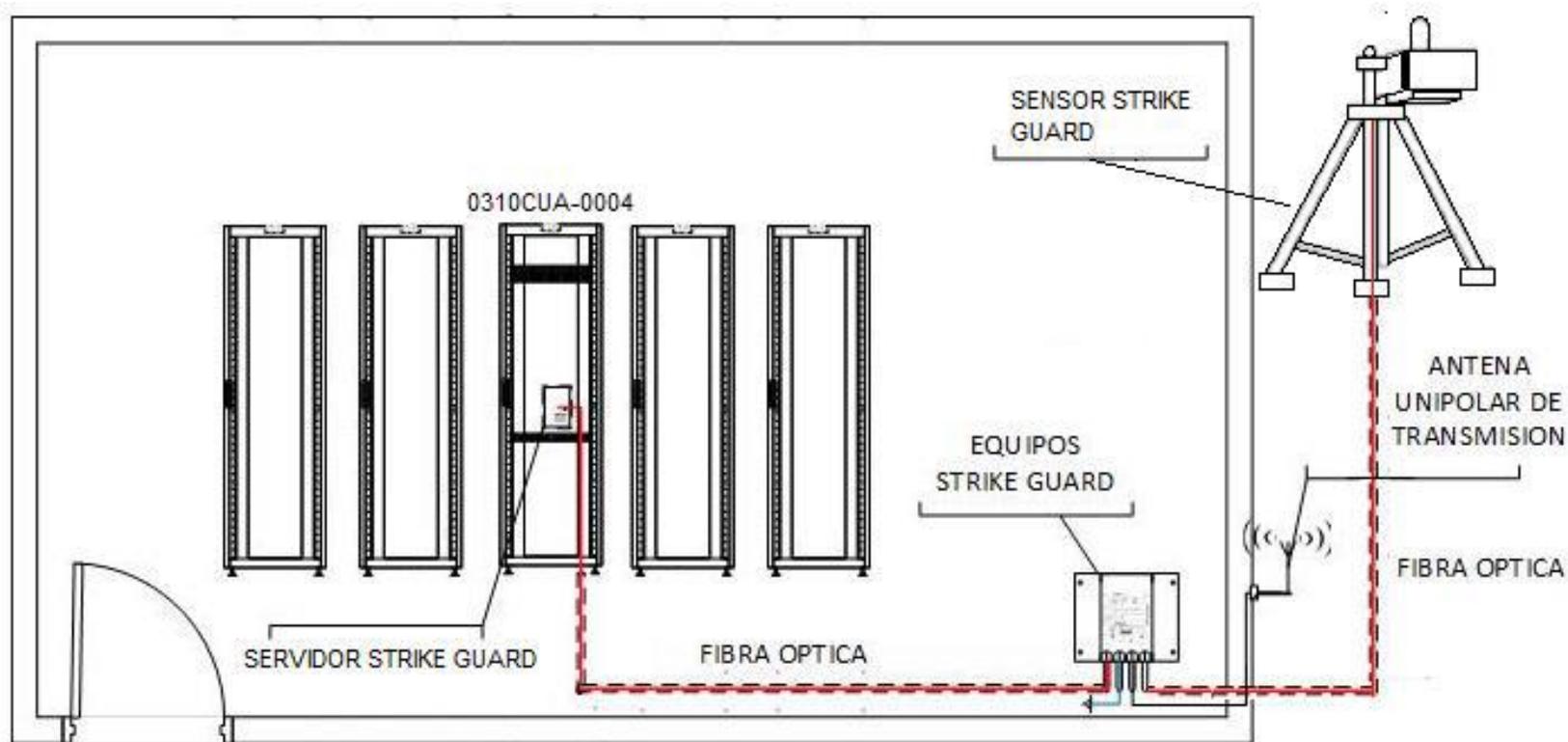
Figura 40

Ubicación de estación en Planta Concentradora



Figura 41

Diagrama del sistema Strike Guard instalado en Planta Concentradora



Nota: elaboración propia

En las figuras 42, 43, 44 y 45 se observa el estado de los equipos instalados en la estación en Planta Concentradora.

Figura 42

Vista de sensor Strike Guard y antena Tx Planta Concentradora



Nota: elaboración propia

Figura 43

Vista de la antena Tx en Planta Concentradora



Nota: elaboración propia

Figura 44

Vista gabinete WxEIB de estación Planta Concentradora



Nota: elaboración propia

Figura 45

Detalles interior gabinete WxEIB y servidor Strike View



Nota: elaboración propia

Estación Evelyn

Las coordenadas GPS de la estación Evelyn son: latitud sur: 14° 05' 08.5" y longitud oeste: 72° 17' 31.2". Además, se cuenta con la siguiente información:

- Alimentación eléctrica 110 VAC estabilizada.
- Sensor instalado en techo de container libre de obstáculos.
- Distancia de Antena Tx al Sensor Strike Guard es de 1.5 mts aproximadamente.
No cumple con los requerimientos técnicos de instalación. Es necesario reubicar Antena de transmisión.
- Correcta Verticalidad y rigidez del sensor.
- Equipos indoor en Bulkhead a temperaturas adecuadas.

- Se observa la presencia de torres de alta tensión en el área, las cuales están a menos de 100 mts de distancia de la ubicación del sensor, las cuales pueden afectar el correcto funcionamiento del sensor SG.
- Se observa la existencia de una torre de comunicaciones de 50 metros de altura aproximadamente, la cual perjudica la implementación e integración del sensor de campo eléctrico CS110.
- Para la correcta operación del sensor Strike Guard, y para la instalación y operación del sensor de campo eléctrico CS110, se requiere de otra ubicación que si cumpla con los requisitos de instalación de ambos instrumentos.

Se tiene la figura 46 donde se puede observar la ubicación geográfica de la estación Strike Guard de Evelyn, y en también la figura 47 que muestra el diagrama de conexiones de los diferentes componentes que forman parte del sistema. Además, en las figuras 48, 49 y 50 se observa el estado de los equipos instalados en la estación Evelyn.

Figura 46

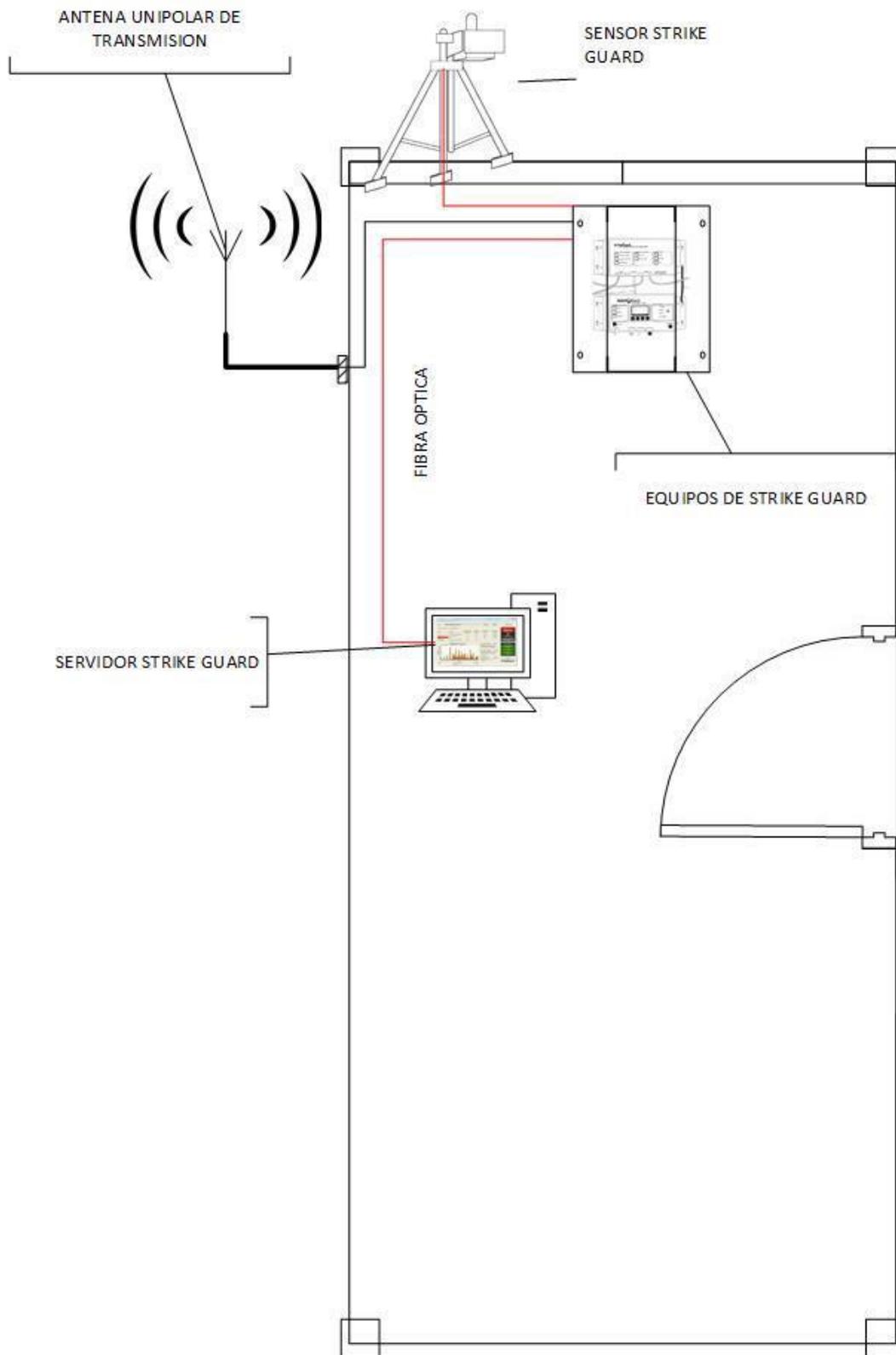
Ubicación de estación Strike Guard en Evelyn



Nota: elaboración propia

Figura 47

Diagrama del sistema Strike Guard en estación Evelyn



Nota: elaboración propia

Figura 48

Container del equipamiento indoor en estación Evelyn



Nota: elaboración propia

Figura 49

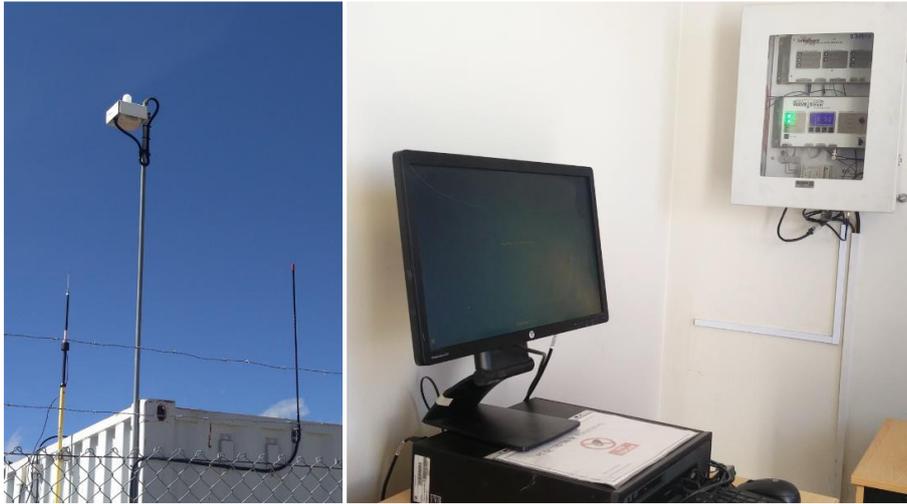
Vista del equipamiento indoor en gabinete Bulkhead



Nota elaboración propia

Figura 50

Vista del sensor, gabinete Bulkhead y servidor Strike View



Nota: elaboración propia

3.2.2 Sistema Atstorm

En las tablas 10 y 11 se muestran los principales componentes del sistema Atstorm indoor y outdoor.

Tabla 10

Componentes del sistema Atstorm Indoor

Item	Cant.	Descripción
01	01	PLC Allen – Bradley L27ERM
02	01	Switch Allen – Bradley
03	01	Fuente Siemens logo power 6EP1332-1SH52
04	01	Industrial Cellular Gateway PROSOFT ICX30-HWC
05	01	Sistema de monitoreo ATSTORM
06	02	Equipo Strike Guard Sequencer (Inoperativo, sin uso)
07	01	Alerta visual (Strobos color rojo)

Nota: elaboración propia

Tabla 11

Componentes del sistema Atstorm Outdoor

Item	Cant.	Descripción
01	01	Sensor ATStorm
02	01	Bocina Federal Signal
03	01	Caja outdoor de operación
04	01	Enlace de red punto a punto

Nota: elaboración propia

Estación de Bombeo 2 – Truck Shop

Las coordenadas GPS de la estación de Bombo 2 – Truck Shop son: latitud sur: 14° 06' 12.8" y longitud oeste: 72° 16' 43.6". Además, se cuenta con la siguiente información:

- Durante la visita, no se pudo tener acceso a los equipos instalados, y sólo se pudieron tomar datos de forma visual.
- No es factible la implementación del sensor de campo eléctrico CS110, ya que el lugar no cumple con los requerimientos de instalación de este instrumento: distancia mínima a obstrucciones verticales, visibilidad, posibles fuentes de interferencia, etc.
- No es factible la instalación del sensor Strike Guard en esta ubicación, ya que no cumple con los requisitos de visibilidad libre hacia la atmósfera en todas las direcciones y por posibles fuentes de interferencia.
- Para la correcta operación del sensor Strike Guard, y para la instalación, operación e integración del sensor de campo eléctrico CS110, se requiere de otra ubicación que si cumpla con los requisitos de instalación de ambos instrumentos.
- Durante la visita se pudo confirmar que este punto se encuentra a una distancia aproximadamente. de 1 Km de la estación Surphuy, por lo que no sería necesario mantenerlo en operación una vez que se implemente el sistema completo (Strike Guard y CS110) en dicha estación.

Se puede observar en la figura 51, la ubicación geográfica de la estación ATStorm en la estación de Bombeo N°2 en la zona de Truck Shop. Por otro lado, en las figuras 52 y 53 se observa el estado de los equipos instalados en la estación de Bombeo N°2 – Truck Shop.

Figura 51

Ubicación de estación de Bombeo N°2 - Truck Shop



Figura 52

Estación ATStorm en estación de Bombeo N°2 - Truck Shop



Nota: elaboración propia

Figura 53

Vista completa de estación ATStorm en estación de Bombeo N°2



Nota: elaboración propia

Estación Centro de Control Antawasi

Las coordenadas GPS de la estación Centro de Control Antawasi son: latitud sur: 14° 05´ 50.0" y longitud oeste: 72° 18´ 25.2". Además, se cuenta con la siguiente información:

- Sistema ATStorm no se encuentra integrado al Sistema strike Guard. Cada sistema trabaja independientemente.
- Sistema ATStore se activa automáticamente en alerta amarilla y roja.
- Uso del software Strike View Client para monitorear las áreas implementados con el Sistema Strike Guard:
 - Estación Surfuy
 - Estación Evelyn
 - Estación Planta concentradora.
 - 02 equipos Sequencer inactivos (apagados).
 - El sistema de anunciación visual y sonora de la Compañía Minera se activa manualmente activando perillas cuando se verifica en el Software Strike View Client del Sistema Strike Guard el estado de alertas de tormentas eléctricas.
 - Si es factible la instalación del sensor Strike Guard en esta ubicación.
 - No es factible la implementación e integración del sensor de campo eléctrico CS110, ya que el lugar no cumple con los requerimientos de instalación de este instrumento: distancia mínima a obstrucciones verticales, área mínima libre, posibles fuentes de interferencia, etc.
 - Para la instalación, integración y correcta operación del sensor de campo eléctrico CS110, se requiere de otra ubicación que si cumpla con los requisitos de instalación de este instrumento.

En las tablas 12 y 13 se describen el equipamiento instalado en la estación Central de Control Antawasi.

Tabla 12*Equipos ATStorm Indoor*

EQUIPOS ATSTORM - INDOOR		
Item	Cant.	Descripción
01	01	PLC Allen – Bradley L27ERM
02	01	Switch Allen – Bradley
03	01	Fuente Siemens logo power 6EP1332-1SH52
04	01	Industrial Cellular Gateway PROSOFT ICX30-HWC
05	01	Sistema de monitoreo ATSTORM
06	02	Equipo Strike Guard Sequencer (Inoperativo, sin uso)

Nota: elaboración propia

Tabla 13*Equipos ATStorm Outdoor*

Item	Cant.	Descripción
01	01	Sensor ATStorm
02	01	Bocina Federal Signal
03	01	Caja outdoor de operación
04	02	Antena Firestik (sin uso)

Nota: elaboración propia

Sobre la figura 54 se tiene la ubicación geográfica de la estación ATStorm, en el Centro de Control de Antawasi. Por otro lado, en las figuras 55, 56 y 57 se observa el estado de los equipos instalados en el campamento Antawasi.

Figura 54

Ubicación de estación ATStorm en campamento Antawasi



Figura 55

Vista del gabinete de equipos indoor y software ATStorm



Nota: elaboración propia

Figura 56

Vista de sensor ATStorm en oficina de Centro de Control Antawasi



Nota: elaboración propia

Figura 57

Vista de interior del gabinete de equipos indoor ATStorm



Nota: elaboración propia

Estación XP Camp

Las coordenadas GPS de la estación XP Camp son: latitud sur: 14° 03' 40.7" y longitud oeste: 72° 18' 35.5". Además, se cuenta con la siguiente información:

- Durante la visita, no se pudo tener acceso a los equipos instalados, y sólo se pudieron tomar datos de forma visual.
- En esta ubicación si es factible la implementación del sensor de campo eléctrico CS110, así como la instalación del sensor de campo magnético Strike Guard.

En la tabla 14 se describe el equipamiento instalado en la estación XP Camp, equipos ATStorm outdoor.

Tabla 14

Equipos ATStorm outdoor

Item	Cant.	Descripción
01	01	Sensor ATStorm
02	01	Bocina Federal Signal
03	01	Caja outdoor de operación
04	01	Panel solar

Nota: elaboración propia

Se aprecia la figura 58 donde se puede observar la ubicación geográfica de la Estación XP-Camp, en el Campamento XP, y en la figura 59 se tiene una vista de la estación ATStorm de campamento XP.

Figura 58

Ubicación de estación ATStorm Campamento XP



Figura 59

Vista de estación ATStorm de Campamento XP



Nota: elaboración propia

3.2.3 Bocinas Federal Signal

A continuación, se muestran la ubicación de las cuatro bocinas Federal Signal instaladas en la mina.

Campamento Antawasi

Se tienen las siguientes coordenadas GPS: latitud sur: 14° 05' 51.90" y longitud oeste: 72° 18' 30.80". En la figura 60 se observa la bocina Federal Signal.

Figura 60

Bocina Federal Signal en campamento Antawasi



Nota: elaboración propia

Campamento Faja J

Se tienen las siguientes coordenadas GPS: latitud sur: 14° 05' 38.65" y longitud oeste: 72° 17' 29.73".

Campamento Main Office

Se tienen las siguientes coordenadas GPS: latitud sur: 14° 05' 18.96" y longitud oeste: 72° 20' 18.86".

Estación de Bombeo N°2 Truck Shop

Se tienen las siguientes coordenadas GPS: latitud sur: 14° 06' 12.8" y longitud oeste: 72° 16' 43.60".

Después de la visita realizada a la mina, se tuvieron los siguientes comentarios y observaciones:

- La mina cuenta con suministro de energía eléctrica de 110 VAC estabilizada, la cual es idónea para el suministro eléctrico de los equipos.
- El sistema de notificación automático de alertas WAVE-Siren se encuentra desactivado (sin uso), y actualmente cuando el sistema Strike Guard reporta una condición de Alarma, el operador de Centro de Control tiene que activar manualmente las Estaciones de Alarma (bocinas y luces), para lo cual acciona una perilla.
- Para el caso del sistema ATStorm, éste si activa automáticamente a las estaciones de alarma (bocinas y luces), sin la intervención de un operador.
- Como el sistema automático de activación de alertas sólo funciona para el sistema ATStorm, las alertas automáticas sólo se dan para el caso de las tormentas locales (las que se desarrollan sobre la unidad minera); para el caso de las tormentas entrantes (las que se presentan con mucha frecuencia), se depende de la actuación del operador de centro de control.
- Estación Surphuy: La ubicación actual de la Estación Surphuy califica para la instalación del sensor de campo eléctrico CS110, el cual complementaría al sistema Strike Guard actualmente instalado.

- De la estación Planta Concentradora, esta ubicación no califica para la instalación del sensor CS110, por lo que se tiene que determinar una ubicación idónea para esta instalación. Se puede mantener el sensor Strike Guard en su ubicación actual, e instalar el sensor de campo eléctrico CS110 en un sitio adecuado, y a través de un enlace apropiado integrar la data de este instrumento con el Sistema Strike Guard. Otra opción es trasladar también el sensor Strike Guard a la nueva ubicación, lo cual podría facilitar los trabajos de mantenimiento en esta estación.
- De la estación Evelyn, la ubicación actual no califica para la instalación del sensor de campo eléctrico CS110, debido a la presencia de grandes obstrucciones verticales y falta de espacio físico para alejarse de las mismas. Por otro lado, al existir líneas de alta tensión en las cercanías del sensor Strike Guard, se recomienda que este sensor sea trasladado a una nueva ubicación libre de fuentes de ruido e interferencia, guardando las recomendaciones de instalación del fabricante. Por lo anterior sería recomendable ubicar un lugar idóneo en las cercanías de Evelyn, para la instalación de ambos instrumentos, que pueda cubrir las zonas de interés correspondientes.
- De la estación de Bombas N° 2 – Truck Shop, la ubicación actual no califica para la instalación del sensor de campo eléctrico CS110 (obstrucciones, visibilidad, área mínima disponible, etc); lo mismo ocurre para el caso del sensor Strike Guard (falta de visibilidad hacia la atmósfera sobre los 10° de elevación). Tomando en cuenta la cercanía de este punto con la estación Surphuy, sería recomendable desactivar esta estación y trabajar sólo con la estación de Surphuy (una vez se tengan los sensores Strike Guard y CS110 en funcionamiento).
- De la estación Centro de Control Antawasi, se tiene que, en el campamento Antawasi no se dispone de un lugar apropiado que pueda cumplir con los requerimientos de instalación del sensor CS110 (visibilidad, área mínima, alejamiento de obstrucciones, etc.). Para poder instalar el sensor de campo

eléctrico se debe determinar una nueva ubicación que si cumpla con los requerimientos de fábrica. Se podría instalar el sensor de campo magnético Strike Guard en la ubicación actual del sistema (techo de Centro de Control) o en la misma ubicación física donde se instalaría el sensor CS110.

- De la estación XP-Camp, se tiene que, esta ubicación califica para la instalación del sistema Strike Guard – CS110. Durante la visita se pudo observar que este campamento se encuentra sin uso (cerrado), pero la ubicación de este punto abarca la parte Nor-Oeste de la Compañía Minera.
- El sistema de notificación automático de alertas debe activar y desactivar a las estaciones de alarmas (bocinas y luces) de manera automática, usando para ello la señal de alarma reportada por el sensor de campo eléctrico y/o magnético.

3.3 Requerimientos del Sistema

A continuación, se indican los requerimientos que deberá cumplir el diseño del nuevo sistema de detección de tormentas eléctricas para la Compañía Minera, así como algunas consideraciones específicas a tener en cuenta para el mismo.

3.3.1 Requerimientos de la Compañía Minera

Los requerimientos indicados por la Compañía Minera, para el diseño de un sistema de detección de tormentas y advertencia de rayos (Lightning Warning System - LWS) son los siguientes:

1. Cubrir todas las áreas de operación, utilizando sensores de rayos del tipo fijo, de montaje externo e instalados en un radio de cinco kilómetros (km) de todas las áreas de operación.
2. Estar disponible 24/7.
3. Contar con sensores de rayos del tipo fijo, montados externamente.

4. Cualquier lugar de trabajo crítico a más de 5 km de distancia de un sensor LWS debe estar cubierto por un sensor LWS en red adicional.
5. Debe detectar rayos de nube a nube y de nube a tierra.
6. Debe utilizar dos tecnologías independientes de detección de rayos para la validación de amenaza y peligro de rayos.
7. Debe utilizar enlaces de fibra óptica no conductivos entre los componentes del sistema LWS.
8. Debe tener capacidades de auto prueba que cubran al sensor de rayos, la batería y los sistemas de notificación.
9. Debe proveer notificaciones automáticas de amenaza de rayos del tipo audible y visual.
10. Debe incluir el uso de detectores de campo eléctrico, integrados en una sola plataforma de detección de rayos y notificación de amenazas.
11. Debe ser diseñado tomando en cuenta los factores que pueden afectar la precisión de las predicciones del sistema de advertencia (por ejemplo, requisitos para una vista razonablemente clara del cielo, sin grandes obstáculos cercanos dentro de los 10% sobre el horizonte).
12. Debe tener rangos de alerta (rojo y regreso al trabajo) configurados en línea con los requisitos del estándar de riesgo fatal de la Compañía Minera.
13. Todas las alertas automáticas del tipo audible (sirenas) y visual (balizas) deberán ser las mismas para todos los LWS utilizados en un sitio / ubicación determinado (en el caso se empleen múltiples LWS).
14. El centro de comando y control debe contar con dispositivos de protección contra sobretensiones (SPD) debidamente dimensionados y conectados a tierra, en todos los cables de cobre (cable coaxial de radio, línea telefónica, línea de datos, cableado de alimentación entrante, etc.) en el punto de entrada de servicio y en el punto de salida de servicio y en otros controles de mitigación (por ejemplo, bluetooth), si es práctico / aplicable. Los SPD y las medidas de

mitigación (por ejemplo: bluetooth) reducen el riesgo, pero no eliminan el riesgo para los controladores de los LWS, los cuales también pueden estar sujetos a transitorios de voltaje inducido por la actividad de los rayos cercanos.

15. Se debe disponer de un monitoreo centralizado donde sea práctico, para sitios grandes con múltiples sensores LWS en uso.

16. Diseñar e implementar un programa de mantenimiento consistente con los requisitos de mantenimiento del OEM detallados en el documento de diseño de LWS e incluyendo un chequeo anual, 1 ó 2 meses antes del comienzo de la temporada alta de rayos, el cual cubrirá:

- Medición de los niveles de presión sonora de las alertas audibles (decibelios pico mantenidos) para las sirenas LWS y el ruido ambiental de fondo normal. Confirmación de que las sirenas tienen un mínimo de 10 dB por encima del fondo.
- Reemplazo anual de las baterías en los equipos receptores de datos y sirenas, y el reemplazo del stock de repuestos de baterías para los equipos receptores de datos y sirenas.

Cada tres años, enviar el sensor LWS para recibir calibración de fábrica y se reemplace todas las baterías internas. Contactar con el proveedor de LWS para organizar la entrega avanzada de un sensor de cambio, para limitar el tiempo de inactividad a unos pocos minutos. Se debe comprar previamente una opción avanzada de cambio para los sitios actuales de LWS y para las nuevas instalaciones. Mantenimiento del software del proveedor de LWS / contrato de soporte de TI y uso de la versión más actualizada / apropiada del software LWS.

3.3.2 Consideraciones para el Diseño

A continuación, se indican las consideraciones a tomarse en cuenta para el diseño del sistema, algunas de ellas indicadas por el área usuaria de la Compañía Minera, específicamente los puntos 6 y 7:

1. Envío automático de alertas por correo electrónico y SMS.
2. Activación automática de sirenas y luces estroboscópicas (beacons) en las áreas afectadas. Cada sistema deberá activar sus propias alarmas, por zonas.
3. Emitir alertas periódicas, rojo: cada 10 minutos, volver al trabajo: dos veces, cada 5 minutos. Todo el tiempo en alerta roja, el sistema debe repetir cada 10 minutos el sonido característico para esta condición. Cuando termine la condición de alerta roja, el sistema debe emitir un sonido diferente que indique el final de la alerta, pero también después de 5 minutos debe repetir este sonido una vez más.
4. Emisión de alertas de radio automáticas en todos los canales. Se requiere tener una interfaz capaz de controlar la emisión de mensajes de alerta desde la plataforma móvil de radio utilizada en las instalaciones de la mina, a las radios portátiles (handies) y móviles.
5. Registro de la hora / fecha / tipo de alerta o cambio de alerta.
6. Implementación de comunicaciones bidireccionales en el sistema WAVE Siren, para permitir que el sistema sepa qué estaciones recibieron la señal de activación y cuáles están fuera de línea.
7. Tener algunas estaciones de alarma WAVE Siren con la capacidad de recibir diferentes señales de radio de diferentes transmisores; se menciona que tienen extensiones considerables bajo la cobertura de más de un detector, las estaciones de alarma dentro de estas áreas deben responder a cualquier detector dentro de los 5 km o menos.

3.4 Diseño Propuesto

3.4.1 Sistema Strike Guard CS110

El Sistema Strike Guard CS110, brinda la posibilidad de contar con un sistema de detección de tormentas eléctricas y advertencia de rayos completo y automatizado; este sistema permite al usuario:

- Detectar y monitorear la actividad eléctrica entre nubes (rayos de nube-nube) y nube- tierra en varios rangos de distancia, determinando las condiciones de Alarma y de todo despejado.
- Detectar los niveles de campo eléctrico inducido en el suelo por las nubes situadas en las cercanías del sitio de interés, donde el potencial de descarga de un rayo se puede pronosticar.
- Reacción automatizada del sistema de sirenas y/o luces estroboscópicas inalámbricas, para condiciones de Alarma y de todo despejado.

Con el sistema Strike Guard CS110, el usuario puede contar con mediciones de campo eléctrico continuo y una amplia información de detección de rayos.

El sistema CS110 Strike Guard, véase figura 61, se suele montar sobre un trípode o poste, y puede ser alimentado por energía solar. Los enlaces de fibra óptica ofrecen una mayor fiabilidad en comparación con la comunicación tradicional de hilos de cobre en un entorno de tormenta eléctrica.

Los resultados de la información detectada por ambos instrumentos son mostrados en el software Strike View de Wxline, véase figura 62, de forma sencilla, fácil de usar y con intervalos personalizados de umbral, indicando cual instrumento emite el estado de precaución, advertencia o alarma.

Figura 61

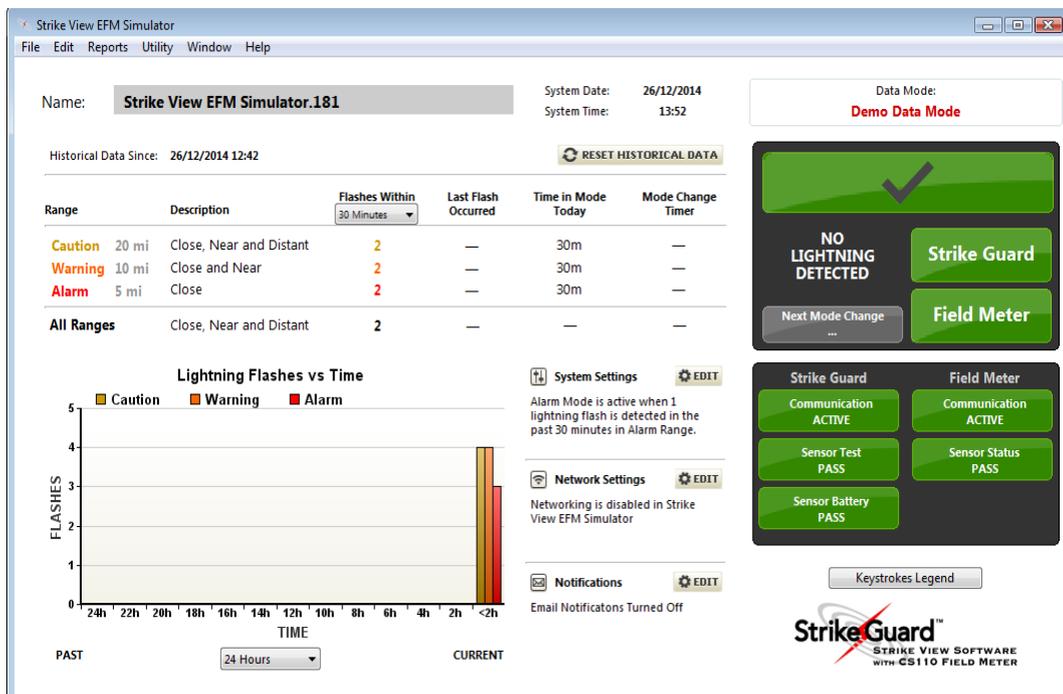
Sistema Strike Guard CS110



Nota: elaboración propia

Figura 62

Software Strike View, versión para SG&CS110



Nota: elaboración propia

Al igual que el sistema Strike Guard standard, el sistema Strike Guard CS110 cuenta con el sistema de notificación automático de alertas, conformado por estaciones de alarma con bocinas y/o luces estroboscópicas, las cuales se activan y desactivan de manera automática ante la presencia de una alarma y cuando la tormenta se retira.

Sensor Strike Guard

El sensor Strike Guard utiliza tecnología de punta para la detección e identificación de tormentas eléctricas, y atiende los temas más exigentes de seguridad contra rayos y aplicaciones de protección de equipos críticos.

Ha sido diseñado particularmente para aplicaciones industriales críticas, el sensor Strike Guard es capaz de monitorear los rayos de nube a nube y de nube a tierra dentro de un rango establecido por el usuario, y proporciona señalización de cierre de contacto en los umbrales de actividad de rayos configurados por el usuario. El procesamiento patentado, de señales ópticas y la tecnología patentada de coincidencia óptica evitan las falsas alarmas.

Los datos del sensor Strike Guard se comunican al módulo de recepción de datos (LDR: Lightning Data Receiver) a través de un cable de fibra óptica. El LDR cuenta con indicadores de estado del sistema, indicadores de precaución y alarma, y salidas compatibles de relays y de datos para conexión a una computadora.

La tecnología probada y patentada de Strike Guard proporciona una mejora significativa sobre sensores de rayo de primera generación. Strike Guard permite el inicio automático de planes de evacuación contra rayos, respaldo de datos, procedimientos de activación de generadores y procedimientos de apagado de equipos.

El sensor Strike Guard es un sensor de rayo con coincidencia-óptica que detecta descargas eléctricas atmosféricas (rayos) del tipo nube-nube y nube-tierra, dentro de un radio de 20 millas (32 Km). La información de las descargas atmosféricas, se clasifican en un rango de tres categorías, dependiendo de la distancia detectada:

- ALARM : dentro de 8 Km (5 millas)
- WARNING : dentro de 16 Km (10 millas)

- CAUTION : dentro de 32 Km (20 millas)

El enfoque de aproximación de coincidencia óptica requiere una señal óptica característica generada por un rayo, la cual debe coincidir con una señal de cambio de campo magnético característica para reportar el rayo y estimar la distancia a la cual se encuentra la tormenta. El Sistema Strike Guard es capaz de detectar los cambios de señal del campo magnético y el pulso óptico, los cuales son generados por la descarga del rayo, además haciendo uso de tecnología de procesamiento de señales genera alarmas que indican los tres (03) niveles de peligro mencionados anteriormente, y un cuarto estado que indica ausencia de tormenta, véase tabla 15:

Tabla 15

Niveles y estados de peligro

Estado	Color	Descripción
CLEAR	VERDE	No se detecta presencia de tormenta eléctrica
CAUTION	AMARILLO	Aproximación de tormenta a menos de 32 Km
WARNING	NARANJA	Aproximación de tormenta a menos de 16 Km
ALARM	ROJO	Aproximación de tormenta a menos de 8 Km

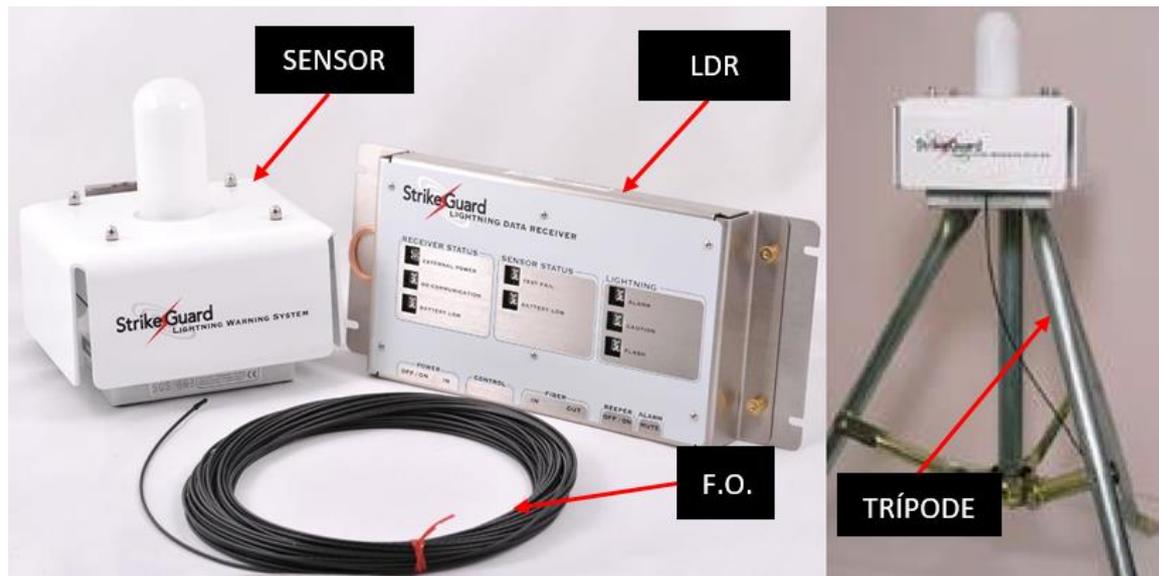
Nota: elaboración propia

Éstos estados son usados con la finalidad de avisar al personal de operaciones la presencia de la tormenta eléctrica, de tal manera que sean capaces de tomar las medidas de seguridad del caso. Como se mencionó anteriormente, una aplicación adicional, es la de desconectar algunos circuitos de alimentación (DC o AC) de equipos electrónicos críticos (repetidoras, centrales telefónicas, etc), los que por su naturaleza, sabemos que son susceptibles a sufrir averías por las descargas eléctricas.

El sistema Strike Guard básico, véase figura 63, consta de: un (01) sensor de descargas, un (01) receptor (LDR), lo cual permite la recepción e interpretación de las señales del sensor, un (01) cable de fibra óptica (F.O.), un (01) trípode.

Figura 63

Equipamiento de Sistema Strike Guard



Nota: elaboración propia

El sensor Strike Guard es energizado por una batería de litio y no requiere una fuente de alimentación externa, siendo la vida útil de la batería de cuatro (04) años aproximadamente., después de lo cual se deberá cambiar para asegurar el correcto funcionamiento del sensor. El cambio de esta batería se realiza al momento de enviar el sensor a fábrica (Tucson, Arizona USA), para recibir el servicio de calibración (servicio recomendado a partir del tercer año de funcionamiento).

Como el sensor Strike Guard utiliza la señal del campo magnético para determinar las cercanías de la tormenta eléctrica, los requisitos para elegir o determinar el lugar de instalación del sensor son mucho más flexibles que para los sensores de rayos que utilizan como referencia la señal de campo eléctrico; este es una de las mayores ventajas, que hacen del sistema Strike Guard único en su tipo.

El módulo receptor (LDR) está equipado con una pila de seguridad interna que permite al sistema operar continuamente ante una falla de alimentación eléctrica. Al estar el sensor conectado al receptor, a través de un cable de fibra óptica, se asegura un aislamiento eléctrico del mismo y se previenen falsas alarmas que podrían generarse si el medio de conexión fuera de cobre, debido a inducciones eléctricas.

El módulo LDR, así como los demás equipos interiores se instalan en un gabinete, denominado Bulkhead WxEIB, el cual provee protección eléctrica y ambiental para dichos equipos. El gabinete WxEIB consiste en un recinto de fibra de vidrio con una ventana de visualización transparente, la cual permite al usuario ver las indicaciones de estado de los equipos sin abrir el gabinete.

El gabinete WxEIB viene completamente ensamblado de fábrica, lo cual permite instalaciones de campo uniformes y con los estándares de fábrica, protegiendo a los equipos interiores y garantizando muchos años de funcionamiento sin problemas. Los equipos interiores y los accesorios de protección contra sobretensiones se unen a través de la placa de montaje de metal del gabinete para mantener todos los equipos con el mismo potencial eléctrico. El uso de supresores de sobretensiones de RF y AC protegen a los equipos interiores de sobretensiones y corrientes de sobretensión asociadas. El descargador de sobretensiones de VAC (pararrayos AC) incluye un LED de estado para indicar una condición normal o de falla, véase figura 64.

Figura 64

Gabinete Bulkhead WxEIB standard



Nota: elaboración propia

Sensor CS110

El medidor de campo eléctrico CS110 toma medida del componente vertical del campo eléctrico atmosférico presente en la superficie de la tierra. Estas mediciones del campo eléctrico atmosférico son útiles para evaluar el peligro local de caída de rayos y para la investigación de tormentas eléctricas. Las principales ventajas que ofrece el sensor CS110 son:

- Bajo consumo de energía
- Detecta el potencial de descarga atmosférica, proporcionando una advertencia previa a la caída del rayo a tierra.
- Autodiagnóstico extensivo para cada medición reduce o elimina el mantenimiento programado.
- Fácil mantenimiento del estator, el cual se puede remover para limpieza.
- Construcción robusta.
- Se puede integrar al sensor Strike Guard para disponer de un sistema completo de advertencia de amenaza de rayos.

El sensor CS110 mide el campo eléctrico inducido en el suelo por las nubes situadas en un radio de 5 a 7 millas (8 a 11 Km) del sensor, desde las cuales el potencial de descarga de un rayo se puede pronosticar. En contraste con medidores de campo eléctrico giratorio de paletas tradicionales, el sensor CS110 incorpora un obturador de movimiento alternativo para exponer intermitentemente un electrodo sensor a los campos eléctricos externos. El enfoque alternativo permite una conexión eléctrica directa al obturador en lugar de un contacto rotativo problemático. La posición del obturador completamente cerrado en el CS110 también proporciona una referencia de campo cero para cada ciclo de medición, que permite la corrección de errores de DC.

Como se indicó en el párrafo anterior, el sensor CS110 utiliza un obturador alternativo en lugar del tradicional molino de paletas rotativas. El obturador recíproco está conectado eléctricamente al potencial de tierra mediante una correa flexible de acero

inoxidable. La correa opera por debajo de su límite de fatiga, lo que resulta en una conexión a tierra eléctrica de alta fiabilidad para el obturador. El enfoque alternativo proporciona un mejor rendimiento de errores de baja frecuencia que el molino de campo de paletas giratorias tradicional porque tiene una referencia conveniente de campo cero (obturador cerrado). La referencia de campo cero permite que el sensor CS110 mida y luego corrija los voltajes de compensación electrónicos, los potenciales de contacto y las corrientes de fuga de cada medición individual.

El sensor CS110, véase figura 65, también contiene circuitos para medir y compensar las corrientes de fuga del aislador, que ocurren en la entrada del amplificador de carga, eliminando los errores de medición causados por los aisladores sucios. Si las superficies del aislador se vuelven conductivas debido a la contaminación de la superficie, un circuito de compensación de corriente de fuga aplica una corriente de polaridad igual y opuesta a la entrada del amplificador de carga que evita la saturación de los componentes electrónicos.

Figura 65

Sensor de campo eléctrico CS110



Nota: elaboración propia

Para el caso del sensor de Campo eléctrico CS110, para definir los distintos estados o modos, se ha establecido determinados umbrales de campo eléctrico dentro del CS110 (por ejemplo: 1.000 voltios/m = Precaución, 1.500 voltios/m = Advertencia y 2.000 voltios/m = Alarma), y una vez que el campo eléctrico llegue a este valor durante un minuto, se podrá observar este modo en la ventana correspondiente al Field Meter en el software Strike View.

Software Strike View (SG&CS110)

El software es bastante similar a la versión de software Strike View estándar. Para que el software Strike View pueda disponer de la información registrada por el sistema de sensores Strike Guard – CS110, se debe convertir previamente las señales de datos ópticas del sistema en señales de datos eléctricas adecuadas para ser recibidas por el puerto de comunicaciones COM de la computadora que se empleará como servidor del sistema; esta funcionalidad es realizada por el Convertidor de Fibra óptica a Serial RS232, de Strike Guard, véase figura 66.

Figura 66

Convertidor de fibra óptica Serial RS232



Nota: elaboración propia

El convertidor de Fibra óptica a Serial es un componente preparado para trabajar en un ambiente a prueba de rayos (inducciones eléctricas), y proporciona un medio económico para convertir Puertos de comunicaciones seriales standard RS-232 en enlaces bidireccionales de fibra óptica.

El convertidor de fibra óptica Strike Guard es capaz de reemplazar los cables seriales de cobre, los cuales son poco confiables y de baja velocidad en líneas de media velocidad con un cable de fibra óptica de bajo costo y sin uso de conectores. Es gracias a la tecnología Strike Guard que es posible reducir en gran medida los gastos y problemas relacionados con el uso de esquemas de conversión de fibra óptica de vidrio tradicional, y proporciona una tremenda mejora de fiabilidad sobre el uso de modems de par trenzado de corto alcance.

El convertidor de Fibra óptica a RS232 de Strike Guard, tiene las siguientes características:

- Comunicación serial a prueba de rayos (inducciones eléctricas) para una mayor fiabilidad y seguridad.
- Aumento de la distancia del enlace serial sobre los enlaces de cobre RS-232.
- Autonomía total de fuentes de alimentación externa: Port-powered.
- Terminación instantánea: sin conectores, sin crimpado, sin pulido, sin epóxido.
- Eliminación de dispositivos de supresión transitoria.
- Diseño robusto para una operación larga, duradera y sin problemas.

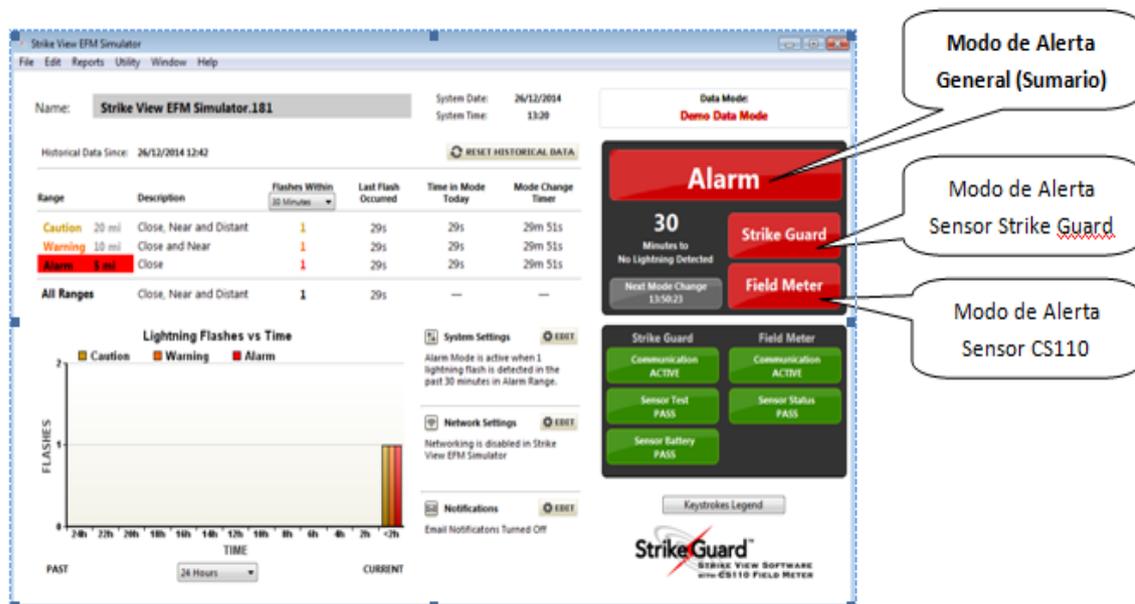
El software Strike View se ejecuta en una computadora con Windows® o Mac® conectada al módulo Receptor LDR de Strike Guard, proporcionando pantallas con los datos y registro de la actividad de rayos, notificaciones por correo electrónico, alarmas sonoras y visuales.

El software Strike View ayuda al usuario a categorizar los datos registrados de los rayos, analizar la progresión de la tormenta y estimar el tiempo para reanudar operaciones.

El software Strike View presenta y expande la información registrada y presentada por el módulo receptor LDR.

La siguiente figura 67, muestra cómo los datos de los sensores Strike Guard y CS110 se integran al paquete del software Strike View. Por ejemplo, para que el estado de Alerta Roja se active, bastará que uno o los dos indicadores (Strike Guard y/o Field Meter) estén en Rojo, para iniciar el estado de Alerta Roja en el sistema (Modo de Alerta General).

Figura 67
Software Strike View



Nota: elaboración propia

Para el monitoreo de los datos generados por el sistema Strike Guard – CS110, se deberá disponer de una computadora equipada con el software Strike View (server), una por cada sitio de sensor al cual se desee habilitar esta funcionalidad. A través del software: Strike View y una interface apropiada para la PC, un operador puede estar al tanto en tiempo real de las tormentas eléctricas que están ocurriendo: Distancia, actividad, histogramas, con la facilidad de archivar y analizar la información de la tormenta en detalle, así como información de status del campo eléctrico inducido de manera continua.

El servidor Strike View recibirá la data enviada desde el sistema de sensores Strike Guard – CS110 instalado, pudiendo el personal de Seguridad en dicha zona, visualizar directamente en dicho servidor, la actividad eléctrica en su respectiva zona. Al habilitar la opción cliente (licencia requerida), se puede acceder a la información recogida por el Servidor, desde cualquier máquina conectada a la red LAN del proyecto que tenga instalada el software Strike View Cliente. La característica de funcionamiento en red permite que múltiples Servidores Strike View puedan ser vistos desde diferentes clientes de Strike View (página de visualización) de manera simultánea; esta funcionalidad se ve en la figura 68.

En caso se tengan instalados varios sitios de sensor, cada uno de ellos con su respectivo Servidor Strike View, igualmente la información registrada por cada Servidor podrá ser visualizada desde múltiples clientes, para lo cual se requerirá la instalación del software Strike View Client (licencia requerida) como se observa en figura 69.

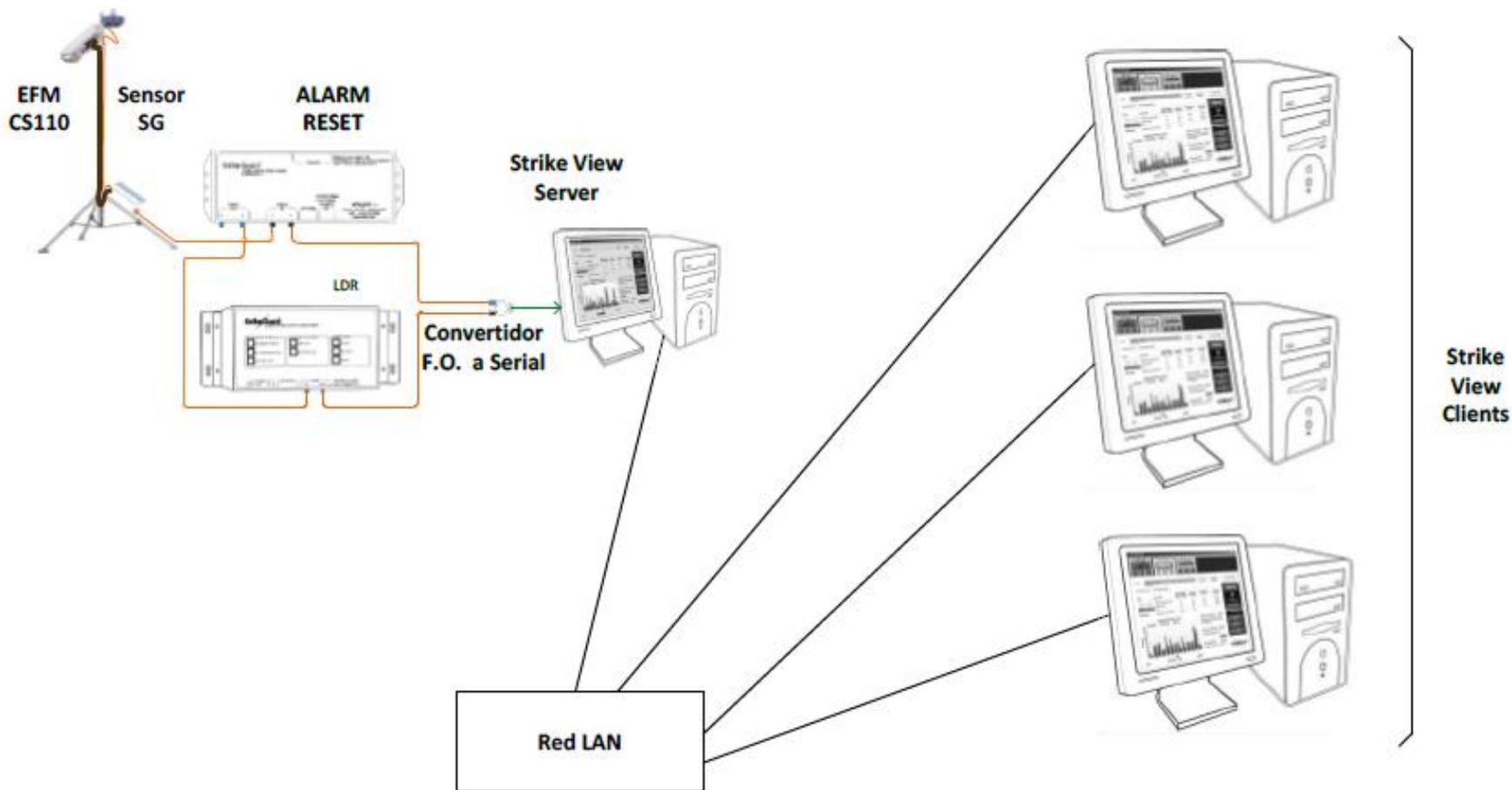
El software Strike View SG&CS110, presenta las siguientes características:

- Conteo de los rayos detectados, en tres categorías o rangos: Precaución (<32 Km), advertencia (<16 Km) y alarma (<8 Km).
- Detección del campo eléctrico inducido sobre el suelo en tres rangos o categorías: Precaución (1000 V-m), Advertencia (1500 V-m) Km) y Alarma (2000 V-m).
- Notificación por correo electrónico definido por el usuario, para el aviso de estado de alarma (detección de rayos y campo eléctrico inducido en los rangos indicados) y condiciones totalmente claras.
- Alarmas audibles y visuales configuradas por el usuario.
- Indicadores de estado del sistema, registro de datos de la tormenta e histograma.
- Cuenta hacia atrás para la condición de todo despejado: "No se detectó ningún rayo".
- Enlace de fibra óptica a prueba de rayos (inducciones eléctricas) entre el módulo Receptor de Datos (LDR) y la computadora empleada como Servidor.

- Las aplicaciones Strike View Server y Strike View Client operan haciendo uso de una red LAN, lo cual permite disponer de puntos de acceso múltiple.

Figura 68

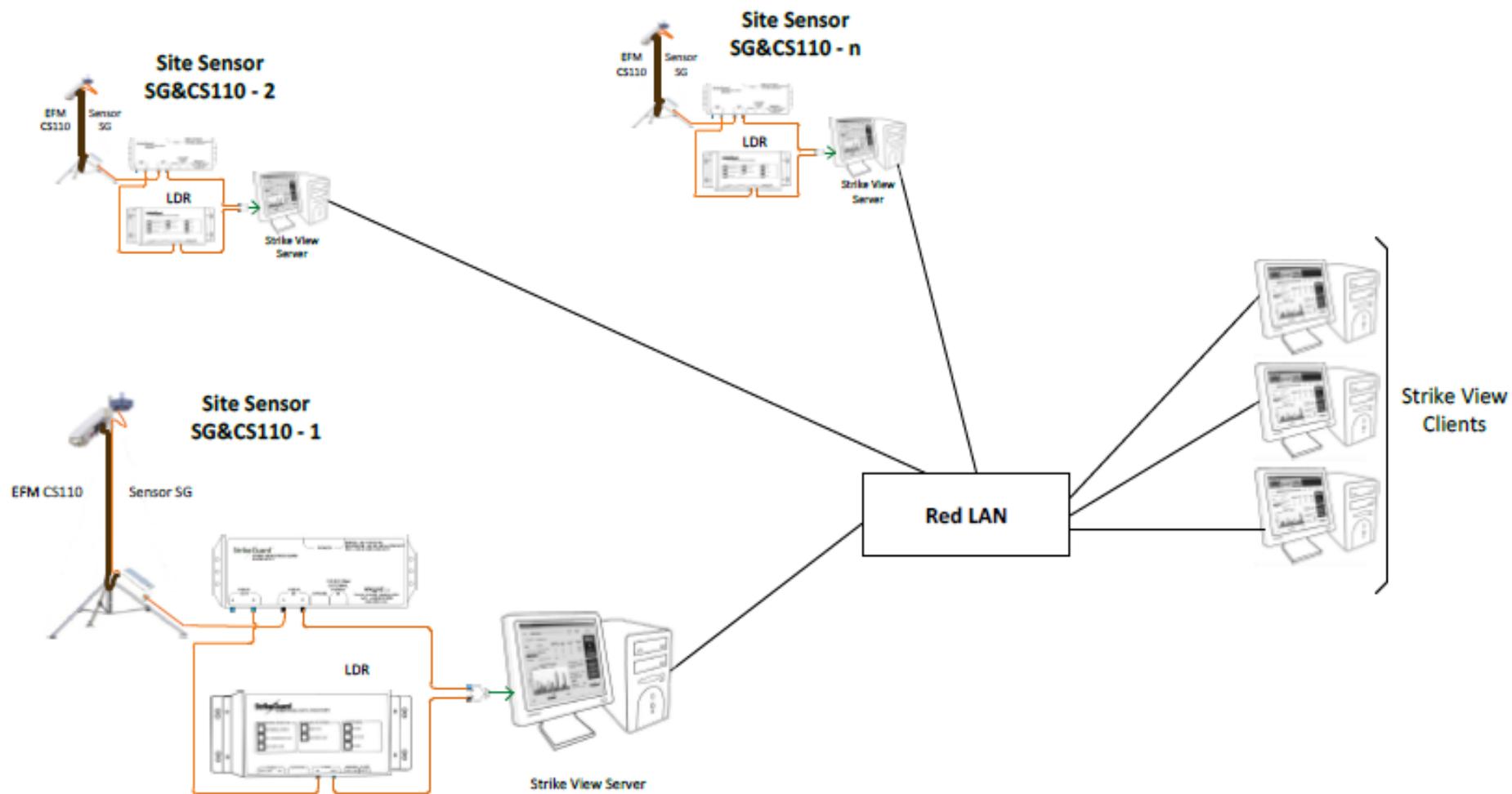
Strike View Server y clientes conectados a través de red LAN



Nota: elaboración propia

Figura 69

Múltiples sitios de sensor con Strike View Servers y clientes



En caso se produzca una pérdida eventual de conectividad hacia la red LAN por parte de los servidores del sistema Strike Guard – CS110, el software Strike View podrá aún operar de manera independiente, almacenando la actividad registrada, permitiendo la visualización y monitoreo del estado de las tormentas, activándose de manera automática el sistema de notificación de alarmas audibles y visuales, en las diferentes zonas, según la actividad detectada por su respectivo sensor.

Sistema de notificación automático de alertas WAVE SIREN

El sistema de Notificación automático de Alertas WAVE-Siren emplea tecnología inalámbrica de última generación para permitir la notificación de eventos de peligro ante la presencia de una tormenta eléctrica, emitiendo señales audibles y visuales.

El sistema WAVE Siren, consta de Estaciones de Alarma equipadas con sirenas y luces estroboscópicas, las cuales se activan y desactivan vía inalámbrica, con un transmisor de radiofrecuencia (Transmitter); así mismo se dispone de equipos Sequencers, los cuales son empleados para controlar equipos y o accesorios, permitiendo su conexión y/o desconexión durante la presencia de una tormenta eléctrica.

El sistema WAVE-Siren opera en baja frecuencia de radio (27.255 MHz) para operar en ambientes ruidosos y sobre terreno irregular de manera confiable y segura. Según sea el caso, se puede considerar el uso de sistemas de energía solar para alimentar las Estaciones Transmisoras y Estaciones de Alarma, o sistemas de energía alterna (220 VAC).

El sistema de Notificación automático de Alertas WAVE SIREN ofrece:

- Actuación de Estaciones de Alarma inalámbricas y equipos Sequencer de manera automática o manual dentro de un radio de hasta 4.8 Km.
- Comunicaciones codificadas seguras.
- Autocomprobación completa y automática de la comunicación de RF y el estado operacional del sistema.

- Posibilidad de luz estroboscópica de alta intensidad para notificación visual.
- Gabinete para las Estaciones NEMA 4X.
- Uso de señal de prueba de transmisión de RF para la selección del sitio de Siren Station
- Operación manual de la tecla u operación automática con señal de cierre de contacto.
- Horas programables de operación para restringir el control externo automatizado.
- Estación de sirena con energía solar u alterna disponible.
- Respaldo de batería de gran capacidad, para un funcionamiento ininterrumpido en un entorno de tormenta eléctrica.

Equipo WAVE Transmitter

Este equipo ha sido diseñado para aplicaciones críticas de seguridad, el transmisor WAVE (Transmitter) es capaz de emitir mensajes encriptados digitalmente en la frecuencia de 27.255 MHz (banda de frecuencia de HF), para activar las Estaciones de alarmas y equipos Sequencer dentro de un radio de hasta 4.8 km (3 millas); dispone de un amplificador de potencia de 10 Watts.

Figura 70

Equipo transmisor WAVE Transmitter



Nota: elaboración propia

El equipo Transmitter, véase figura 70, acepta señalización de cierre de contacto desde el módulo LDR, para la activación automática durante las horas programables de operación, de las Estaciones de alarma y equipos Sequencers, basándose en la detección de rayos locales por parte del sistema de sensores Strike Guard – CS110. El Transmitter tiene las siguientes características:

- Fácil programación a través de los interruptores del panel frontal.
- Monitoreo integral y automático del estado del sistema.
- Control manual o activación automática desde el contacto de cierre externo.
- Selección de manera manual de la transmisión deseada a través del panel frontal y la perilla de selección rápida.
- Transmisión de señal de prueba de comunicación con estaciones receptoras.

La antena estándar del transmisor WAVE es una antena de látigo de tres pies con herrajes de montaje de acero inoxidable. También está disponible un modelo opcional de dieciocho pies para controlar equipos remotos distantes u obstruidos. La antena generalmente se monta en un techo, con el transmisor ubicado dentro del edificio. La antena funciona de manera más eficiente con un radio de nueve o más pies de la superficie del techo debajo de ella y, por lo tanto, debe montarse al menos a nueve pies del borde del techo, si es posible.

Los mensajes de radio del transmisor salen a través de la antena en un patrón casi omnidireccional y son recibidos por el equipo remoto en el campo. El transmisor WAVE emite una señal con potencia de salida de 10 vatios con un alcance máximo de 10 millas en condiciones ideales. Sin embargo, el terreno y el entorno de la mayoría de los sitios reducen el alcance a unas 3 millas. La transmisión de radio requiere de línea de vista, por lo que la señal puede ser bloqueada o atenuada por edificios, colinas, arboledas, etc. La antena debe montarse de manera que se produzca un mínimo bloqueo o atenuación de la señal de radio.

Los mensajes se transmiten brevemente, según sea necesario, y dado que la transmisión por radio no es continua, no se requiere licencia de la FCC ni registro. Sobre las especificaciones se tiene:

- Tensión de alimentación: 90 – 264 VAC, 50 – 60 Hz (standard); 15 – 21 VDC (proveniente de panel solar)
- Frecuencia portadora: 27.255 MHz
- Ancho de banda: 6 KHz
- Modulación de RF: FSK
- Tiempo de transmisión: 1 segundo
- Impedancia de antena: 50 ohms
- Direcciones RF: 65,536
- Rango: antena standard de 3 pies: hasta 5 millas, antena de 18 pies: hasta 10 millas

Estaciones de alarma WAVE Siren Station

Las bocinas instaladas en las Estaciones de Alarmas WAVE Siren, véase figura 71, tienen un diseño modular para proporcionar una notificación audible específica para el área de cobertura y aplicación deseada. Según el área considerada para la cobertura y los requerimientos relacionados al nivel de presión sonora requeridos, las estaciones de sirena pueden contar con hasta cuatro bocinas, alimentadas con un amplificador de audio de 100 W, con controladores de compresión de alta eficiencia.

Figura 71

Estaciones de alarmas WAVE Siren



Nota: elaboración propia

Las Estaciones de Alarma tienen las siguientes características:

- Instalación simple y flexible a través de un diseño modular.
- Entrada de energía solar o de energía alterna (220 VCA).
- Uso de luz estroboscópica para proporcionar un indicador visual de la condición de alarma.
- Indicadores externos del estado del sistema.
- Nivel de presión sonora súper alta, direccional u omnidireccional.

Las estaciones remotas de Alarma WAVE Siren, están equipadas con tres bocinas y/o con una luz estroboscópica para el aviso del personal de campo, estos equipos deben

estar instalados de preferencia a un rango de 2 a 3 Km respecto al sitio de sensores para su mejor aprovechamiento de las zonas de seguridad y para que el personal de campo disponga de suficiente tiempo para buscar un refugio adecuado.

Equipo WAVE Sequencer

Como parte del sistema de Notificación Automático de Alertas, también se dispone de los equipos Sequencers. Los equipos WAVE Sequencer, véase figura 72, emplean tecnología inalámbrica de última generación para cerrar y aislar los cables eléctricos y componentes vulnerables durante una tormenta eléctrica local. El Sequencer recibe señales digitalmente codificadas del WAVE Transmitter para iniciar la protección automática ordenada de sistemas industriales críticos (como, por ejemplo: irrigación y sistemas de cómputo), para iniciar eventos secuenciados remotamente (copia de seguridad de datos, inicio del generador y otras funciones de control industrial) y activar o desactivar equipos externos de advertencia, tales como luces estroboscópicas adicionales.

Figura 72

Equipo Sequencer



Nota: elaboración propia

Cada Sequencer permite que tres relés o contactores separados conmuten automáticamente para desconectar, aislar y/o conectar a tierra circuitos o cables eléctricos. Los retrasos de tiempo entre las salidas del Sequencer pueden usarse para facilitar el

apagado / arranque de equipos en una secuencia ordenada. Las salidas de 12 VDC del Sequencer están diseñadas para controlar relés apropiados para manejar las cargas representadas por equipos que se deseen conectar y/o desconectar durante una tormenta eléctrica.

El Sequencer tiene capacidad de anulación manual y es programable para iniciar un control automático completo o apagado automático con reactivación manual. El Sequencer proporciona un control manual a través del panel frontal del equipo para activar (Sequence On) ó desactivar (Sequence Off) la Secuencia de salida de relays, y una llave que activa o desactiva la función de restauración automática.

El Sequencer tiene las siguientes características:

- Distancia de enlace de comunicación inalámbrica con el Transmitter de hasta 4.8 Km.
- Comunicaciones codificadas seguras.
- Control automático remoto a través del Transmitter, o control manual local de Secuencia activada y Secuencia desactivada.
- Tres salidas de bajo voltaje (12 VDC) para controlar hasta tres relés secuenciados.
- Deshabilita y habilita secuencialmente sus salidas.
- Indicadores externos del estado del sistema, desde el panel frontal del equipo, para comunicación, batería y condición de salida.
- Respaldo de batería para un funcionamiento ininterrumpido en un entorno de tormenta eléctrica.
- Extensas auto comprobaciones del sistema, que incluyen comunicación, batería y estado de salida.

El Sequencer complementa al Transmitter y al sistema Strike Guard para proporcionar apagado remoto automático y aislamiento de equipos críticos durante tormentas eléctricas locales. El Sequencer es el elemento de control crítico, en esquemas

de protección modernos e inteligentes contra rayos, para sistemas de cómputo central, sistemas de comunicación, centrales de control de riego, entre otros.

Cada Radio PWB tiene una dirección de radio configurable, configurada para coincidir con las direcciones de los equipos WAVE Siren y Sequencer en un sistema determinado. Dos bancos de interruptores DIP de 8 posiciones permiten 65,536 configuraciones de dirección únicas. Por lo tanto, varios sistemas WAVE pueden operar muy cerca uno del otro sin conflicto, siempre que cada transmisor esté configurado con una dirección única.

Funcionamiento Sistema Strike Guard CS110

A continuación, se muestra un diagrama típico del Sistema de Detección de Tormentas Strike Guard – CS110, interconectado con el sistema de Notificación automático de Alarmas WAVE Siren y el Software Strike View, véase figura 73. En este diagrama, para fines explicativos sólo se muestra un site de sensores, un Transmisor, algunas Estaciones de Alarmas, un equipo Sequencer y un Equipo Server; sin embargo, hay que tomar en consideración que se puede disponer de múltiples sitios de sensor, así como de la opción cliente – servidor habilitado.

La secuencia de funcionamiento del sistema es la siguiente:

1. Ante la presencia de una tormenta eléctrica, el sistema de sensores CS110 - Strike Guard (ambos indicados como letra A en la figura) detectan el nivel de campo eléctrico inducido sobre el suelo, producido por las nubes en las cercanías del sitio, además de los cambios del campo magnético.
2. La información detectada por el sistema de sensores (A) es enviada al LDR (D) a través del módulo Alarm Reset (C) y un cable de Fibra Óptica (B), y haciendo uso de procesamiento de señales, el módulo LDR produce alarmas que considera tres (03) niveles de peligro; se definen tres estados de peligro y un cuarto estado que indica ausencia de tormenta, véase tabla 16.

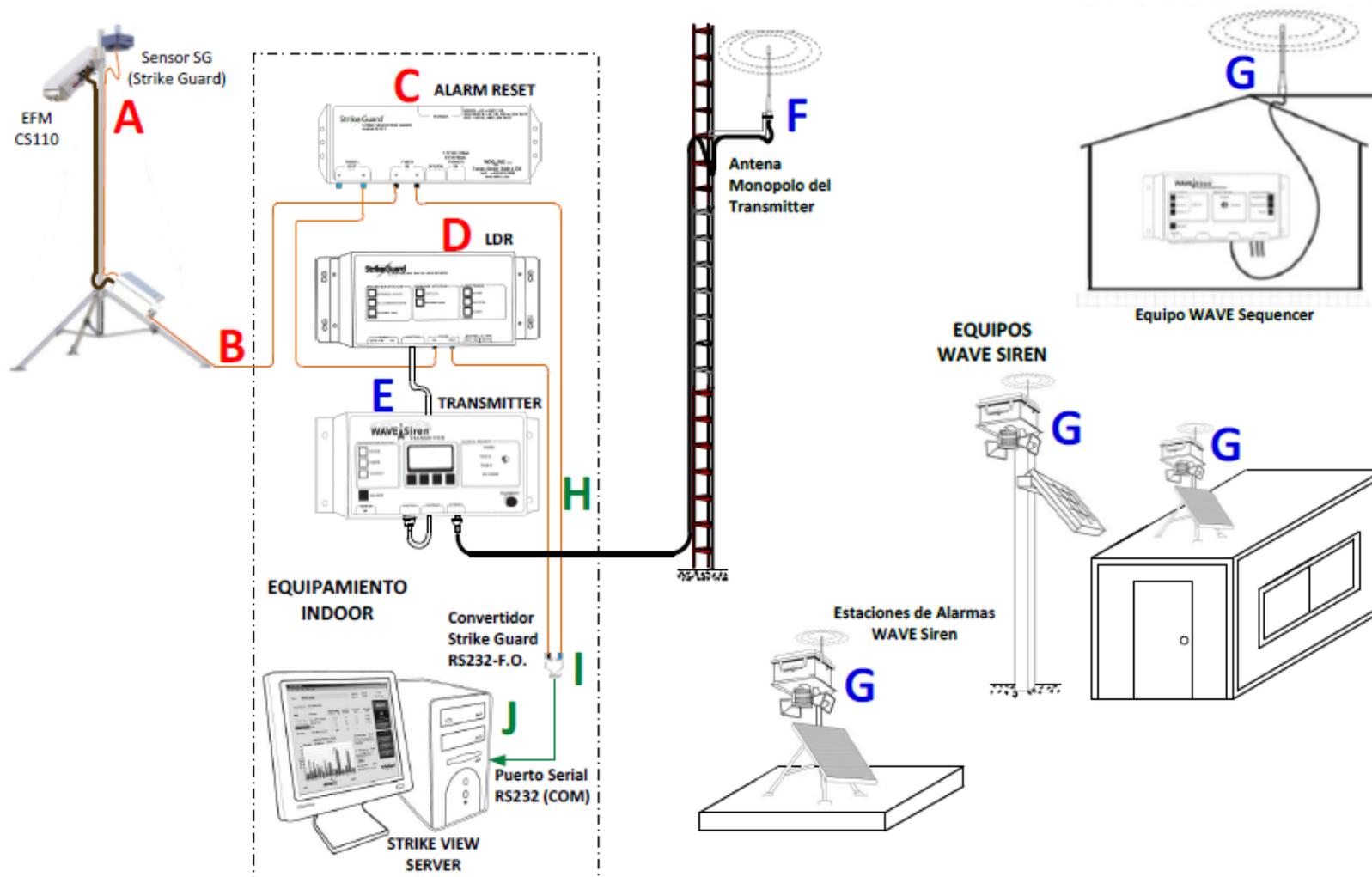
Tabla 16*Niveles de peligro*

Estado	Identificación	Descripción	
		Sensor de Campo Magnético SG	Sensor de Campo Eléctrico CS110
Sin tormenta	Todo despejado	No se detecta tormenta eléctrica	Campo eléctrico menor de 1000 V/m
Precaución	Alerta amarilla	Aproximación de tormenta a menos de 32 Km	Campo eléctrico de 100 V/m por más de un minuto
Advertencia	Alerta naranja	Aproximación de tormenta a menos de 16 Km	Campo eléctrico de 1500 V/m por más de un minuto
Alarma	Alerta roja	Aproximación de tormenta a menos de 8 Km	Campo eléctrico de 2000 V/m por más de un minuto

Nota: elaboración propia

Figura 73

Sistema WAVE Siren & Strike Guard CS110



3. El módulo LDR recibe de manera periódica mensajes del sistema de sensor, indicando el estado de salud del mismo: auto prueba, comunicación activa y batería; dependiendo del tipo de mensaje, estos pueden ser enviados cada 30 ó 60 minutos aproximadamente. Durante la presencia de una tormenta eléctrica, el sensor envía la información de manera inmediata, sin seguir un patrón de periodicidad, generando el propio LDR alarmas visuales (ver figura inferior, con los leds de estado de Tormenta) y sonoras (pitido).
4. Una vez detectado un nivel de campo eléctrico inducido sobre el suelo o la presencia de una tormenta eléctrica en el rango de Alarma (definido por el usuario), el LDR (D) genera una señal de control, la cual es enviada al Transmisor (E), el cual emite una señal de radiofrecuencia a través de su sistema de antena (F), activando las diferentes Estaciones de Alarmas y equipos Sequencers (G).
5. Al iniciar el estado de Alerta Roja, durante un periodo configurable, las bocinas de las Estaciones de Alarma emitirán un tono de inicio de estado de Alerta Roja; la activación de las bocinas será de manera secuencial, emitiendo el tono de inicio de Alarma. En este momento, el personal buscará un refugio apropiado.
6. Una vez finalizado el aviso sonoro de inicio de Alerta Roja, la luz estroboscópica de color rojo, se activará, flasheando durante todo el tiempo que dure el estado de Alerta Roja. Para el caso de los equipos Sequencers, estos desactivarán sus salidas de relays, controlando los dispositivos que se encuentren a ellas conectados. El personal deberá permanecer en el Refugio todo el tiempo que dure el estado de Alerta Roja.
7. Al finalizar el estado de alerta roja, la luz estroboscópica de color rojo se apagará, e inmediatamente después las bocinas emitirán un tono de fin de estado de alerta roja; la activación de las bocinas será también de manera secuencial. Para el caso de los equipos Sequencers, estos activarán sus salidas de relays, comandando la activación ó desactivación de los equipos que se encuentren a ellas conectadas.

En este momento, el personal podrá abandonar su Refugio y reiniciar sus actividades normalmente.

8. En forma simultánea, en presencia o no de una tormenta eléctrica, el LDR (D) también enviará la información procesada a la PC donde se encuentra instalado el software Strike View (J); esta información es enviada vía cable de Fibra Óptica (H) a un Convertidor de Interface (I) el cual convierte la señal óptica enviada por el LDR a señal eléctrica (RS-232), la cual puede ser recibida y procesada por la PC Servidor en la cual corre el software Strike View. En tiempo real el software Strike View Server presentará la información del estado de los sensores Strike Guard y CS110, el estado del módulo LDR, así como el estado actual de las tormentas.
9. La información indicada en el párrafo anterior estará disponible en tiempo real, permitiendo al operador del sistema estar al tanto del estado de los instrumentos, así como de la actividad de las tormentas. Los clientes del Sistema pueden monitorear la actividad y estado del sistema vía remota, a través de la red LAN (con la opción cliente- servidor de Strike View).

Resumen Sistema Striek Guard CS110

El sistema Strike Guard – CS110 combina las ventajas de dos tecnologías complementarias de alerta de rayos en un solo paquete para una medición y análisis de amenaza de rayos completa. El CS110 reporta campos eléctricos asociados con el desarrollo de tormentas locales, proporcionando un aviso previo a las descargas peligrosas. El sistema Strike Guard reporta descargas de rayos a 32 Km (20 millas), proporcionando un cómodo tiempo de advertencia para tormentas entrantes. Esto produce un sólido sistema de advertencia contra el peligro de rayos. El Sistema de notificación automático de alarmas WAVE Siren y el sistema de detección de tormentas Strike Guard – CS110, se combinan para proporcionar un sistema completamente automatizado de advertencia de rayos, activando/desactivando las Estaciones de Alarma y/o Sequencers, permitiendo la notificación mediante señales audibles y visuales de peligro y protección de equipos en múltiples ubicaciones.

3.4.2 Descripción del Sistema Propuesto

El sistema de Detección de Tormentas propuesto para la Compañía Minera considera la implementación de cinco (05) sitios de sensor; según los requerimientos de MMG se está considerando que cada uno de estos sitios se encuentre equipado con dos sensores complementarios que se puedan integrar de manera confiable y natural: un sensor de campo magnético (Strike Guard) y un sensor de campo eléctrico (CS110). Este sistema brindará a la Compañía Minera de un sólido sistema de Detección y Advertencia de Tormentas eléctricas, el cual tendrá alta disponibilidad (24x7) y confiabilidad. A continuación, se indican los sitios de sensor propuestos:

- Estación Surphuy.
- Estación Planta-new (cercanías de Planta Concentradora).
- Estación Evelyn-new (cerro próximo a Mirador Evelyn).
- Estación Antawasi-new (cercanías del Campamento Antawasi).
- Estación XP-Camp.

En la siguiente tabla 17, se indican las coordenadas de cada Sitio de Sensor propuesto.

Tabla 17

Coordenadas de cada sitio de sensor propuesto

N°	Tipo	Ubicación	Latitud Sur	Longitud Oeste	Altitud m.s.n.m.
1	Strike Guard (SG)	SURPHUY	14° 06' 45.66"	72° 16' 38.50"	4059
	CS110		14° 06' 45.44"	72° 16' 42.69"	4067
2	SG&CS110	PLANTA-new	14° 05' 34.61"	72° 20' 56.76"	4457
3	SG&CS110	EVELYN-new	14° 04' 35.38"	72° 17' 25.71"	4355
4	Strike Guard (SG)	ANTAWASI-new	14° 05' 49.99"	72° 18' 25.18"	3988
	SG&CS110		14° 06' 12.44"	72° 18' 46.00"	4027
5	SG&CS110	XP_CAMP	14° 03' 35.13"	72° 18' 39.35"	4349

Nota: elaboración propia

Tenemos la figura 74 donde se muestra la ubicación referencial de cada sensor propuesto y se visualiza el radio de 5 KM alrededor de cada uno de ellos. En la tabla 18, se muestra la distancia en Km entre cada Estación,.

Figura 74

Ubicación propuesta de los sitios de sensor y radios de 5 Km

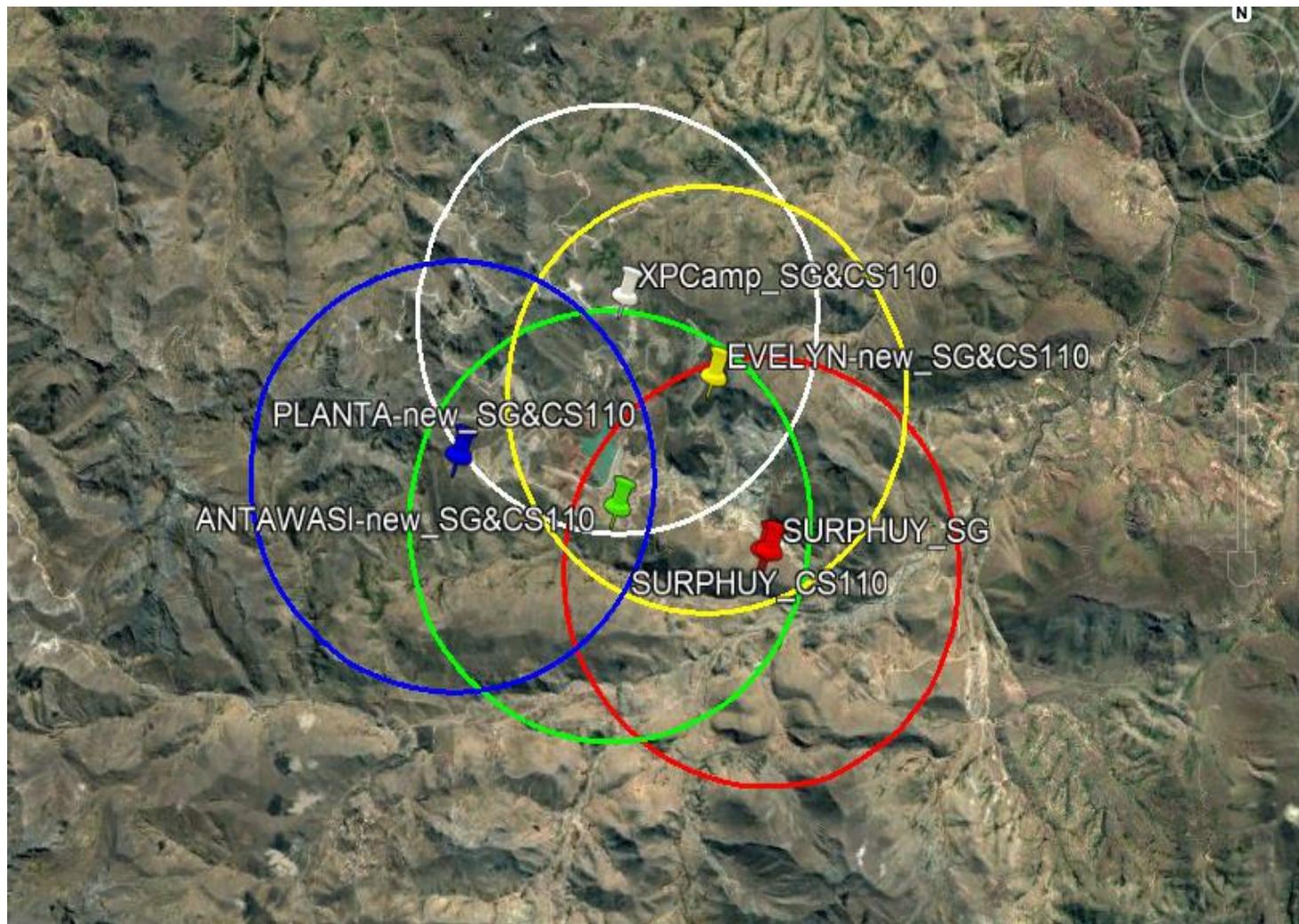


Tabla 18*Distancia entre cada estación*

N°	Puntos	Distancia en Km
1	Surphuy - Planta	7.98
2	Surphuy - Evelyn	4.22
3	Surphuy - Antawasi	3.91
4	Surphuy – XP Camp	6.86
5	Planta - Evelyn	6.58
6	Planta - Antawasi	4.13
7	Planta – XP Camp	5.51
8	Evelyn - Antawasi	3.85
9	Evelyn – XP Camp	2.91
10	Antawasi – XP Camp	4.84

Nota: elaboración propia

En las ubicaciones propuestas para cada uno de los sitios de sensor se cumplen los requerimientos de instalación proporcionados por el fabricante de los instrumentos, y se cubre toda el área geográfica requerida para el actual proyecto (áreas de cobertura), estando cada Zona/Área de interés a menos de 5 Km de un sitio de sensor, véase figura 75.

Como se indicó anteriormente, cada Estación estará conformada por dos sensores: un sensor de campo magnético (para la detección de tormentas entrantes y locales) y un sensor de campo eléctrico (para la detección de tormentas locales, previa la incidencia de la misma). Adicionalmente, cada sitio estará equipado con un equipo de cómputo del tipo industrial, el cual estará integrado en el mismo gabinete Bulkhead que albergará los equipos Indoor, y cumplirá la función de Servidor del sistema Strike View – CS110; el software Strike View correrá en el sistema operativo Linux. Se está considerando que cada sistema de Detección manejará su propio sistema de anunciación automático de alertas, para lo cual se considera también el empleo de un equipo Transmisor de Alarmas (Transmitter), el cual activará las Estaciones de Alarma en su respectiva zona de cobertura.

Para la implementación de cada sitio de sensor se pueden presentar dos escenarios:

1. Sensores instalados en una misma ubicación (Configuración típica ó standard): En la cual las condiciones y facilidades del sitio permiten la instalación de ambos instrumentos en un mismo punto, véase figura 76.

Sensores instalados en dos ubicaciones diferentes: En la cual las condiciones del sitio no cumplen los requisitos de instalación para ambos instrumentos en simultáneo, o por las facilidades disponibles en el sitio, se define la instalación de los instrumentos en ubicaciones distintas, véase figura 77.

Figura 75

Ubicación de sitios de sensor y representación de distancia entre ellos

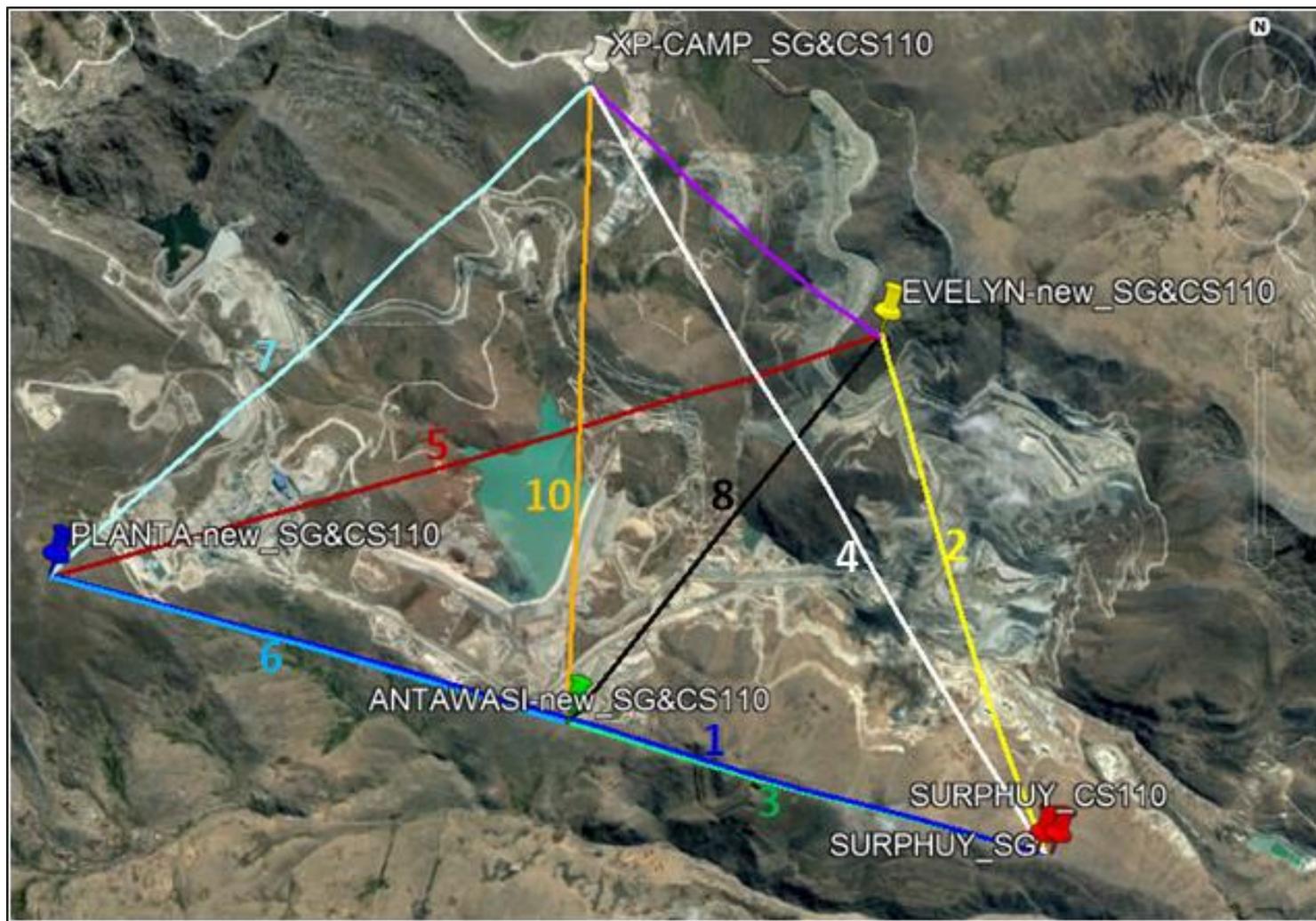


Figura 76

Sensores instalados en una misma ubicación

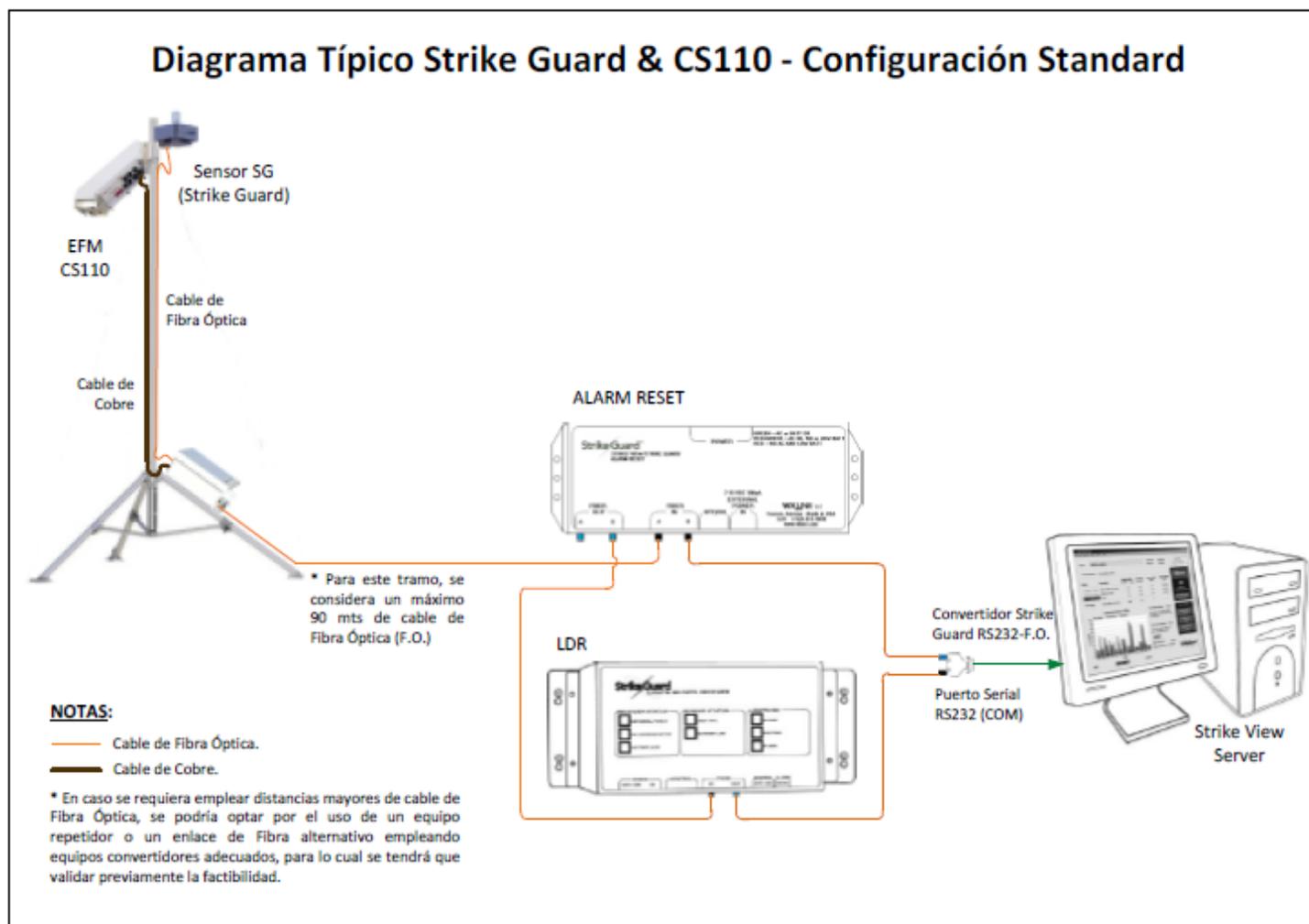
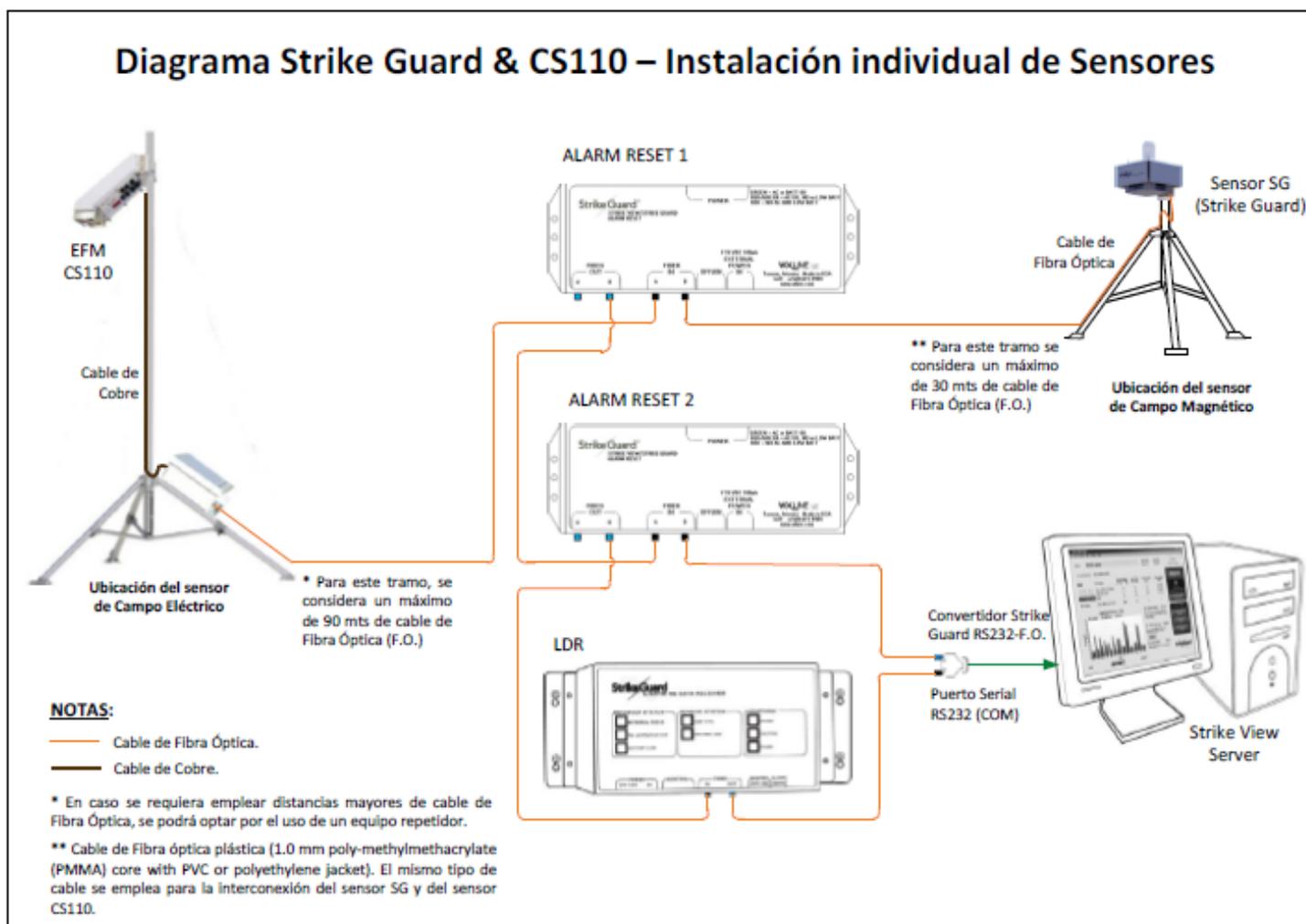


Figura 77

Sensores instalados en ubicaciones diferentes



3.4.3 Sitios de sensor

A continuación, se describirán los cinco puntos de sensor propuestos:

Estación Surphuy

A continuación, se muestran las coordenadas geográficas de la estación Surphuy (ubicación de los sensores).

- Coordenadas GPS – Sensor Strike Guard

Latitud sur 14°06'45.66"

Longitud oeste 72°16'38.50"

- Coordenadas GPS – Sensor CS110

Latitud sur 14°06'45.44"

Longitud oeste 72°16'42.69"

Actualmente ya se cuenta con una Estación de Detección de Tormentas Strike Guard instalada y en servicio en este punto. El sensor Strike Guard se encuentra ubicado en el techo de la caseta del site Surrphuy, y los equipos Indoor (Gabinete Bulkhead WxEIB), incluido el equipo de cómputo que funciona como Servidor, se encuentran ubicados en el interior de la caseta de comunicaciones. En este punto se dispone de una torre ventada de 45 mts de altura aproximadamente en la cual se encuentra instalada la antena monopolo del sistema de notificación automático de Alarmas WAVE-Siren; así mismo, en este punto se dispone de energía eléctrica estabilizada (110 VAC).

Como el lugar no cumple los requerimientos de instalación para el sensor CS110, se deberá ubicar este último a una distancia apropiada de la torre de comunicaciones, para asegurar su correcto funcionamiento. La ubicación propuesta para el sensor CS110 se encuentra a unos 150 mts de distancia de la caseta de comunicaciones de Surphuy. El sensor de campo eléctrico CS110 funciona con su propio sistema de energía (fotovoltaico) por lo que no requiere de tendido de energía eléctrica adicional.

De los equipos actualmente en servicio, se podrían seguir empleando el sensor Strike Guard, algunos de los equipos Indoor (módulo LDR y Alarm Reset) y la antena y cable coaxial de bajada del sistema de notificación WAVE-Siren. El equipo Transmitter tendría que ser reemplazado por un equipo Transmitter de nueva versión, que cumpla con los requerimientos de MMG de hacer sonar las Estaciones de Alarmas audibles cada 10 minutos durante el estado de Alerta Roja (Red Alarm) y repetir después de 5 minutos el sonido de Retorno al Trabajo (Return to work). Así mismo, el servidor del sistema, que actualmente es una computadora desktop, sería reemplazada por un equipo industrial del tipo táctil (industrial touch-screen flat panel PC) provisto por WxLine, en la cual se tendrá el software Strike View Server – CS110 cargado de fábrica y corriendo sobre el sistema operativo Linux.

El diagrama de conexiones para la Estación Surphuy, se considera en la figura 78, y se grafican los principales equipos a emplear. En la tabla 19, se detalla el equipamiento requerido para la implementación de la estación de detección de tormentas Surphuy, incluido el software de monitoreo y el equipo transmisor de alarmas:

Tabla 19*Equipamiento de la estación de detección de tormentas Surphuy*

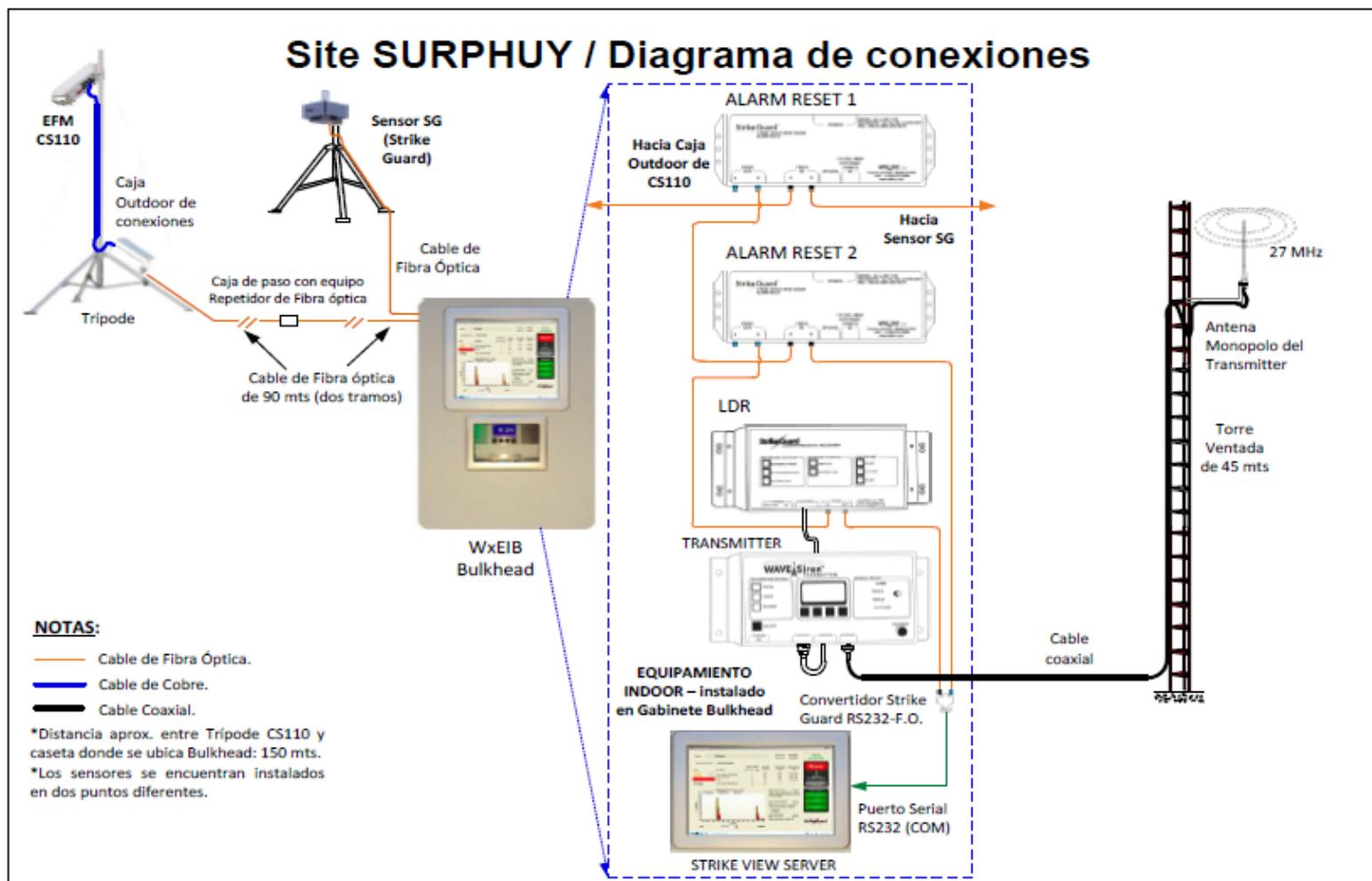
Item	Descripción	P / N	Cantidad
1	Sensor Strike Guard (SG)	SGS	1
2	Trípode para sensor SG	SG-TRI	1
3	Módulo Alarm Reset - entre LDR y Alarm Reset	SG-SYNC	1
4	Módulo Alarm Reset - entre SG y CS110	SG-SYNC	1
5	Módulo LDR	SGR	1
6	Gabinete Bulkhead para alojamiento de equipos Indoor	WxEIB	1
7	Cable de Fibra óptica - entre SG y Alarm Reset	SFC-30	1
8	Cable de Fibra óptica - entre Caja Outdoor y Bulkhead	SFC-90	2
9	Cable de Fibra óptica - entre LDR y Alarm Reset	SFC-10	2
10	Cable de Fibra óptica Dual - entre LDR y Convertidor	DFC-10	1
11	Convertidor FO-RS232	FOC-001	1
12	Industrial touch-screen flat panel PC	WxEIB-PC	1
13	FO Repeater	REP-001	1
14	Sensor CS-110 (Field Meter) y accesorios	CS110-CS	1
15	Trípode para sensor CS-110 y hardware de instalación	CSI-TRI	1
16	Sistema Fotovoltaico para CS110 y accesorios	SOLAR-SS	1
17	Software Strike View-CS110 Server para Windows®	SG002-CS110	1
18	Software Strike View - CS110 Cliente - First Seat	SG002-CS110- NET	1
19	Licencias de Sitio para Clientes Strike View-CS110	SG002-CS110- SITE	1
20	Transmisor WAVE Siren, nueva versión.	WAVE-TR01	1
21	Antena Transmisora (TX) y hardware de instalación	WAVE-ANT3	1
22	Cable coaxial de bajada	WAVE-COAX-100	1
23	Pararrayos para protección de equipo Transmisor	WAVE-POLY	1

Nota: elaboración propia

Los requerimientos de instalación para este punto se encuentran detallados más adelante en este informe, y allí se indican todos los preparativos que deberá considerar e implementar La Compañía Minera previo a la instalación del sistema; así mismo, se darán detalles adicionales para la instalación.

Figura 78

Diagrama de conexiones estación Surphuy



Estación Planta-new

A continuación, se muestran las coordenadas geográficas de la estación Planta-new (ubicación de los sensores).

- Coordenadas GPS – Sensor Strike Guard & CS110

Latitud sur 14° 05' 34.61"

Longitud oeste 72° 20' 56.76"

Actualmente se cuenta con una Estación de Detección de Tormentas Strike Guard instalada en el site Planta Concentradora, pero durante la visita a la mina se pudo observar que si bien es cierto la instalación del sensor Strike Guard y la antena transmisora de Alarmas cumplen con los requerimientos de instalación y se encuentran ubicados en un lugar apropiado según la cobertura a brindar, el lugar donde se encuentran instalados estos componentes (techo de Planta Concentradora) presenta dificultad para las labores de mantenimiento, por el tema de los accesos.

El sensor Strike Guard y la antena monopolo del sistema de notificación automático de alarmas WAVE-Siren se encuentran ubicados en el techo de la Planta Concentradora, y los equipos Indoor (Gabinete Bulkhead WxEIB), incluido el equipo de cómputo que funciona como Servidor, se encuentran ubicados en el interior de uno de sus ambientes; así mismo, en este punto se dispone de energía eléctrica estabilizada (110 VAC).

Por otro lado, durante la visita a la mina se pudo observar la presencia de obstrucciones metálicas y posibles fuentes de ruido que podrían afectar el correcto funcionamiento del sensor de campo eléctrico CS110 a implementar.

Como el lugar no cumple los requerimientos de instalación para el sensor CS110, y actualmente se tienen problemas para el acceso al techo de la Planta Concentradora (temas de permisos, accesos especiales, etc.), lo cual dificulta las labores de mantenimiento (programadas o de emergencia), se sugiere la reubicación de este sitio de Detección a un nuevo punto, ubicado en un cerro próximo a la ubicación de Planta Concentradora; en este informe estamos denominando a este punto como Planta-new.

De los equipos actualmente en servicio, se podrían seguir empleando en la nueva ubicación propuesta, el sensor Strike Guard, algunos de los equipos Indoor (módulo LDR y Alarm Reset) y la antena del sistema de notificación WAVE-Siren. El equipo Transmitter tendría que ser reemplazado por un equipo Transmitter de nueva versión, que cumpla con los requerimientos de MMG de hacer sonar las Estaciones de Alarmas audibles cada 10 minutos durante el estado de Alerta Roja (Red Alarm) y repetir después de 5 minutos el sonido de Retorno al Trabajo (Return to work).

Así mismo, el servidor del sistema, que actualmente es una computadora desktop, sería reemplazada por un equipo industrial del tipo táctil (industrial touch-screen flat panel PC) provisto por WxLine, en la cual se tendrá el software Strike View – CS110 Server cargado de fábrica y corriendo sobre el sistema operativo Linux. El sensor de campo eléctrico CS110 funciona con su propio sistema de energía (fotovoltaico) por lo que no requiere de tendido de energía eléctrica adicional. En la figura 79, se muestra el diagrama de conexiones para la Estación Planta-new, y se grafica los principales equipos a emplear. En la tabla 20, se detalla el equipamiento requerido para la implementación de la estación de detección de tormentas Planta-new, incluido el software de monitoreo y el equipo transmisor de alarmas.

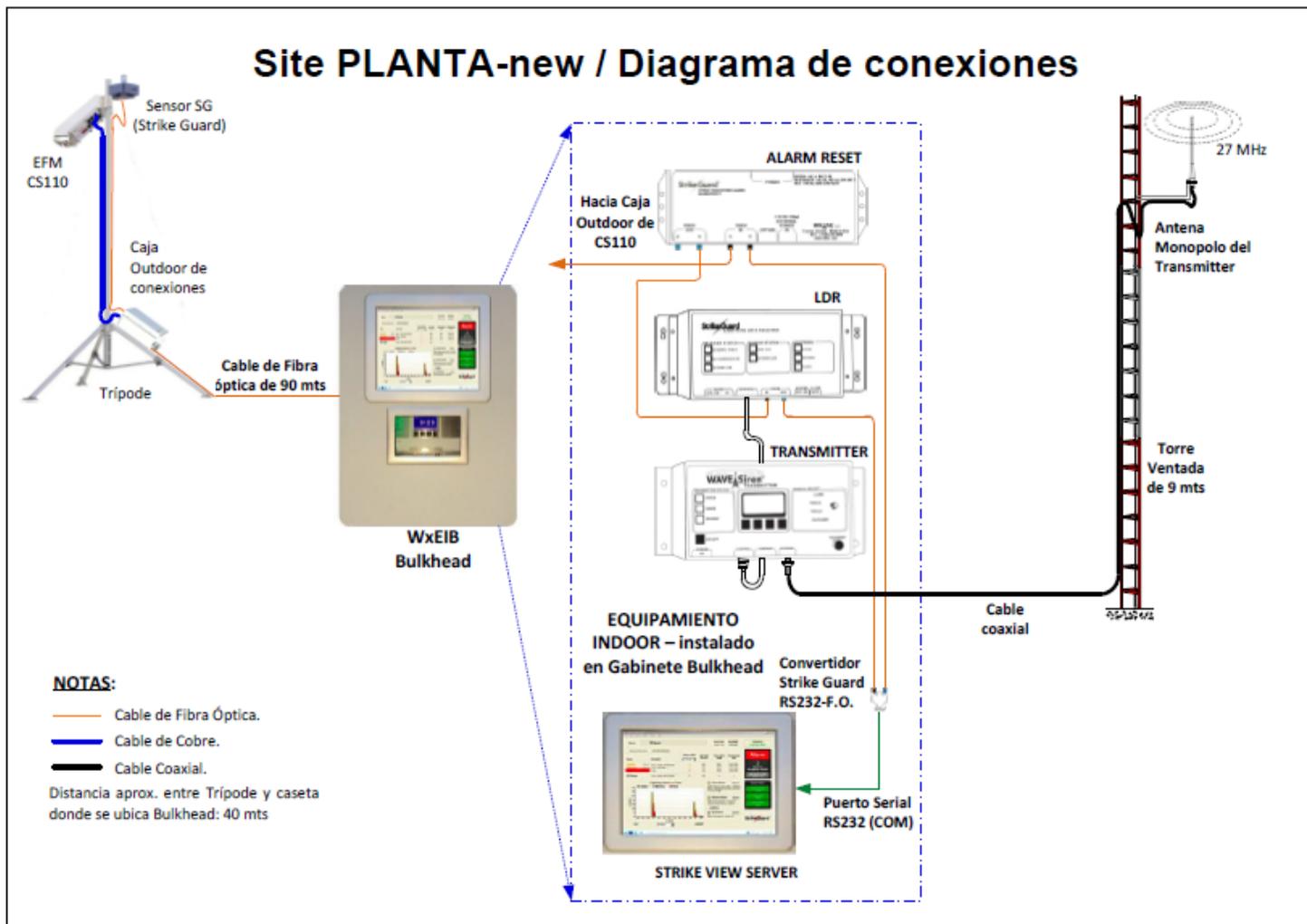
Tabla 20*Equipamiento de la estación de detección de tormentas Planta-new*

Item	Descripción	P / N	Cantidad
1	Sensor Strike Guard (SG)	SGS	1
2	Módulo Alarm Reset	SG-SYNC	1
3	Módulo LDR	SGR	1
4	Gabinete Bulkhead para alojamiento de equipos Indoor	WxEIB	1
5	Cable de Fibra óptica - entre SG y Caja Outdoor	SFC-30	1
6	Cable de Fibra óptica - entre Caja Outdoor y Bulkhead	SFC-90	1
7	Cable de Fibra óptica Dual - entre LDR y Convertidor	DFC-10	1
8	Convertidor FO-RS232	FOC-001	1
9	Gabinete Bulkhead con WxLINE PC	WxEIB-PC	1
10	Sensor CS-110 (Field Meter) y accesorios	CS110-CS	1
11	Trípode para sensor CS-110 y hardware de instalación	CSI-TRI	1
12	Sistema Fotovoltaico para CS110 y accesorios	SOLAR-SS	1
13	Software Strike View-CS110 Server para Windows®	SG002-CS110	1
14	Software Strike View - CS110 Cliente - First Seat	SG002-CS110-NET	1
15	Licencias de Sitio para Clientes Strike View-CS110	SG002-CS110-SITE	1
16	Transmisor WAVE Siren, nueva versión.	WAVE-TR01	1
17	Antena Transmisora (TX) y hardware de instalación	WAVE-ANT3	1
18	Cable coaxial de bajada	WAVE-COAX-70	1
19	Pararrayos para protección de equipo Transmisor	WAVE-POLY	1

Nota: elaboración propia

Figura 79

Diagrama de conexiones estación Planta-new



Estación Eveleyn-new

A continuación, se muestran las coordenadas geográficas de la estación Eveleyn-new (ubicación de los sensores).

- Coordenadas GPS – Sensor Strike Guard & CS110

Latitud sur 14° 04' 35.38"

Longitud oeste 72° 17' 25.71"

Actualmente se cuenta con una Estación de Detección de Tormentas Strike Guard instalada en el site Evelyn, pero durante la visita a la mina se pudo observar la presencia de líneas de alta tensión en las cercanías de la ubicación del sensor, las cuales pueden afectar el correcto funcionamiento del instrumento, generando falsas alarmas y un mayor desgaste de su batería interna. Por otro lado, también se pudo observar la presencia de una torre auto soportada en este punto, la cual constituye un gran obstáculo vertical para la instalación del sensor de campo eléctrico CS110; al no disponer de suficiente espacio horizontal que permita alejar la instalación del sensor CS110, este lugar no califica para la implementación del sistema de Detección de Tormentas propuesto.

El sensor Strike Guard se encuentra ubicado en el techo del container del site Evelyn, y los equipos Indoor (Gabinete Bulkhead WxEIB), incluido el equipo de cómputo que funciona como Servidor, se encuentran ubicados en el interior de dicho container. La antena monopolo del sistema de notificación automático de Alarmas WAVE-Siren se encuentra ubicada en el mismo container; así mismo, en este punto se dispone de energía eléctrica estabilizada (110 VAC).

Como el lugar no cumple los requerimientos de instalación para el sensor CS110, y actualmente se tiene la presencia de líneas de alta tensión en las cercanías del sensor Strike View, se sugiere la reubicación de este sitio de Detección a un nuevo punto, ubicado en un cerro próximo a Evelyn; en este informe estamos denominando a este punto como Eveleyn-new.

De los equipos actualmente en servicio en Evelyn, se podrían seguir empleando el sensor Strike Guard, algunos de los equipos Indoor (módulo LDR y Alarm Reset) y la antena del sistema de notificación WAVE-Siren. El equipo Transmitter tendría que ser reemplazado por un equipo Transmitter de nueva versión, que cumpla con los requerimientos de MMG de hacer sonar las Estaciones de Alarmas audibles cada 10 minutos durante el estado de Alerta Roja (Red Alarm) y repetir después de 5 minutos el sonido de Retorno al Trabajo (Return to work). Así mismo, el servidor del sistema, que actualmente es una computadora desktop, sería reemplazada por un equipo industrial del tipo táctil (industrial touch-screen flat panel PC) provisto por WxLine, en la cual se tendrá el software Strike View – CS110 Server cargado de fábrica y corriendo sobre el sistema operativo Linux. El sensor de campo eléctrico CS110 funciona con su propio sistema de energía (fotovoltaico) por lo que no requiere de tendido de energía eléctrica adicional.

El diagrama de conexiones para la Estación Evelyn-new, se muestra en la figura 80, donde además se grafica los principales equipos a emplear. En la tabla 21 se detalla el equipamiento requerido para la implementación de la estación de detección de tormentas Evelyn-new, incluido el software de monitoreo y el equipo transmisor de alarmas.

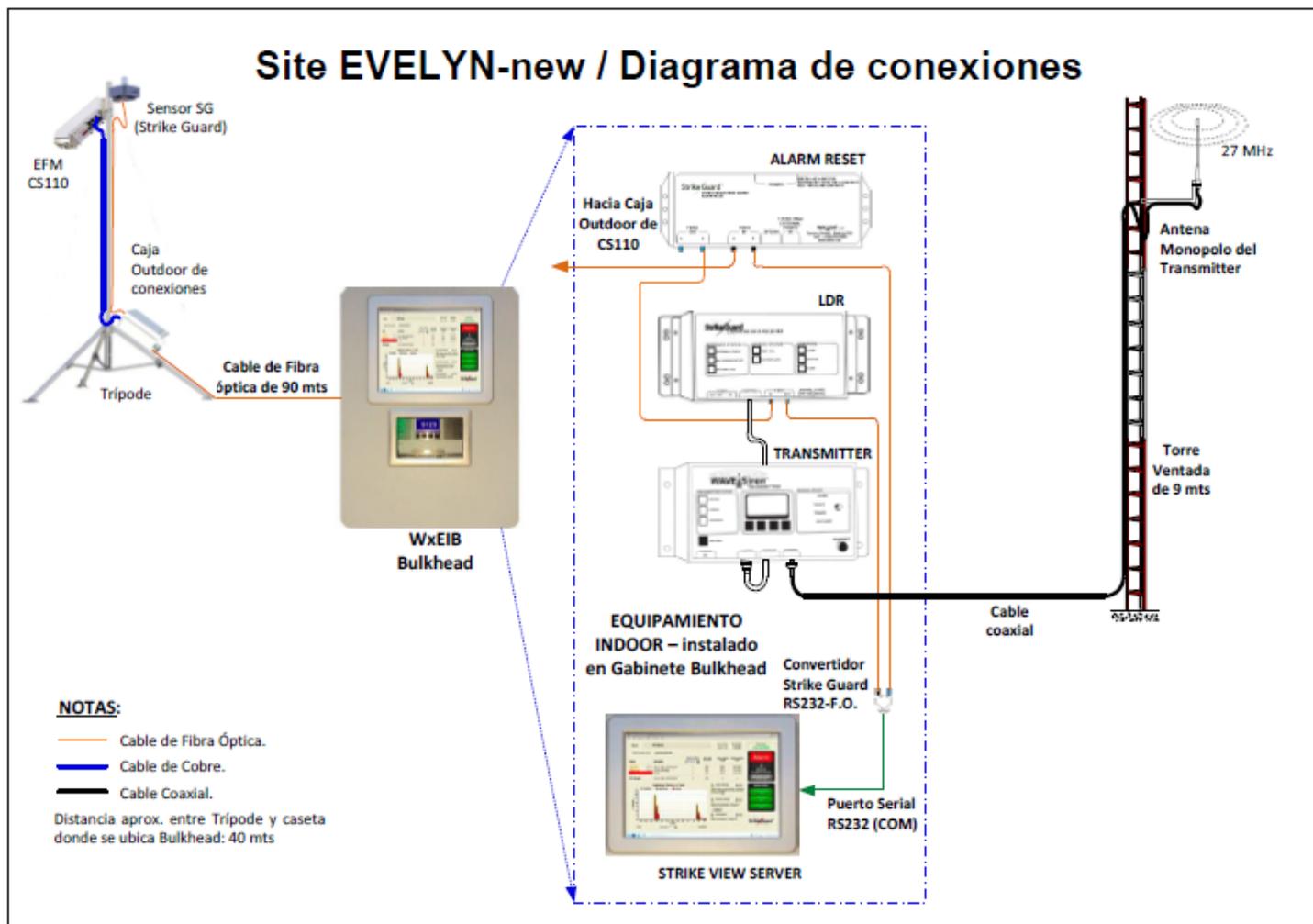
Tabla 21*Equipamiento de la estación de detección de tormentas Evelyn-new*

Item	Descripción	P / N	Cantidad
1	Sensor Strike Guard (SG)	SGS	1
2	Módulo Alarm Reset	SG-SYNC	1
3	Módulo LDR	SGR	1
4	Gabinete Bulkhead para alojamiento de equipos Indoor	WxEIB	1
5	Cable de Fibra óptica - entre SG y Caja Outdoor	SFC-30	1
6	Cable de Fibra óptica - entre Caja Outdoor y Bulkhead	SFC-90	1
7	Cable de Fibra óptica Dual - entre LDR y Convertidor	DFC-10	1
8	Convertidor FO-RS232	FOC-001	1
9	Gabinete Bulkhead con WxLINE PC	WxEIB-PC	1
10	Sensor CS-110 (Field Meter) y accesorios	CS110-CS	1
11	Trípode para sensor CS-110 y hardware de instalación	CSI-TRI	1
12	Sistema Fotovoltaico para CS110 y accesorios	SOLAR-SS	1
13	Software Strike View-CS110 Server para Windows®	SG002-CS110	1
14	Software Strike View - CS110 Cliente - First Seat	SG002-CS110-NET	1
15	Licencias de Sitio para Clientes Strike View-CS110	SG002-CS110-SITE	1
16	Transmisor WAVE Siren, nueva versión.	WAVE-TR01	1
17	Antena Transmisora (TX) y hardware de instalación	WAVE-ANT3	1
18	Cable coaxial de bajada	WAVE-COAX-70	1
19	Pararrayos para protección de equipo Transmisor	WAVE-POLY	1

Nota: elaboración propia

Figura 80

Diagrama de conexiones estación Evelyn-new



Estación Antawasi-new

A continuación, se muestran las coordenadas geográficas de la estación Antawasi-new (ubicación de los sensores).

- Coordenadas GPS – Sensor Strike GUard & CS110

Latitud sur 14° 06' 12.44"

Longitud oeste 72° 18' 46.00"

Actualmente se dispone en la oficina de Centro de Control de Antawasi, un sistema de Detección de Tormentas ATStorm, cuyo sensor (de campo eléctrico) se encuentra instalado en el techo de dicha oficina. Las condiciones del lugar (espacio físico mínimo, presencia de obstrucciones, etc.), dificultan la instalación del sensor de campo eléctrico CS110, por lo que este sitio no califica para la instalación de este instrumento. Para el caso del sensor de campo magnético Strike Guard, el cual tiene menos exigencias y requerimientos para su instalación, éste si podría ser instalado en este punto.

Por lo descrito anteriormente, se sugiere la instalación de este sitio de Detección en un punto, ubicado próximo al campamento Antawasi, en un lugar equidistante entre el sitio de sensor Surphuy y el sitio de sensor Planta-new; en este informe estamos denominando a este punto de sensor como Antawsi--new.

El equipamiento a implementar en esta Estación incluye el equipo Transmitter de nueva versión, que cumple con los requerimientos de MMG de hacer sonar las Estaciones de Alarmas audibles cada 10 minutos durante el estado de Alerta Roja (Red Alarm) y repetir después de 5 minutos el sonido de Retorno al Trabajo (Return to work). Así mismo, el servidor del sistema estará alojado en un equipo industrial del tipo táctil (industrial touch-screen flat panel PC) provisto por WxLine, en el cual se tendrá el software Strike View – CS110 Server cargado de fábrica corriendo sobre el sistema operativo Linux. El sensor de campo eléctrico CS110 funciona con su propio sistema de energía (fotovoltaico) por lo que no requiere de tendido de energía eléctrica adicional; para el caso del sistema Strike Guard,

sí se requerirá del tendido eléctrico respectivo (110 VAC o 220 VAC) para la operación de los equipos.

Así, en la figura 81, se aprecia el diagrama de conexiones para la Estación Antawasi-new, y se grafica los principales equipos a emplear. En la tabla 22, se detalla el equipamiento requerido para la implementación de la Estación de Detección de Tormentas Antawasi-new, incluido el software de monitoreo y el equipo transmisor de alarmas:

Figura 81

Diagrama de conexiones estación Antawasi-new

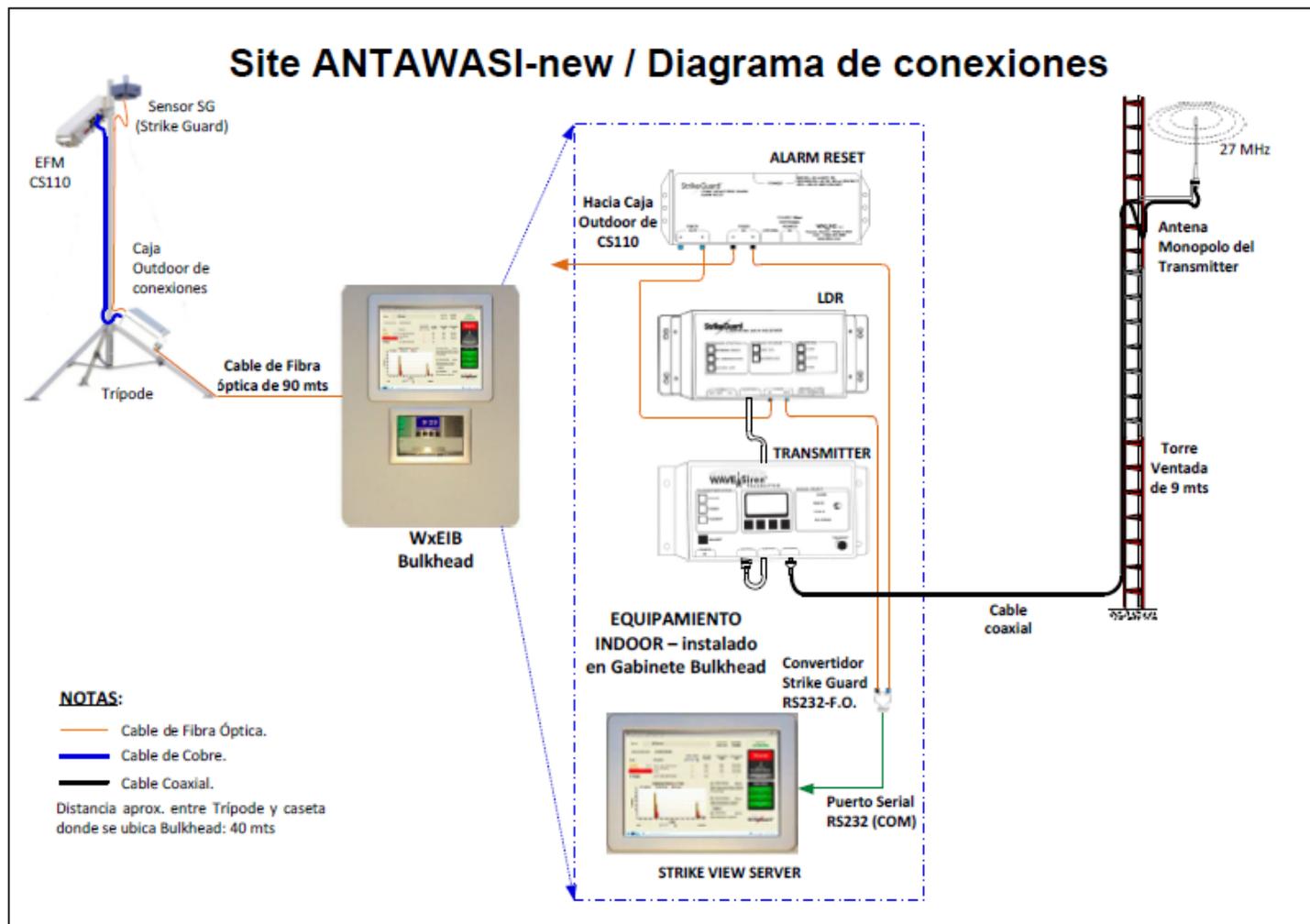


Tabla 22*Equipamiento de la estación de detección de tormentas Antawasi-new*

Item	Descripción	P / N	Cantidad
1	Sensor Strike Guard (SG)	SGS	1
2	Módulo Alarm Reset	SG-SYNC	1
3	Módulo LDR	SGR	1
4	Gabinete Bulkhead para alojamiento de equipos Indoor	WxEIB	1
5	Cable de Fibra óptica - entre SG y Caja Outdoor	SFC-30	1
6	Cable de Fibra óptica - entre Caja Outdoor y Bulkhead	SFC-90	1
7	Cable de Fibra óptica Dual - entre LDR y Convertidor	DFC-10	1
8	Convertidor FO-RS232	FOC-001	1
9	Gabinete Bulkhead con WxLINE PC	WxEIB-PC	1
10	Sensor CS-110 (Field Meter) y accesorios	CS110-CS	1
11	Trípode para sensor CS-110 y hardware de instalación	CSI-TRI	1
12	Sistema Fotovoltaico para CS110 y accesorios	SOLAR-SS	1
13	Software Strike View-CS110 Server para Windows®	SG002-CS110	1
14	Software Strike View - CS110 Cliente - First Seat	SG002-CS110-NET	1
15	Licencias de Sitio para Clientes Strike View-CS110	SG002-CS110-SITE	1
16	Transmisor WAVE Siren, nueva versión.	WAVE-TR01	1
17	Antena Transmisora (TX) y hardware de instalación	WAVE-ANT3	1
18	Cable coaxial de bajada	WAVE-COAX-70	1
19	Pararrayos para protección de equipo Transmisor	WAVE-POLY	1

Nota: elaboración propia**Estación XP-Camp**

A continuación, se muestran las coordenadas geográficas de la Estación XP-Camp (ubicación de los sensores).

- Coordenadas GPS – Sensor Strike Guard & CS110

Latitud sur 14° 03' 35.13"

Longitud oeste 72° 18' 39.35"

Actualmente se dispone en el campamento XP, un sistema de Detección de Tormentas ATStorm, cuyo sensor (de campo eléctrico) se encuentra instalado en una ubicación abierta dentro de dicho campamento. Las condiciones del lugar (espacio físico mínimo requerido, libre de obstrucciones, etc.), permiten la instalación del sensor de campo eléctrico CS110, por lo que éste sitio si califica para la instalación de este instrumento.

Para el caso del sensor de campo magnético Strike Guard, éste también se puede instalar en dicho punto, ya que las condiciones del lugar también cumplen los requerimientos de instalación del fabricante. Se está proponiendo realizar la instalación del sistema Strike Guard – CS110 a cierta distancia del lugar donde se encuentra ubicada la Estación ATStorm, eligiendo el punto óptimo disponible en el lugar.

El equipamiento a implementar en esta Estación incluye el equipo Transmitter de nueva versión, que cumple con los requerimientos de MMG de hacer sonar las Estaciones de Alarmas audibles cada 10 minutos durante el estado de Alerta Roja (Red Alarm) y repetir después de 5 minutos el sonido de Retorno al Trabajo (Return to work). Así mismo, el servidor del sistema estará alojado en un equipo industrial del tipo táctil (industrial touch-screen flat panel PC) provisto por WxLine, en el cual se tendrá el software Strike View – CS110 Server cargado de fábrica corriendo sobre el sistema operativo Linux. El sensor de campo eléctrico CS110 funciona con su propio sistema de energía (fotovoltaico) por lo que no requiere de tendido de energía eléctrica adicional; para el caso del sistema Strike Guard, sí se requerirá del tendido eléctrico respectivo (110 VAC o 220 VAC) para la operación de los equipos. En la tabla 23, se detalla el equipamiento requerido para la implementación de la estación de detección de tormentas XP-Camp, incluido el software de monitoreo y el equipo transmisor de alarmas.

Tabla 23*Equipamiento para implementación de EDT XP-Camp*

Item	Descripción	P / N	Cantidad
1	Sensor Strike Guard (SG)	SGS	1
2	Módulo Alarm Reset	SG-SYNC	1
3	Módulo LDR	SGR	1
4	Gabinete Bulkhead para alojamiento de equipos Indoor	WxEIB	1
5	Cable de Fibra óptica - entre SG y Caja Outdoor	SFC-30	1
6	Cable de Fibra óptica - entre Caja Outdoor y Bulkhead	SFC-90	1
7	Cable de Fibra óptica Dual - entre LDR y Convertidor	DFC-10	1
8	Convertidor FO-RS232	FOC-001	1
9	Gabinete Bulkhead con WxLINE PC	WxEIB-PC	1
10	Sensor CS-110 (Field Meter) y accesorios	CS110-CS	1
11	Trípode para sensor CS-110 y hardware de instalación	CSI-TRI	1
12	Sistema Fotovoltaico para CS110 y accesorios	SOLAR-SS	1
13	Software Strike View-CS110 Server para Windows®	SG002-CS110	1
14	Software Strike View - CS110 Cliente - First Seat	SG002-CS110-NET	1
15	Licencias de Sitio para Clientes Strike View-CS110	SG002-CS110-SITE	1
16	Transmisor WAVE Siren, nueva versión.	WAVE-TR01	1
17	Antena Transmisora (TX) y hardware de instalación	WAVE-ANT3	1
18	Cable coaxial de bajada	WAVE-COAX-70	1
19	Pararrayos para protección de equipo Transmisor	WAVE-POLY	1

Nota: elaboración propia

3.4.4 Sistema de Notificación – Estaciones de Alarma

A continuación, se presentarán las zonas/áreas de interés en la Compañía Minera, las cuales deberán estar cubiertas por el sistema de notificación automático de alarmas. Así mismo, se brindará una propuesta de asignación de estas zonas/áreas a los diferentes sitios de sensor del sistema (Estaciones):

Zona o Áreas de Interés – Coordenadas Referenciales

En la figura 82 se representan las Zonas/Áreas de interés, y en la subsiguiente tabla 24, se muestran las coordenadas referenciales del punto central de cada una de las Zonas, las cuales deberían estar bajo la cobertura del sistema.

Tabla 24

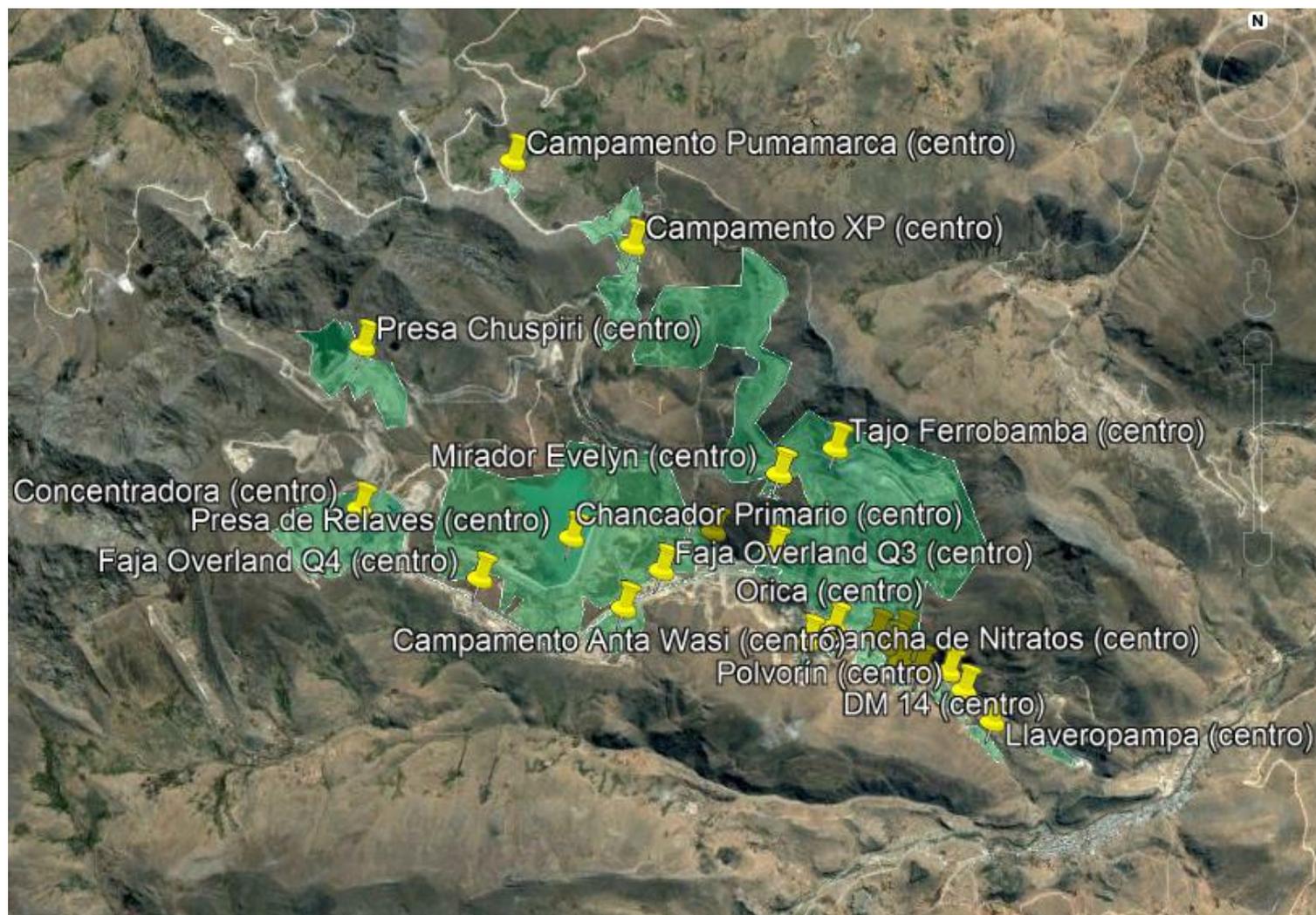
Coordenadas referenciales del punto central de cada una de las zonas

N°	Zona o Área	Datos Referenciales		
		Latitud sur	Longitud oeste	Altitud m.s.n.m.
1	Tajo Ferrobamba	14° 04' 58.02"	72° 17' 08.70"	4114
2	Campamento Antawasi	14° 05' 58.30"	72° 18' 32.15"	4027
3	Truck Shop	14° 06' 08.91"	72° 16' 50.90"	3811
4	Llaveropampa	14° 06' 42.58"	72° 16' 04.09"	3810
5	Campamento Pionero	14° 06' 09.54"	72° 16' 40.74"	3776
6	Plataforma Fase 5	14° 06' 19.62"	72° 16' 40.92"	3809
7	Polvorín	14° 06' 30.36"	72° 16' 15.60"	3822
8	Almacén Mina	14° 06' 20.11"	72° 16' 37.91"	3805
9	DM14	14° 06' 23.34"	72° 16' 21.98"	3836
10	Geo	14° 06' 22.46"	72° 16' 33.49"	3819
11	Estación de Bombeo 2	14° 06' 13.81"	72° 16' 44.65"	3815
12	Orica	14° 06' 05.91"	72° 17' 08.13"	3862
13	Cancha de Nitratos	14° 06' 10.91"	72° 17' 18.87"	3942
14	Mirador Evelyn	14° 05' 07.87"	72° 17' 31.27"	4271
15	Chancadora Primaria	14° 05' 36.50"	72° 17' 32.40"	3869
16	Campamento XP	14° 03' 42.88"	72° 18' 28.34"	4281
17	Campamento Pumamarca	14° 03' 12.08"	72° 19' 14.47"	4358
18	Planta Concentradora	14° 05' 20.78"	72° 20' 15.14"	4189
19	Faja Overland Q3	14° 05' 44.02"	72° 18' 17.19"	3991
20	Presa de Relaves	14° 05' 31.58"	72° 18' 52.92"	3972
21	Presa de Sedimentación	14° 05' 29.12"	72° 17' 56.38"	3860
22	Faja Overland Q4	14° 05' 47.07"	72° 19' 28.89"	4053
23	Presa Chuspiri	14° 04' 20.50"	72° 20' 13.11"	4294

Nota: elaboración propia

Figura 82

Zonas o áreas de interés a ser cubiertas en la compañía minera



Distancia entre Zonas o Áreas de Interés (puntos de referencia) a ubicación de sensores

A continuación, en la tabla 25, se muestra la distancia aproximada del punto central de cada una de las Zonas/Áreas de interés a los diferentes sitios de sensor propuestos. Se puede observar cuales se encuentran a menos de 3 Km, menos de 5 Km y más de 5 Km de distancia de cada uno de los sensores.

Tabla 25

Distancia de la coordenada referencial a sitio de sensor

N°	Zona o Área	Distancia (d) de la coordenada referencial a sitio de sensor (Km)				
		SURPHUY	PLANTA- new	EVELYN- new	ANTAWASI- new	XP CAMP
1	Tajo Ferrobamba	3.43	6.93	0.86	3.71	3.73
2	Campamento Antawasi	3.71	4.41	3.24	0.6	4.41
3	Truck Shop	1.19	7.44	3.06	3.46	5.74
4	Llaveropampa	1.02	9.02	4.61	4.94	7.41
5	Campamento Pionero	1.12	7.76	3.19	3.76	5.94
6	Plataforma Fase 5	0.8	7.8	3.47	3.76	6.18
7	Polvorín	0.83	8.61	4.11	4.54	6.9
8	Almacén Mina	0.79	7.89	3.52	3.85	6.25
9	DM14	0.84	8.38	3.83	4.34	6.61
10	Geo	0.73	8.03	3.65	3.99	6.38
11	Estación de Bombeo 2	1	7.66	3.26	3.64	5.97
12	Orica	1.52	6.92	2.83	2.95	5.38
13	Cancha de Nitratos	1.62	6.63	2.94	2.61	5.36
14	Mirador Evelyn	3.41	6.22	1.01	2.99	3.51
15	Chancadora Primaria	2.68	6.13	1.89	2.46	4.24
16	Campamento XP	6.52	5.63	2.48	4.63	0.41
17	Campamento Pumamarca	8.07	5.36	4.15	5.64	1.27
18	Planta Concentradora	7.02	1.32	5.28	3.11	4.34
19	Faja Overland Q3	3.53	4.79	2.61	1.23	4.02
20	Presa de Relaves	4.64	3.72	3.15	1.27	3.61
21	Presa de Sedimentación	3.31	5.41	1.89	1.99	3.74
22	Faja Overland Q4	5.42	2.66	4.3	1.5	4.31
23	Presa Chuspiri	7.84	2.63	5.05	4.32	3.14

Nota: elaboración propia

Distancia entre zonas/áreas de interés (puntos más alejados) a ubicación sensores

A continuación, se tiene la tabla 26, donde se muestra la distancia aproximada, del punto más alejado de cada una de las Zonas/Áreas de interés con respecto a los diferentes sitios de sensor propuestos. Se puede observar cuales se encuentran a menos de 3 Km, menos de 5 Km y más de 5 Km de distancia de cada uno de los sensores.

Tabla 26

Distancia de puntos más alejados a cada sitio de sensor

N°	Zona o Área	Distancia (d) de los puntos más alejados de cada zona o área de interés a cada sitio de sensor en Km				
		SURPHUY	PLANTA- new	EVELYN- new	ANTAWASI- new	XP CAMP
1	Tajo Ferrobamba	6.18	8.71	3.23	5.21	6.02
2	Campamento Antawasi	4.07	4.72	3.59	0.98	4.68
3	Truck Shop	1.39	7.66	3.22	3.65	5.91
4	Llaveropampa	1.23	9.27	4.88	5.18	7.69
5	Campamento Pionero	1.42	8.1	3.59	4.07	6.34
6	Plataforma Fase 5	0.87	7.84	3.54	3.8	6.24
7	Polvorín	0.94	8.75	4.23	4.69	7.03
8	Almacén Mina	0.83	7.93	3.58	3.89	6.3
9	DM14	0.98	8.53	4.01	4.49	6.79
10	Geo	0.79	8.1	3.7	4.04	6.44
11	Estación de Bombeo 2	1.06	7.76	3.4	3.73	6.1
12	Orica	1.63	7.02	2.94	3.04	5.48
13	Cancha de Nitratos	1.7	6.71	3	2.69	5.44
14	Mirador Evelyn	3.46	6.3	1.05	3.05	3.58
15	Chancadora Primaria	2.81	6.31	1.96	2.63	4.33
16	Campamento XP	7.28	6.34	3.24	5.57	1.18
17	Campamento Pumamarca	8.3	5.44	4.37	5.8	1.5
18	Planta Concentradora	7.83	1.97	6.14	3.91	5.05
19	Faja Overland Q3	4.29	5.99	3.9	2.35	4.7
20	Presa de Relaves	6.36	5.29	4.53	2.82	4.63
21	Presa de Sedimentación	3.74	5.77	2.05	2.23	3.99
22	Faja Overland Q4	6.7	3.77	5.17	2.76	4.7
23	Presa Chuspiri	8.64	3.14	5.79	5.06	3.65

Nota: elaboración propia

Propuesta de asignación de zonas o áreas de interés por sensor

Con la información indicada en las tablas anteriores, tomando como referencia la distancia de cada una de las zonas/áreas (punto más alejado) respecto a cada sensor, se propone la siguiente asignación en la tabla 27.

El sistema de Notificación Automático de Alarmas WAVE – Siren, provisto por el fabricante del sistema Strike Guard (WxLine), consta de Estaciones de Alarmas del tipo audible y/o visual. Cada una de estas estaciones responde a la señal de alarma generada desde su equipo Transmitter, disponiéndose de un equipo Transmitter por cada sitio de sensor, con lo cual las Estaciones de Alarma se activarán y/o desactivarán por zonas respondiendo a la señal generada por su respectiva base. Según los requerimientos de MMG, para el caso de las Estaciones de bocinas (audibles), éstas repetirán el sonido característico de Alerta Roja (Tormenta eléctrica a 32 Km o menos) cada 10 minutos durante todo el tiempo que dure el estado de Alerta Roja, y para cuando el estado de Alerta termine, las Estaciones emitirán el sonido característico de Retorno al trabajo y después de 5 minutos repetirán dicho sonido. Para el caso de la Estaciones visuales (estrobos de color rojo), éstas mantendrán encendidos sus luces durante todo el tiempo que dure el estado de Alerta Roja, apagándolas al finalizar dicho estado. En la figura 83 se muestra un diagrama con el sistema WAVE Siren integrado al sistema Strike Guard – CS110; se puede observar el equipo Transmitter y las Estaciones de Alarma.

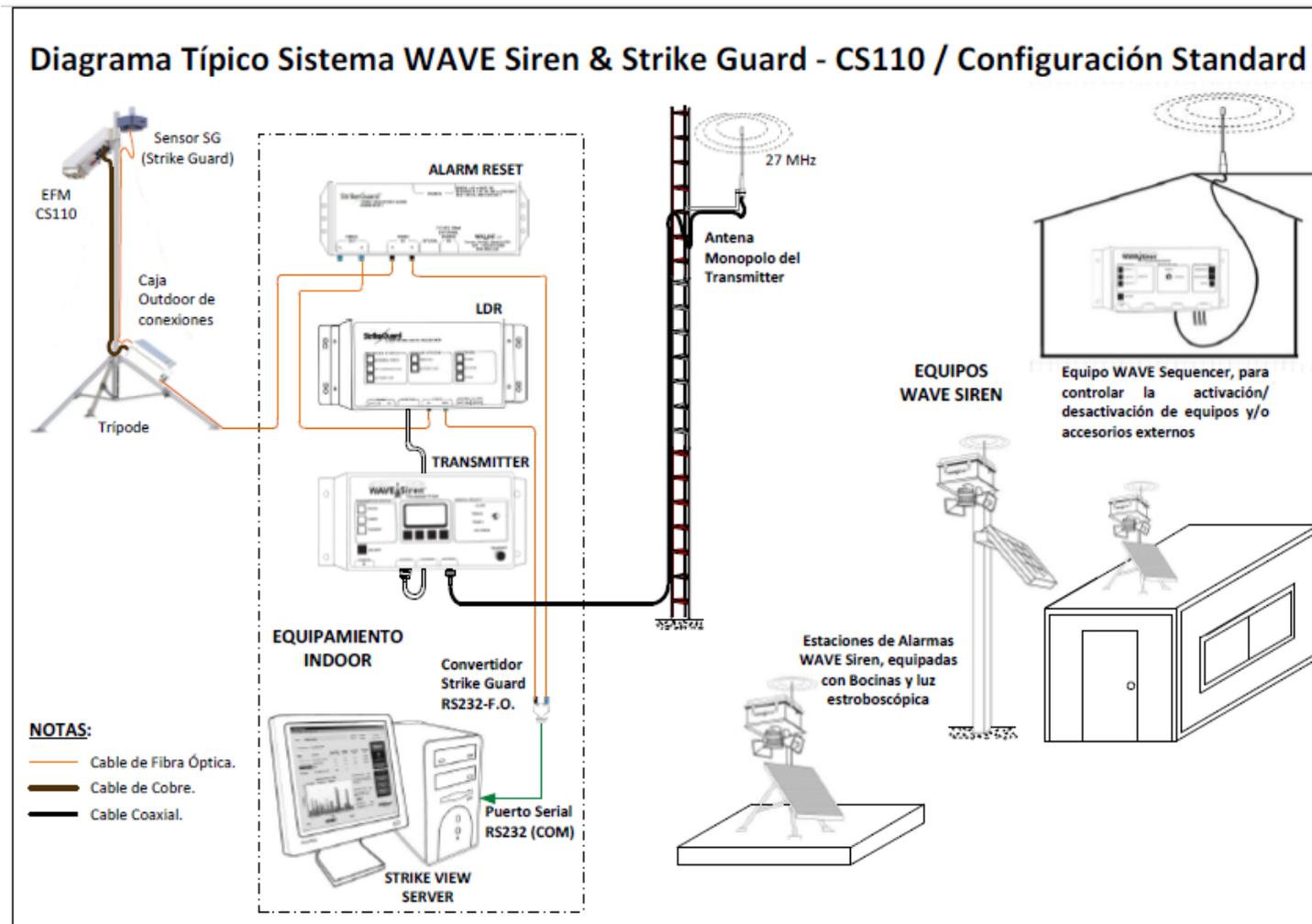
Tabla 27*Cobertura óptima de las áreas o zonas de interés*

N°	Zona o Área	Cobertura óptima de las áreas o zonas de interés				
		SURPHUY	PLANTA	EVELYN	ANTAWASI	XP CAMP
1	Tajo Ferrobamba			P (3.23)	B (5.21)	
2	Campamento Antawasi			B (3.59)	P (0.98)	
3	Truck Shop	P (1.39)		B (3.22)		
4	Llaveropampa	P (1.23)		B (4.88)		
5	Campamento Pionero	P (1.42)		B (3.59)		
6	Plataforma Fase 5	P (0.87)		B (3.54)		
7	Polvorín	P (0.94)		B (4.23)		
8	Almacén Mina	P (0.83)		B (3.58)		
9	DM14	P (0.98)		B (4.01)		
10	Geo	P (0.79)		B (3.7)		
11	Estación de Bombeo 2	P (1.06)		B (3.4)		
12	Orica	P (1.63)		B (2.94)		
13	Cancha de Nitratos	P (1.7)			B (2.69)	
14	Mirador Evelyn			P (1.05)	B (3.05)	
15	Chancadora Primaria			P (1.96)	B (2.63)	
16	Campamento XP			B (3.24)		P (1.18)
17	Campamento Pumamarca			B (4.37)		P (1.5)
18	Planta Concentradora		P (1.97)		3.91	
19	Faja Overland Q3			B (3.9)	P (2.35P)	
20	Presa de Relaves			B (4.53)	P (2.82)	
21	Presa de Sedimentación			P (2.05)	B (2.23)	
22	Faja Overland Q4		B (3.77)		P (2.76)	
23	Presa Chuspiri		P (3.14)			B (3.65)

Nota: elaboración propia

Figura 83

Sistema Strike Guard CS110 y WAVE Siren



Nota: elaboración propia

Actualmente se tienen en operación algunas estaciones de alarma del tipo visual, las cuales son controladas por el sistema ATStorm empleando como medio de comunicación equipos de radio de 300 MHz; por otro lado, las luces que comandan estas Estaciones no tienen las mismas características que las luces estroboscópicas empleadas por el sistema WAVE-Siren. Por lo anterior, las Estaciones de Alarmas actualmente en operación no podrán ser integradas al sistema WAVE – Siren, ya que este sistema trabaja en una banda de operación totalmente distinta (27 MHz) y su forma de operación (modulación, codificación, etc.) no puede ser procesada por los equipos actuales (no son compatibles).

En la tabla 28, se indica el perímetro y áreas de cada una de las zonas/áreas de interés de la Mina, y en base a esta información, a la concentración de personal, etc. se propone la siguiente asignación de estaciones de alarma para cada una de las zonas, mostrándose la cantidad y tipo de estaciones a ser implementadas. La cantidad de estaciones sólo es una estimación, y el número de estaciones y tipo de estaciones requerida deberá ser validado por la compañía minera, según sus necesidades particulares en cada zona.

Tabla 28*Estimación de estaciones de alarma por cada zona o área de interés*

N°	Zona o Área de interés	Cobertura óptima de las áreas o zonas de interés				Estaciones alarmas mixtas
		Sensor	Perímetro (Km)	Área (Km2)	Área (Hectárea)	
1	Truck Shop	Surphuy	1.1	0.1	7.58	3
2	Llaveropampa	Surphuy	1.35	0.1	6.79	2
3	Campamento Pionero	Surphuy	1.86	0.1	8.69	3
4	Plataforma Fase 5	Surphuy	0.35	0	0.81	1
5	Polvorín	Surphuy	0.68	0	2.3	1
6	Almacén Mina	Surphuy	0.27	0	0.43	1
7	DM14	Surphuy	0.94	0.1	5.98	1
8	Geo	Surphuy	0.31	0	0.55	1
9	Estación Bombeo 2	Surphuy	0.55	0	1.23	1
10	Orica	Surphuy	0.56	0	1.36	1
11	Cancha de Nitratos	Surphuy	0.46	0	1.29	1
12	Trajo Ferobamba	Evelyn-new	20	6.69	669	7
13	Mirador Evelyn	Evelyn-new	0.42	0	0.59	1
14	Chancadora Primaria	Evelyn-new	0.76	0	3	2
15	Presa de Sedimentación	Evelyn-new	1.91	0.15	15.2	2
16	Campamento Antawasi	Antawasi-new	2.1	0.23	23.4	
17	Faja Overland Q3	Antawasi-new	5.26	0.1	5.54	3
18	Presa de Relaves	Antawasi-new	10.6	4.68	468	4
19	Faja Overland Q4	Antawasi-new	4.93	0	4.22	3
20	Planta Concentradora	Planta-new	4.29	1.1	108	10
21	Presa Chuspiri	Planta-new	5.1	0.75	75.2	2
22	Campamento XP	XP-Camp	5.78	0.61	60.6	4
23	Campamento Pumamarca	XP-Camp	12.4	0.1	6.45	1

Nota: elaboración propia

3.4.5 Software de Monitoreo

El software de monitoreo que se propone emplear es el Strike View, en su versión Strike View – CS110. Este software permite visualizar la información registrada por ambos sensores: campo magnético (Strike Guard) y campo eléctrico (CS110), de manera

amigable para el usuario. Entre otras, el software Strike View – CS110, tiene las siguientes funcionalidades

- Provee notificaciones automáticas de amenaza de rayos del tipo audible y visual.
- Incluye la información registrada por ambos sensores, integrando la información de cada uno de ellos en una sola plataforma de monitoreo.
- Tiene rangos de Alerta (Rojo y Regreso al trabajo) configurados en línea con los requisitos del Estándar de riesgo fatal de MMG.
- A través de la configuración cliente-servidor, brinda un monitoreo centralizado para sitios grandes con múltiples sensores LWS en uso.
- Envío automático de alertas por correo electrónico y SMS (característica por implementar).
- Interactuando con el sistema TRBONET, puede emitir alertas de radio automáticas a través de la plataforma móvil de Radio utilizada en las instalaciones de la mina, a las radios portátiles (handies) y móviles.
- Registro de la hora / fecha / tipo de alerta o cambio de alerta.

Se ha considerado que el software Strike View – CS110, venga instalado y preconfigurado de fábrica, para lo cual WxLine proporcionará equipos industriales (industrial touch-screen flat panel PC) en los cuales se tendrá esta funcionalidad; como se indicó anteriormente, el software correrá sobre el sistema operativo linux.

3.4.6 Consideraciones Especiales del Diseño

WxLine ha organizado varias reuniones internas para tratar el tema de los requerimientos indicados por La Compañía Minera, los cuales impactan en el nuevo diseño del Sistema de Detección y Advertencia de Tormentas Eléctricas solicitado. La Compañía Minera está solicitando funciones que actualmente no están disponibles con el sistema de Notificación estándar de Strike Guard y WAVE-Siren. WxLine ha evaluado hacer modificaciones a su diseño actual, pero ha determinado que no es factible proporcionar

todos los requisitos a menos que se trate de rediseñar totalmente el sistema, lo cual implicaría enormes sumas de dinero en el diseño y desarrollo del mismo.

Envío de mensajes de Alarma a través del sistema de Radio Móvil de la Mina: con respecto a la interfaz de radio de Motorola, WxLine recomienda que La Compañía Minera vea el paquete de software TRBONET que ya está siendo utilizado por otras minas de MMG (como Dugald River en Australia), donde lo utilizan con el software Strike View para generar anuncios automáticos de Alerta de Tormentas a través de las radios.

Envío de mensajes de alerta a través de SMS: la respuesta de SMS es un poco más complicada ya que involucra a la compañía telefónica. Hay proveedores externos que ofrecen la interfaz por una tarifa moderada (esto tendría que ser pagado por La Compañía Minera al proveedor del servicio). A continuación, se indica mayor información:

El servicio de SMS tiene un costo por mensaje (SMS) involucrado. Twilio es un proveedor con el que se podría trabajar siempre y cuando WxLine haga las adiciones necesarias en el software Strike View. Una vez que el software Strike View tenga la capacidad requerida, La Compañía Minera necesitaría crear una cuenta con Twilio (se puede leer más sobre Twilio en línea). Twilio tiene un buen alcance global (incluido Perú) mientras que algunos de los otros proveedores sólo están disponibles en ciertos países.

Para tener disponible esta característica, se deberá modificar el software Strike View para el uso de notificaciones de Twilio; luego se deberá realizar los siguientes pasos:

1. Agregue la pestaña a la ventana de Notificaciones para que el usuario pueda agregar la información de la cuenta de Twilio. Agregar capacidad de mensaje de prueba de SMS.
2. Agregue UI, modifique la base de datos, para que el usuario pueda decir si usa correo electrónico o SMS.
3. Agregue la verificación de Twilio del número de teléfono que ingresó el usuario (esto implica llamar a una API de servicio de Twilio durante la validación).

4. Proporcione instrucciones a los usuarios sobre cómo configurar su cuenta de Twilio.
Se podría proporcionar información básica, pero es probable que se desee hacer más documentos formales (y una versión en español).

Otras Consideraciones:

- SMS está limitado a 160 caracteres, pero se estima que se podrá trabajar dentro de este límite. MMS tiene diferentes límites.
- WxLine estima que tomará aproximadamente 120 horas implementar y probar la función de SMS para el software Strike View – CS110. Para incluir esta característica, se agregaría una tarifa única adicional a los precios normales del software.

Sistema de Comunicaciones Bidireccionales para las Estaciones de Alarma:

para cumplir con este requisito de La Compañía Minera, WxLine necesitaría diseñar un sistema de notificación completamente nuevo que admita la comunicación bidireccional y la capacidad en simultáneo de tener una única estación para responder a múltiples estaciones base. Este sería un esfuerzo de ingeniería significativo que tomaría bastante tiempo en su desarrollo con un costo bastante elevado para La Compañía Minera. Por lo anterior, esta característica no podrá ser atendida en el presente diseño, salvo que La Compañía Minera manifieste su interés firme en dicho requerimiento.

Consideramos las respuestas de las estaciones de alarma a dos bases, las cuales se describen a continuación:

- **Estaciones de Alarma Visuales (Luz estroboscópica)**

WxLine ha trabajado con las Estaciones de Alarma solo visuales (WAVE Strobe-only) para que tengan la capacidad de responder a las señales enviadas desde dos bases distintas (dos sitios de sensor). Hay que tener en cuenta que la luz estroboscópica se apagará tan pronto cuando una de las dos bases envíe el mensaje de fin de estado de alerta (Retorno al Trabajo). Si esta es la única adición

a realizar en la estación WAVE Strobe-only y se puede trabajar el sistema de esta manera, se tendría un costo adicional sobre el precio standard de cada Estación. Si se requiere crear la lógica en cada Estación de Sirena que estipule que se debe recibir el mensaje de fin de Alerta Roja (Retorno al Trabajo) de ambas bases antes de apagar la luz estroboscópica, entonces esto es más complicado y requiere mayores modificaciones a la Estación standard. Esto agregaría otro costo adicional por cada Estación requerida, para lo cual se tendría que considerar un pedido mínimo de quince estaciones para cubrir los costos de ingeniería involucrados. Para esta implementación se consideraría antenas de rango extendido para la mayoría de las Estaciones para asegurar una comunicación confiable.

- **Estaciones de Alarmas audibles (Bocinas)**

Se ha detectado un problema que surge cuando se combina estas dos características nuevas:

- a. Repetición del sonido de alarma cada 10 minutos.
- b. Respuesta a dos bases.

Como primer problema se tiene que, cuando una estación de sirena reacciona a las señales emitidas de dos bases distintas, la Estación responderá a cada base para hacer sonar el mensaje repetido. Esto en efecto duplicará las repeticiones de la notificación de alarma; es decir, se tendrán dos secuencias de repetición distintas espaciadas en 10 minutos cada una.

En segundo lugar, cuando una de las bases envíe el mensaje de fin de Alerta Roja (Retorno al Trabajo), las estaciones de sirena que recibieron el mensaje generarán el sonido de fin de Alerta, incluso si la otra base aún esté en estado de Alarma. Se podría considerar agregar cierta lógica para abordar este problema, pero no es simple. Además, con la función de repetición cada 10 minutos, es posible que se reciba el mensaje de fin de Alerta Roja (Retorno al Trabajo) desde una base y momentos después se reciba el mensaje de sonido de alarma repetido de la otra base. Esto sería altamente confuso e indeseable.

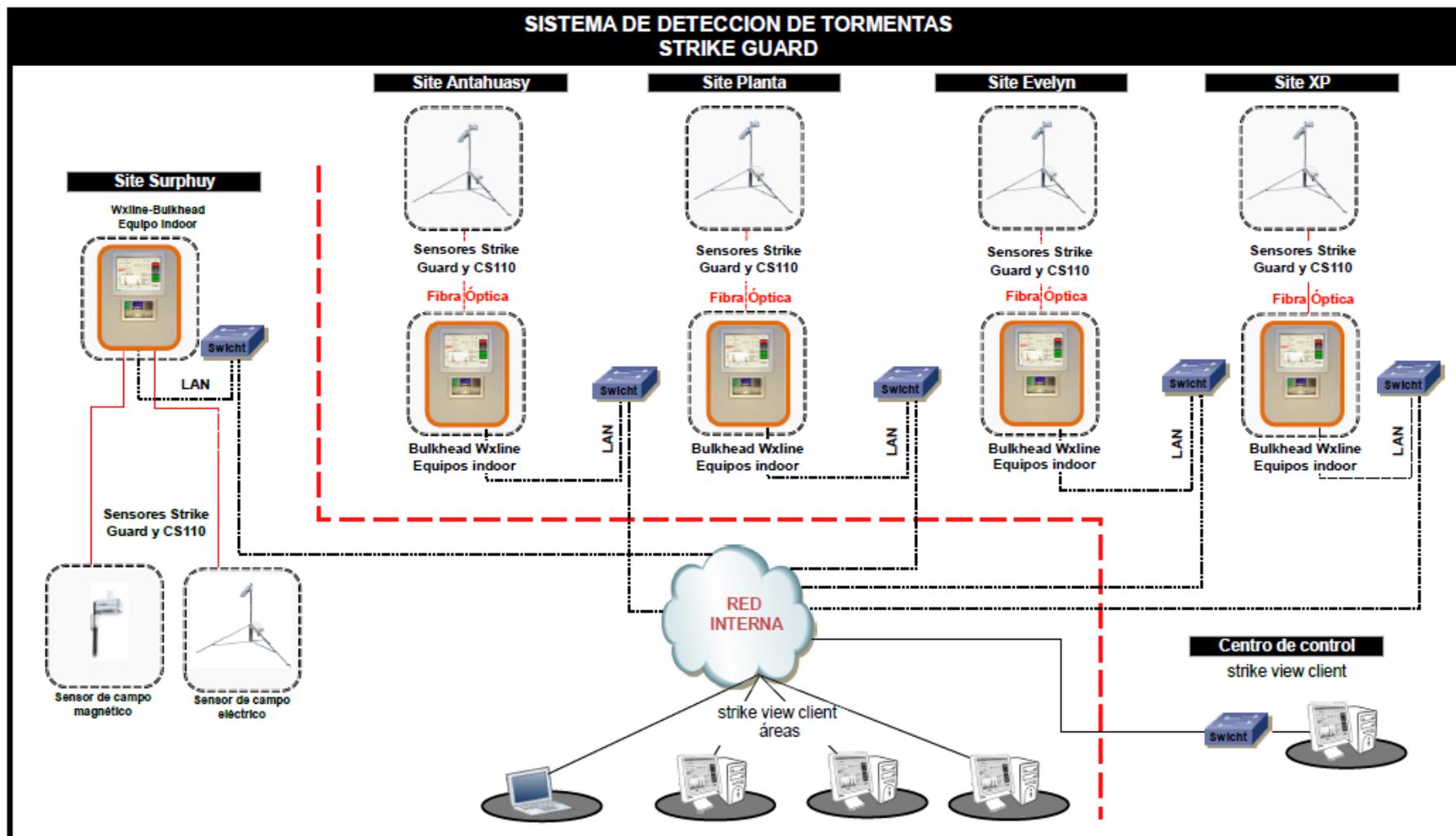
En conclusión, para el caso de las Estaciones de Alarma audibles (Sirenas), se necesitaría elegir una de las dos características mencionadas, y dejar de lado la otra. Otra forma de abordar este tema es que WxLine diseñe y construya un nuevo sistema de Notificación de Alarmas basado en comunicaciones bidireccionales entre las Estaciones de Alarma y el sitio central, pero esto implicaría gran tiempo de desarrollo y muy altos costos de ingeniería, lo cual elevaría enormemente los costos de la solución.

3.4.7 Topología del Sistema

La topología del sistema de detección de tormentas por implementar, se muestra en la figura 84

Figura 84

Topología del sistema de Detección de Tormentas



3.5 Costos y Presupuesto

En la tabla 29, se observa el detalle de los costos del proyecto, descritos en tres secciones, estudio de campo, equipamiento e instalación.

Tabla 29

Resumen de costos y presupuesto

Descripción	Costo	Costo Total
Estudio de campo	\$16,715.00	\$16,715.00
Equipamiento		
Sistema Strike Guard & CS110 – SURPHUY	\$180,696.00	
Sistema Strike Guard & CS110 - EVELYN-new	\$140,488.00	
Sistema Strike Guard & CS110 – ANTAWASI-new	\$285,806.00	
Sistema Strike Guard & CS110 – Planta-new	\$140,448.00	
Sistema Strike Guard & CS110 – XP CAMP	\$123,824.00	
	Total equipamiento	\$886,102.00
Instalación		
SISTEMA ALARMAS VISUALES - ANTAWASI new	\$51,895.00	
ESTACIONES DE DETECCIÓN DE TORMENTAS	\$48,895.00	
ESTACIONES WAVE SIREN	\$79,598.00	
	Total instalación	\$180,388.00

Nota: elaboración propia

Capítulo IV Análisis y discusión de resultados

4.1 Beneficios de la Solución Propuesta

A continuación, se indican los principales beneficios y ventajas de la solución propuesta:

- Detectar y monitorear la actividad eléctrica entre nubes (rayos de nube-nube) y nube-tierra en varios rangos de distancia, determinando condiciones de Alarma y de todo despejado.
- Detectar los niveles de campo eléctrico inducido en el suelo por las nubes situadas en las cercanías del sitio de interés, donde el potencial de descarga de un rayo se puede pronosticar.
- La información registrada por ambos sensores se encuentra integrada en una sola plataforma de Detección de rayos y Notificación de amenazas; el software de monitoreo Strike View permite monitorear y administrar la actividad registrada por ambos instrumentos de manera amigable y confiable.
- Reacción automatizada del sistema de sirenas y/o luces estroboscópicas inalámbricas, para condiciones de Alarma y de todo despejado.
- Del sistema Strike Guard-CS110 y Strike View se han logrado los siguientes beneficios:
 - ✓ Utilizar dos tecnologías independientes de detección de rayos para la validación de amenaza y peligro de rayos.
 - ✓ Coincidencia óptica de detección de rayos con funcionamiento comprobado.
 - ✓ Sensor no requiere mantenimiento de fábrica por tres años.
 - ✓ Activación del estado de alarma completamente automático con categorías de rango definidas por el usuario.
 - ✓ Rango de Detección de 32 Km. Reacciona en 32Km, 16Km ú 8 Km.
 - ✓ No Falsas Alarmas. Tecnología patentada.

- ✓ Auto pruebas cada hora del sensor y comunicación, con indicador de status.
 - ✓ Sensor funciona con sistema de energía autónomo.
 - ✓ Chassis de sensor NEMA 4X.
 - ✓ Enlace de comunicación por fibra óptica, con tecnología sin conectores
 - ✓ Comunicación de datos a prueba de rayos (lightning-proof), a través del uso de enlaces de Fibra óptica (no conductivo) entre los componentes del sistema LWS.
 - ✓ LDR con respaldo de energía.
 - ✓ Programa Strike View provee características adicionales: registro de datos, alarmas adicionales, conteo de tiempo para Volver al trabajo, histograma, notificación por correo electrónico. Strike View funciona a través de una red (LAN).
- Del sistema de alertas automáticas WAVE-Siren Audible inalámbrico y anunciador visual se obtiene los siguientes beneficios:
 - ✓ Estaciones WAVE-Siren reciben señales inalámbricas del WAVE-Transmitter dentro de un radio de 4.8 Km.
 - ✓ Luz estroboscópica de alta intensidad; se mantiene iluminada durante la condición de alarma y se apaga con el sonido de todo Volver al Trabajo.
 - ✓ Configurable para una ó cuatro bocinas conducidas por compresión, para cada Estación WAVE-Siren.
 - ✓ Opción de energía solar ó 90-240 VAC (con respaldo de batería).
 - ✓ Auto pruebas cada hora con indicador de status.
 - ✓ Alta calidad de materiales (acero inoxidable, aluminio).
 - ✓ Las estaciones WAVE-Siren son modulares, con un diseño de fácil instalación y mantenimiento. Tecnología exclusiva de conexión rápida.

4.2 Cumplimiento de Requerimientos y Consideraciones de Diseño

A continuación, se muestran las tablas de cumplimiento del sistema de detección y advertencia de tormentas eléctricas propuesto para la Compañía Minera, tomando en consideración los requerimientos establecidos.

4.2.1 De los requerimientos de la Compañía Minera

En la tabla 30 se detalla el cumplimiento a de los requerimientos de la compañía minera, considerando el total de solicitudes atendidas.

4.2.2 De los requerimientos del sistema

En la tabla 31 se detalla el cumplimiento a de los requerimientos del sistema, considerando la mayoría de las solicitudes atendidas y observaciones en otras.

Tabla 30*Cumplimiento de requerimientos de Compañía Minera*

Item	Descripción	Cumple	
		SI	NO
1	Cubrir todas las áreas de operación, utilizando sensores de rayos del tipo fijo, de montaje externo e instalados en un radio de cinco kilómetros (km) de todas las áreas de operación.	X	
2	Estar disponible 24/7.	X	
3	Sensores de rayos del tipo fijo, montados externamente.	X	
4	Cualquier lugar de trabajo crítico a más de 5 km de distancia de un sensor LWS debe estar cubierto por un sensor LWS en red adicional.	X	
5	Debe detectar rayos de nube a nube y de nube a tierra.	X	
6	Debe utilizar dos tecnologías independientes de detección de rayos para la validación de amenaza y peligro de rayos.	X	
7	Debe utilizar enlaces de fibra óptica no conductivos entre los componentes del sistema LWS.	X	
8	Debe tener capacidades de auto prueba que cubran al sensor de rayos, la batería y los sistemas de notificación.	X	
9	Debe proveer notificaciones automáticas de amenaza de rayos del tipo audible y visual.	X	
10	Debe incluir el uso de Detectores de Campo Eléctrico, integrados en una sola plataforma de Detección de rayos y Notificación de amenazas.	X	
11	Debe ser diseñado tomando en cuenta los factores que pueden afectar la precisión de las predicciones del sistema de advertencia.	X	
12	Debe tener rangos de Alerta (Rojo y Regreso al trabajo) configurados en línea con los requisitos del Estándar de riesgo fatal de MMG.	X	
13	Todas las alertas automáticas del tipo audible (sirenas) y visual (balizas) deberán ser las mismas para todos los LWS utilizados en un sitio / ubicación determinado (en el caso se empleen múltiples LWS).	X	
14	El centro de 'Comando y Control' debe contar con dispositivos de protección contra sobretensiones (SPD) debidamente dimensionados y conectados a tierra, en todos los cables de cobre.	X	
15	Se debe disponer de un monitoreo centralizado donde sea práctico, para sitios grandes con múltiples sensores LWS en uso.	X	
16	Diseñar e implementar un programa de mantenimiento consistente con los requisitos de mantenimiento del OEM.	X	

Nota: elaboración propia

Tabla 31*Cumplimiento de requerimientos del sistema*

Item	Descripción	Cumple		Comentarios
		SI	NO	
1	Envío automático de alertas por correo electrónico y SMS.	x		SMS factible de desarrollar a corto plazo.
2	Activación automática de sirenas y luces estroboscópicas (beacons) en las áreas afectadas. Cada sistema deberá activar sus propias alarmas, por zonas.	X		
3	Emitir alertas periódicas (rojo: cada 10 minutos, volver al trabajo: dos veces, cada 5 minutos). Todo el tiempo en Alerta Roja, el sistema debe repetir cada 10 minutos el sonido característico para esta condición. Cuando termine la condición de Alerta Roja, el sistema debe emitir un sonido diferente que indique el final de la alerta, pero también después de 5 minutos debe repetir este sonido una vez más.	X		
4	Emisión de alertas de radio automáticas en todos los canales. Se requiere tener una interfaz capaz de controlar la emisión de mensajes de Alerta desde la plataforma móvil de Radio utilizada en las instalaciones de la mina, a los radios portátiles (handies) y móviles.	X		La Compañía Minera deberá implementar el sistema TRBONET, para poder hacer posible esta funcionalidad.
5	Registro de la hora / fecha / tipo de alerta o cambio de alerta.	X		
6	Implementación de comunicaciones bidireccionales en el sistema WAVE Siren, para permitir que el sistema sepa qué estaciones recibieron la señal de activación y cuáles están fuera de línea.		x	Si LB desea implementar esta funcionalidad, se deberá rediseñar todo el sistema de Notificación de WxLine. Las estaciones de alarmas del tipo visual podrán reaccionar con la señal de dos bases distintas; para el caso de las estaciones sonoras ver las consideraciones de diseño de este documento
7	Tener algunas estaciones de alarma WAVE Siren con la capacidad de recibir diferentes señales de radio de diferentes transmisores.	X		

Nota: elaboración propia

Conclusiones

Inicialmente se dispone en la mina, de un sistema automático de activación de alertas, el cual sólo funciona para el sistema ATStorm: las alertas automáticas sólo se dan para el caso de las tormentas locales (las que se desarrollan sobre la Unidad Minera), para el caso de las tormentas entrantes (las que se presentan con mucha frecuencia), que son detectadas por el sistema Strike Guard (Sites de Surphuy, Planta y Evelyn) se depende de la actuación del operador de Centro de Control, quien acciona manualmente una perilla. Esta condición se puede solucionar implementando un sistema automático de Advertencia de Tormentas

Después de realizada la visita a la mina, y conocer los diferentes sites de detección actuales, se llegó a la siguiente conclusión: La ubicación actual de la Estación Surphuy califica para la instalación del sensor de campo eléctrico CS110, el cual complementaría al sistema Strike Guard actualmente instalado; para el caso de Planta, la ubicación actual no califica para la instalación del sensor CS110, por lo que se tiene que se propone trasladar esta Estación al punto denominado Planta-new; para el caso de Evelyn, la ubicación actual no califica para la instalación del sensor de campo eléctrico CS110, debido a la presencia de grandes obstrucciones verticales y falta de espacio físico para alejarse de las mismas, y por la presencia de líneas de alta tensión en las cercanías, por lo que se propone su traslado al lugar denominado Evelyn-new; para el caso de la estación Truck-Shop, la ubicación actual no califica para la instalación del sensor de campo eléctrico CS110 ni magnético (Strike Guard, y tomando en cuenta la cercanía de este punto con la Estación Surphuy, se recomienda desactivar esta estación y trabajar sólo con la Estación de Surphuy; para el caso de Antawasi, no se dispone de un lugar apropiado que pueda cumplir con los requerimientos de instalación del sensor CS110, por lo que se propone la instalación de este sitio en el lugar denominado Anatawassi-new; y finalmente, para el caso de XP-Camp, la ubicación si califica para la instalación del sistema propuesto, y si bien es cierto este campamento se encuentra cerrado, su ubicación abarca la parte

Nor-Oeste de la operación, por lo que, de ser factible, se recomienda mantenerlo en operación.

El sistema de detección y advertencia de tormentas eléctricas propuesto para la Compañía Minera activará y desactivará las diferentes estaciones de Alarmas (bocinas y luces) de manera automática, usando para ello la señal de alarma reportada, ya sea por el sensor de campo eléctrico o por el sensor de campo magnético.

El sistema de Detección y Advertencia de Tormentas eléctricas propuesto para la Compañía Minera cumple con la mayoría de los requerimientos y consideraciones de diseño indicados, quedando básicamente sin cubrir la consideración de disponer de un sistema de comunicaciones bidireccionales para el caso de las Estaciones de Alarma. Sin embargo, este requerimiento puede ser atendido y cubierto por el fabricante de los equipos, pero la Compañía Minera deberá evaluar la elevada inversión que esto involucraría, debido al esfuerzo de ingeniería significativo por parte de del fabricante, tiempo de desarrollo y costo elevado.

Recomendaciones

Para seleccionar los equipos para la optimización del sistema de detección y notificación de tormentas eléctricas, se debe tomar en cuenta que la mina cuenta con suministro de energía eléctrica de 110 VAC estabilizada, la cual es idónea para el suministro eléctrico de los equipos, además de que deben estar homologados según las normas nacionales e internacionales para asegurar su buen rendimiento y operación.

Es necesario cumplir con el plan de mantenimiento preventivo del sistema de detección y notificación de tormentas eléctricas, a fin de garantizar el buen funcionamiento y confiabilidad del sistema.

Complementar el sistema de detección y notificación de tormentas eléctricas con un sistema de protección contra descargas electro atmosféricas, como los pararrayos.

Referencias bibliográficas

- Aníbal, S. G. (Enero de 2020). Seminario Garcia Aníbal. *Modelado del avance del rayo líder descendente, su velocidad, el punto de encuentro con el rayo líder ascendente, del campo eléctrico en un punto alejado del impacto y la distancia de cebado*. España: Universidad de Oviedo.
- Anuario de estadísticas ambientales 2018. (2018). *Anuario*. Lima, Lima, Perú: INEI.
- Aprende sobre la geografía*. (14 de marzo de 2014). Obtenido de Aprende sobre la geografía: <http://aprendesobrelageografia.blogspot.com/2014/03/las-tormentas-electricas-un-fenomeno.html>
- Aranguren, D., Olarte, E., Santoyo, I., Perez, E., Amortegui, F., & Torres, H. (2007). Sistema de Monitoreo de Tormentas Eléctricas. *Conference: International Symposium on Power Quality - SICEL 2007*. Colombia: SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE CALIDAD DE LA ENERGIA ELECTRICA, SICEL 2007. Obtenido de Sistema de Monitoreo de Tormentas Eléctricas.
- Ayala, E. E. (2012). Sistema de información y monitoreo de tormentas eléctricas en Colombia. *Trabajo presentado como requisito parcial para optar por el título de: Magister en Ingeniería de Telecomunicaciones*. Bogota, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- BOLTEK. (2016). *BOLTEK CORPORATION*. Obtenido de Lightning Detection: https://www.mistral.co.jp/swfu/d/boltek/EFM-100C_Manual_121415.pdf
- Boltek Perú*. (s.f.). Obtenido de Sistemas de detección de rayos: <https://boltekperu.com/productos/#novedades>
- Borda, J. C. (2014). Integración de los Sistemas de Alerta de Tormentas Eléctricas en Redes Inteligentes. *Tesis para optar al título de Magister en Ingeniería Eléctrica*. Bogota, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

- Carpio Turpo, Edwin Javier. (2020). *Análisis de la construcción y montaje de módulos anti tormentas eléctricas para trabajos de empalme vulcanizado en faja transportadora overland, de 72 pulgadas banda con alma de acero en minera Las Bambas*. Arequipa: Repositorio Institucional de la UNSA.
- Cifuentes Ortiz , D. C. (2019). *Estudio de las tormentas eléctricas en la depresión momposina, el nooriente caldense y suroriente antioqueño*. Bogota: Universidad Nacional de Colombia.
- Clulow, A. S. (2018). Integration of a Ground-Based Lightning Warning System into a Mining Operation in the Democratic Republic of the Congo, KwaZulu-Natal, South Africa. *Artículo Científico*. Weather Climate, and Society.
- Del Rio Trujillo , D. F. (2019). *Sistemas de alertas para rayos para Manizales* . Manizales : Instituto de estudios ambientales (IDEA) - seccional Manizales.
- Flores , W., Acuña, D., Calle , V., & Garcia , J. (2021). *Probabilidades de ocurrencias de descargas eléctricas atmosférica para la cuenca del río Mantaro-Perú,utilizando bandas de vapor de agua e infrarroja del satélite goes*. Lima: Scielo.
- Flores Villanueva, W. (Octubre de 2019). Sistema de alerta temprana para descargas eléctricas para la cuenca del río Mantaro - Perú. *Tesis de Maestría*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Fukumune Suzuki, Y. S. (s.f.). *Evaluation of the "StrikeGuard" Lightning Alarm Sensor Using Lightning Location System (LLS) Lightning Data*. Obtenido de SANKOSHA Corporation: <https://www.bondedlightning.com/downloads/strike-guard-lightning-warning-system.pdf>
- Garzón, Á. A. (2015). Localización de Tormentas Eléctricas Usando Redes de Sensores Puntuales de Campo Electrostático. *Tesis para optar al título de Magister en Ingeniería – Ingeniería Eléctrica*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia .
- Gonzalez Verdugo, K. I. (2017). *Contribución para la implementación de una red de detención de rayos en Ecuador*. Quito: Politécnico de Leira.

- Henao Cespedes, V. (2017). *Desarrollo teórico para implementación de un sistema automático de correlación entre fallas en líneas de distribución eléctricas y descargas atmosféricas*. Manizales: Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- Herrera Barrera, J. H. (2021). *Herramientas colaborativas aplicadas al desarrollo de competencias digitales docentes*. Ibarra Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Herrera, M. M. (Junio de 2014). Sistema de protección contra descargas atmosféricas en edificación aplicando la norma NMX-J-549. *Tesis para obtener el título de ingeniero electricista*. Mexico D.F., Mexico: Instituto Politécnico Nacional.
- Hinostroza T, F. (2019). Aplicación de la NTP-IEC-62305 Tomo 2 y 3 en el sistema de protección contra descargas atmosféricas en Souther Cooper Corporation unidad Cuajone. . *Tesis de Titulación*. Juliaca, Puno, Perú: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.
- IEC. (21 de 09 de 2020). *IEC 62793:2020*. Obtenido de Thunderstorm warning systems - Protection against lightning: <https://webstore.iec.ch/publication/64935>
- Inampúes Borda, J. C. (2014). Integración de los Sistemas de Alerta de Tormentas Eléctricas en Redes Inteligentes. *Trabajo de grado - Maestría*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- INGESCO. (s.f.). Obtenido de PREVISTORM THUNDERSTORM WARNING SYSTEM: <https://www.ingesco.com/es/productos/previstorm-thunderstorm-warning-system>
- INSHT, I. N. (2017). *Prevención de riesgos laborales originados*. Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/333553/ntp-1084M.pdf/a1132bbe-0ac6-4533-becf-bb5ffdbfa9c8#:~:text=Esta%20Nota%20T%C3%A9cnica%20de%20Prevenci%C3%B3n,medidas%20de%20prevenci%C3%B3n%20y%20protecci%C3%B3n>
- Llerena Rodriguez, J. S. (4 de Abril de 2018). Evaluación de sistemas de protección contra descargas atmosféricas en una unidad minera a 4000 msnm acondicionando

- fórmula para la aplicación del método Electrogeométrico. *Trabajo de Suficiencia Profesional*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- López Trujillo, J. A. (Septiembre de 2011). Metodología para predicción de tormentas eléctricas a partir de mediciones de campo electrostático ambiental y sistemas de localización de rayos en zona montañosa. *Trabajo de grado - Maestría*. Bogota, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Machado, M. A. (Septiembre de 2013). Análisis del comportamiento de las líneas de transmisión frente al rayo. Tarragona, Cataluña, España: Escuela Técnica Superior Ingeniería - University Rovira Virgili.
- Magina F, P. K. (Junio de 2014). Atmospheric Electric Field Mill Deployment in Southeastern of Brazil. *Paper*. Oklahoma, U.S.A: V International Conference on Atmospheric Electricity.
- Meteorología Aeronáutica. Tormentas*. (16 de Abril de 2016). Obtenido de Meteorología Aeronáutica. Tormentas: <http://www.pasionporvolar.com/meteorologia-aeronautica-tormentas/>
- MINEM. (2016). Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería. *Reglamento*. Perú: MINEM.
- MINEM. (agosto de 2016). *REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN MINERÍA*. Obtenido de <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/LIBROS/RSSO/RSSO2020.pdf>
- Modulo Instruccional*. (s.f.). Obtenido de Modulo Instruccional: <https://sites.google.com/site/moduloinstruccionalir/primera-leccion>
- Moron Perez, L. (2017). Diseño y Evaluación de un Prototipo de Refugio Contra Tormentas Eléctricas con Sistema de Comunicación Remoto de Alerta Sonora y Visual en Tiempo Real, Aplicado a Campamentos Mineros. . *Tesis de titulación*. Perú: Universidad Tecnológica del Perú.

- Nicora, M. G. (Septiembre de 2014). Actividad eléctrica atmosférica en. *Tesis para obtener el grado de Doctor en Geofísica*. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de La Plata.
- OEA. (2018). *Manejo de desastres naturales*. La Paz : Universidad Mayor de San Andres.
- OIT. (2012). *Seguridad y salud en las minas a cielo abierto*. Obtenido de https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---sector/documents/normativeinstrument/wcms_617125.pdf
- ONU. (2021). *Desastres Naturales*. Santiago: Revista de Geografía del Norte.
- Organización de Naciones Unidas*. (19 de Diciembre de 2019). Obtenido de Una nueva alianza para fortalecer las capacidades meteorológicas e hidrológicas nacionales: <https://news.un.org/es/story/2019/12/1466461>
- OSINERGMIN. (2020). Análisis Estadístico de Seguridad y Compendio de Accidentes en el Sector de Mediana Minería y Gran Minería . *Publicación*. Lima, Lima, Perú: OSINERMING.
- Osinermin. (2020). *Boletín Informativo de la Gerencia de Supervisión Minera*. Lima: Osinermin. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1824891/Boletin%20Osinermin%2004T2020.pdf.pdf>
- Palacios , P. (2021). *Propuesta de implementacion del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo*. Lima: Repositorio Institucional UNASAM.
- Resources, A. (s.f.). *Georreferenciación y sistemas de coordenadas*. Obtenido de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000s000000.htm>
- Ronald L. Holle Vaisala, I. T. (2015). SOME ASPECTS OF GLOBAL LIGHTNING IMPACTS. *Papaer. 7mo Conf. Met. Appl*. Tucson, Arizona, Estados Unidos de America: AMS Annual Meeting. Obtenido de https://www.weather.gov/media/safety/Global_Aspects_holle15.pdf

- Rust, D. T. (1998.). *The nature of electrical Storm*. New York, Estados Unidos de Norteamérica: Oxford University Press.
- S.A.A., S. M. (18 de 01 de 2014). *Estandar de acción en caso de Tormenta Eléctrica*. Obtenido de https://publicportal.fmi.com/sites/publicportal/files/Files/cerro_verde_files/seguridad/estandares/SSOst0024_Acci%C3%B3n%20en%20caso%20de%20Tormenta%20El%C3%A9ctrica_v06.pdf
- Salvador-Tixe, C., & Horn-Mutschler, M. (2021). *Propuesta tecnológica para la implementación de una planta fotovoltaica de 4.5 Kwp para la comunidad rural altoandina San Francisco de Raymina, Ayacucho-Peru*. Lima: Scielo.
- Scientific, C. (05 de 2020). *Manual CS110*. Obtenido de CS110 Electric Field: <https://s.campbellsci.com/documents/eu/manuals/cs110%20-%20619.pdf>
- Seminario, A. (2020). *Modelado del avance del rayo líder descendente, su velocidad, el punto de encuentro con el rayo líder ascendente, del campo eléctrico en un punto alejado del impacto y de la distancia de cebado*. España: Universidad de Oviedo.
- SENAMHI. (2021). *Servicios metereologicos e hidrologicos nacionales* . Lima : Biblioteca Agrícola Nacional .
- SMINING. (Febrero de 2018). Obtenido de Parada de Planta: <https://snmining.com/proyectos/parada-de-planta>
- Soto Romero, O. J. (2019). *Implementación de un plan de seguridad y salud ocupacional para prevenir accidentes en el proyecto: trabajos electromecánicos en el pad Carachugo 14-Minera Yanacocha S.R.L 2019*. Lima: Alicia.
- Tecnológicas, Aplicaciones. (25 de 08 de 2020). *LIGHTNING & EARTHING SMART SOLUTIONS*. Obtenido de Qué es y qué beneficios aporta un sistema de detección anticipada de tormentas en distintos sectores de actividad: <https://at3w.com/blog/beneficios-sistema-deteccion-anticipada-tormentas-sectores/>

Vásquez S, V. &. (Octubre de 2016). Diseño de un sistema de detección de tormentas eléctricas para disminuir las paradas en los procesos de campo debido a descargas atmosféricas en minera Yanacocha. *Tesis para optar el Título Profesional*. Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.

Verdugo, K., Aires, L., & Merchan, H. (23 de Abril de 2018). Contribución para la implementación de una red de detención de rayos en Ecuador. *Contribución para la implementación de una red de detención de rayos en Ecuador*, pág. 41.

WMO, W. M. (1 de Febrero de 2022). *WMO certifies two megaflash lightning records*. Obtenido de World Meteorological Organization: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-certifies-two-megaflash-lightning-records>

WxLine. (s.f.). *Lightning Detection System*. Obtenido de <https://www.wxline.com/addimages.php#lds>

Anexos

Anexo 1: Características de principales equipos.....1

Anexo 1

Características de principales equipos

Strike Guard[®]

LIGHTNING WARNING SYSTEM

Strike Guard employs state-of-the-art technology to address the most demanding lightning safety and equipment protection applications.

Designed for critical industrial applications, Strike Guard monitors cloud and cloud-to-ground lightning within a user-set range and provides contact-closure signaling at user-set lightning activity thresholds. Patented optical signal processing and proprietary optical-coincidence technology prevent false alarms.



Strike Guard Sensor data are communicated via lightning-proof fiber-optic cable to an independent Lightning Data Receiver with system status, caution and alarm indicators, relays, and computer compatible output.

STRIKE GUARD DELIVERS:

- Fully automatic alarm triggering with user-set range categories
- 20 mile detection range
- No false alarms! Patented technology
- Sensor and communication self-test
- Sensor is battery powered for easy installation
- Durable fiber-optic communication with connector-less technology
- Lightning-proof data communication
- NEMA 4X Sensor enclosure
- Lightning Data Receiver with battery-back up
- Optional Strike View display software for expanded data viewing and analysis
- Strike View Simulator Software for training and testing
- Fully automatic WAVE Siren activation available for lightning alarm and all-clear notification

The proven and patented technology in Strike Guard provides significant improvement over first-generation lightning sensors. Strike Guard enables automated initiation of lightning evacuation plans, data back-up, generator activation, and equipment shutdown procedures with utmost confidence.

WAVE Siren™

WIRELESS AUDIBLE VISUAL ENUNCIATOR

WAVE employs state-of-the-art wireless technology to address the most demanding audible and visual event notification and hazard warning applications over areas of less than an acre to hundreds of acres.

Designed for critical safety applications, the WAVE Transmitter broadcasts digitally encrypted messages to activate WAVE Siren Stations within a three mile radius. The Transmitter accepts contact-closure signaling for automated triggering during programmable hours of operation. WAVE relies on low-frequency RF communication to operate in noisy environments and over challenging terrain.

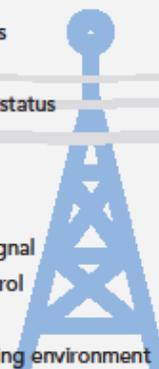
WAVE Siren Station horns are modular in design to provide audible notification specific to the desired coverage area and application. Based on coverage area and sound pressure level requirements, Siren Stations can be ordered with up to four 100 W re-entrant horn, high-efficiency compression-drivers.



WAVE SIREN DELIVERS:

- Automatic or manual wireless siren actuation within a three mile radius
- Secure encoded communications
- Comprehensive, automatic self-test of RF communication and system status
- High intensity strobe light option for visual notification
- Siren Station NEMA 4X enclosure
- RF transmission test signal for Siren Station site selection
- Manual key operation or automated operation with contact-closure signal
- Programmable hours of operation to restrict automated external control
- Solar- or AC-powered Siren Station available
- High capacity, battery back-up for uninterrupted operation in a lightning environment
- Exclusive quick-connect technology for horns and solar panel

WAVE Siren and the Strike Guard Lightning Warning System combine to provide a fully automated lightning warning system. Strike Guard easily connects to the WAVE Transmitter to trigger the WAVE Siren Stations and WAVE Sequencers for audible lightning hazard notification and equipment protection at multiple locations.





Strike View Server runs on a Windows® or Mac® computer connected to the Strike Guard Lightning Data Receiver to provide lightning data displays, e-mail notification, audible and visual lightning alarms, and lightning data logging.

Strike View helps the user to categorize lightning data, analyze storm progression, and estimate the time to resume operations. Strike View expands upon the information presented by the Lightning Data Receiver.

The network feature allows for multiple Strike View Servers to be viewed on a single Strike View Client display page.



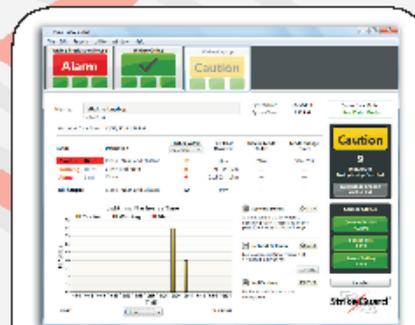
Strike View Server during an active local thunderstorm.

STRIKE VIEW DELIVERS:

- Lightning counts in three range categories: Caution (<20 miles), Warning (<10 miles) and Alarm (<5 miles)
- User-defined e-mail notification for lightning and all-clear conditions
- User-set audible and visual alarms
- System state indicators, lightning data logging, and histogram
- Countdown to "No Lightning Detected"
- Lightning-proof fiber-optic link between Lightning Data Receiver and computer
- Strike View Server and Strike View Client applications operate across a local area network (LAN) for multiple access points



Strike View Client software shows three Strike Guard sensors across a LAN.



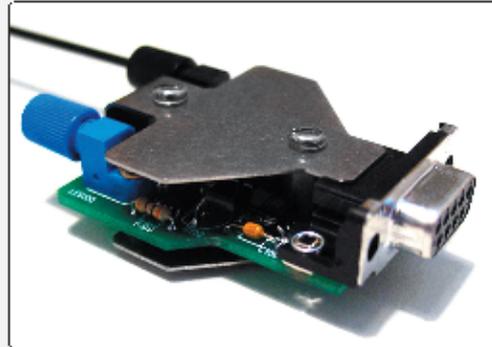
Strike View Client easily toggles between different Strike View Servers.

StrikeGuard

RS-232 TO FIBER-OPTIC CONVERTER

The lightning-proof Strike Guard Fiber-optic Converter provides an economical means to convert standard RS-232 serial communications ports to bi-directional fiber-optic links.

The Strike Guard Fiber-optic Converter replaces unreliable, low- to medium-speed copper serial data lines with low-cost, connector-less, fiber-optic cable. The Strike Guard technology greatly reduces the expense and trouble associated with traditional, glass-based fiber-optic conversion schemes and it provides tremendous enhancement of reliability over twisted-pair, short haul modems.



STRIKE GUARD FIBER-OPTIC CONVERTERS OFFER:

- Lightning-proof and lightning-safe serial communication for greatest reliability and safety
- Increased serial link distance over single-ended, RS-232 copper links
- Total autonomy from external power supplies; Port-powered
- Instant termination - no connectors, no crimping, no polishing, no epoxy
- Elimination of transient suppression devices
- Robust design for long, trouble-free operation

SPECIFICATIONS:

ELECTRICAL CONNECTOR: 9-socket, D sub. DTE compatible

POWER: Port-powered, no external power supply or battery required

FIBER-OPTIC CABLE: 1.0 mm (1000 um) poly-methylmethacrylate (PMMA) core with PVC or polyethylene jacket, simplex or duplex

FIBER-OPTIC CONNECTORS: None, fiber mates directly to transmitter & receiver

BAUD RATE / DISTANCE: 1,200-19,200 baud at 100 meters guaranteed with low cost fiber-optic cable. Distances up to 1 kilometer can be achieved with higher grade fiber

WARRANTY: Standard one-year manufacturer warranty on parts and labor

A variety of available electrical adaptor cables allow the Strike Guard Fiber-optic Converter to mate to any RS-232 serial port.

To learn more please contact:

Wxline, LLC; 3924 North Calle Casita; Tucson, AZ 85718

Tel: 520. 615. 9999 • Fax: 520. 615. 0030 • Toll Free: 1-800 615. 0340

www.wxline.com

Specifications are subject to change without notice. Version2.0



Wxline Equipment Indoor Bulkhead

The Wxline Equipment Indoor Bulkhead (WxEIB) provides electrical and environmental protection for the Strike Guard Lightning Data Receiver and WAVE Transmitter. The WxEIB consists of a fiberglass enclosure with a clear viewing window to allow the user to view the status indications of the components without opening the WxEIB.

The WxEIB is fully factory assembled to allow for uniform field installations that protect the equipment to ensure many years of trouble-free operation. The Strike Guard, WAVE components, and surge arresters are bonded via the metal mounting plate to keep all devices at equal electrical potential. The use of RF- and AC- surge suppressors protects Strike Guard and WAVE equipment from lightning surge currents and over-voltages. The AC surge arrester includes a status LED to indicate a normal or fail condition.



THE WxEIB DELIVERS:

- Simplified field installation
- Best-practices lightning protection for Wxline components
- External antenna mount and external power connection
- Liquid-tight connectors for fiber cable in/out penetrations
- Attractive enclosure with clear viewing window
- Simple, user-friendly mounting scheme
- Solar-power option for WxEIB for remote base-station operation

SPECIFICATIONS:

ENCLOSURE: NEMA 4X fiberglass with clear viewing window
SIZE: 20 inches X 16 inches X 8 inches
WEIGHT: 30 lbs
ELECTRICAL PROTECTION: 120 VAC or 240 VAC surge arrester (specify)
RF PROTECTION: PolyPhaser RF surge arrester
POWER SUPPLY: DIN rail mounted. Input: 100-240 VAC 1.8A; Output: 15V 4.0A
Safety Approvals: UL, TUV, CE
CONNECTIONS: Coaxial antenna cable and fiber-optic cable in/out to equipment
GROUND: Ground lug for #6 ground wire



WXLINE

Wxline, LLC • 3924 North Calle Casita • Tucson, AZ 85718 • USA

Toll Free: 1-800.615.0340

Int'l: ++ 520.615.9999 • Fax: 520.615.0030

www.wxline.com

Specifications are subject to change.



Wxline Equipment Indoor Bulkhead With Personal Computer

The Wxline Personal Computer (PC) is factory-installed into the standard Wxline Equipment Indoor Bulkhead (WxEIB) to provide a fully integrated base installation of the Strike Guard Lightning Data Receiver, WAVE Transmitter, and Strike View Software. The industrial touch-screen flat panel PC operates Strike View Software in the Linux operating system. The PC is dedicated to running Strike View reliably and it eliminates the need for the end-user to provide a workstation. The WxEIB with touch screen PC provides an Ethernet connection port to allow workstations on your Local Area Network (LAN) to access Strike View remotely.

The WxEIB with PC features a clear viewing window that allows the user to monitor the status of the WAVE Transmitter without opening the enclosure. An integral speaker provides for audible notification of lightning mode changes. Strike View generated email notifications are sent directly from the Wxline PC to the recipients via an email server. The simplified installation leaves the end-user with an attractive, fully integrated package built for reliability, durability, and convenience.



THE WxEIB WITH PC DELIVERS:

- Simplified field installation of your Strike View Server
- Best-practices lightning protection for Wxline components
- External antenna, power and Ethernet™ connections
- Liquid-tight connectors for fiber cable in/out penetrations
- Attractive fiberglass enclosure with clear viewing window
- Simple, user-friendly wall-mount installation
- Plug and Play functionality
- Optional Wi-Fi-based connectivity to LAN

SPECIFICATIONS:

ENCLOSURE: NEMA 4X fiberglass with clear viewing window
 SIZE: 20 inches X 16 inches X 8 inches, 30 pounds
 PC INTERFACE: 1024 X 768 high resolutions and 450 nits high brightness
 ELECTRICAL PROTECTION: 120 VAC or 240 VAC surge arrester (specify)
 RF PROTECTION: PolyPhosor® RF surge arrester
 POWER SUPPLY: DIN rail mounted, Input: 100-240 VAC; Output: 15 VDC, 4.0 Amp
 SAFETY APPROVALS: UL, TUV, CE
 CONNECTIONS: Coaxial antenna cable, Ethernet™ port, and fiber-optic cable in/out to equipment
 FANLESS SYSTEM: Touch screen PC is designed with an Intel Atom platform



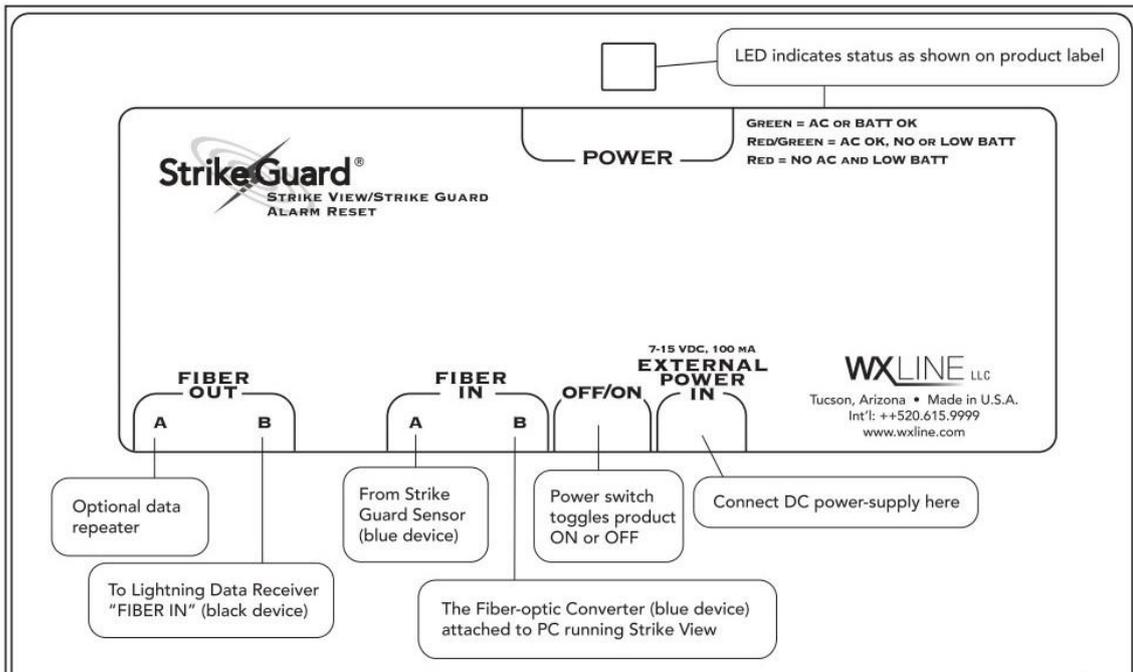
Wxline, LLC • 3924 North Calle Casita • Tucson, AZ 85718 • USA

Toll Free: 1-800.615.0340

Int'l: ++ 520.615.9999 • Fax: 520.615.0030

www.wxline.com

Specifications are subject to change.



Theory of Operation

The Strike Guard/Strike View Alarm Reset (Alarm Reset) product provides precise control and synchronization of the End-of Alarm in the Strike Guard Lightning Data Receiver by using the Alarm countdown timer running in Strike View Software to serve as the "master control".

The Lightning Data Receiver used with Alarm Reset is specially prepared at the factory to allow this accessory to function. When properly configured, this product allows an End-of-Alarm message generated by Strike View Software to be transmitted to- and processed by a Lightning Data Receiver which in turn causes the Lightning Data Receiver to end the Alarm interval. If the personal computer running Strike View Software becomes disabled, the Lightning Data Receiver reverts to its internal End-of-Alarm timer to allow the system to deactivate the alarm relay.

Alarm Reset is a compact fiber-optic hub that is normally powered by an external 12 VDC power supply running from commercial AC power. The Alarm Reset has built-in battery back-up that uses 4 alkaline AA-cells.

The Alarm Reset receives two signal sources via two fiber-optic cables and combines these signals in an exclusive-OR

gate to provide a single fiber-optic output. Optionally, data can be repeated with a second fiber-optic transmitter.

The LED labeled POWER has three states: Green indicates that External Power (12 VDC) is connected and present - i.e., commercial power is working. Red indicates that the device is running on battery power. The batteries should be changed once per year or after a long commercial power outage.

Connection and Instructions for Use of the Strike Guard/Strike View Alarm Reset

- a. Find a location near the Lightning Data Receiver and the personal computer running Strike View Software to mount the Alarm Reset so that the LED on the front panel is visible and that the fiber-optic ports and power switch are accessible.
- b. Connect the fiber-optic cable from the Strike Guard Sensor to either of the fiber-optic receivers (black devices) labeled FIBER IN. Run a fiber-optic cable from the Fiber-optic Converter transmitter (blue device) that is plugged into a serial port of the personal computer running Strike View Software to the other FIBER IN port (A or B) of the Alarm Reset. Use at least a 10 meter length of fiber-optic cable for all connections. Be sure that all fiber cables are properly cleaved and ensure that all

fiber handling and routing is in compliance with general Strike Guard/Strike View conventions as discussed in other Wxline User Guides.

- c. Run a fiber-optic cable from the FIBER OUT fiber-optic transmitter (blue device) of the Alarm Reset to the black FIBER IN port of the Lightning Data Receiver. This completes all normal fiber optic cable connections. Connect a 12 VDC power supply to the EXTERNAL POWER IN jack. This completes all connections to the accessory.

Strike View Software Settings

The latest version of Strike View Server automatically sends the Alarm Exit message to the Alarm Reset. No special setting is selected within Strike View to generate the message.

Battery Back-up

The Alarm Reset component is supplied with 4 - AA Alkaline batteries to provide battery-back-up during commercial power loss. Replace the batteries every year, or more frequently depending on usage. Batteries may leak over time and cause damage.

STRIKE VIEW/STRIKE GUARD® ALARM RESET		<small>3924 NORTH CALLE CASTA • TUCSON, AZ 85718 USA TEL: 520.615.9999 • FAX: 520.615.0030 TOLL FREE: 800.615.0340 • www.wxline.com</small>
--	--	---