



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA

MECÁNICA ELÉCTRICA

**Estudio de un Sistema de Protección Atmosférica Según Normas
IEC 62305 Para una Nave Industrial en el Departamento de Junín**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR:

Portilla Socon, Javier Alexis (ORCID: 0000-0002-6190-6784)

ASESOR:

Mg. Castro Anticona, Walter Miguel (ORCID 0000-0002-8127-4040)

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS

TRUJILLO – PERU

2021

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a toda mi familia, en especial a mi madre Juana Zocon quien con sus sabios consejos supo inculcar en mí la perseverancia y el deseo de ser mejor cada día.

Y sobre todo a Dios, que siempre ha estado y estará conmigo a lo largo de toda mi vida.

Agradecimiento

Agradezco a mis amigos y a las personas que con su apoyo me dieron el aliento para seguir adelante, a los docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica por sus enseñanzas a lo largo de la carrera, en Especial a mi docente de tesis, Dra. María Elisia Armas Alvarado por habernos guiado durante el desarrollo de esta tesis y a mi asesor Mg. Walter Miguel Castro Anticona, por su apoyo, sus consejos, su paciencia y por brindarme los medios necesarios para la redacción de este trabajo.

ÍNDICE

INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. MARCO TEÓRICO.....	7
III. METODOLOGÍA	18
3.1 Tipo y diseño de investigación	18
3.2 Variables y operacionalización	18
3.3 Población, muestra y muestreo	18
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.5 Procedimientos	18
3.6 Método de análisis de datos.....	19
3.7 Aspectos éticos.....	19
IV. RESULTADOS.....	20
4.1 Cálculo del sistema de protección atmosférica según la normativa IEC 62305 de la futura ampliación	20
4.1.1 Recolección de datos	20
4.1.2 Determinación del radio de la esfera	21
4.1.3 Determinación del número de tormentas por año	22
4.1.4 Daños y perdidas	23
4.1.5 Fuente de daños	24
4.1.6 Tipo de daños.....	24
4.1.7 Tipo de perdidas.....	24
4.1.8 Riesgo y componentes del riesgo.....	26
4.1.8.1 Evaluación del número anual N de sucesos peligrosos (Anexo A - norma IEC 62305)	27
4.1.8.1.1 Numero de eventos peligrosos ND para la estructura:	27
4.1.8.1.2 Evaluación del valor medio anual del número de eventos peligrosos por descargas cerca de una estructura Nm.....	28
4.1.8.2 Evaluación del valor medio anual del número de eventos peligrosos por descargas en una línea NL.....	28
4.1.8.3 Evaluación de la probabilidad de daños Px en una estructura (Anexo B - norma IEC 62305)	30
4.1.8.3.1 Probabilidad P _A de que una descarga en la estructura produzca daños a los seres vivos por choque eléctrico.....	30

4.1.8.3.2	Probabilidad P_C de que una descarga en la estructura produzca fallas de los sistemas internos	31
4.1.8.3.3	Probabilidad P_M de que una descarga cerca de una estructura produzca fallas de los sistemas internos	32
4.1.8.3.4	Probabilidad P_U de que una descarga en una línea produzca daños a los seres vivos por choque eléctrico	34
4.1.8.3.5	Probabilidad p_v de que una descarga en una línea produzca daños físicos	35
4.1.8.3.6	Probabilidad P_W de que una descarga en una línea produzca fallas en los sistemas internos.....	35
4.1.8.3.7	Probabilidad P_z de que una descarga cerca de una línea produzca fallas en los sistemas internos	36
4.1.8.4	Evaluación de la magnitud de las perdidas (Anexo C - norma IEC 62305) 36	
4.1.8.4.1	Pérdidas económicas	36
4.1.9	Cálculo del número de pararrayos	40
4.2	Cálculo del sistema de protección atmosférica existente con la actual normativa IEC 62305.....	43
4.2.1	Disposición Actual del sistema de protección atmosférica existente.	43
4.2.2	Cálculo del número de pararrayos de la estructura existente	45
4.2.3	Cálculo de malla a tierra	48
4.3	Análisis comparativo de protección atmosférica entre las normativas NFPA aplicada a la instalación existente y la actual norma IEC.	53
V.	DISCUSION	54
VI.	CONCLUSIONES	55
VII.	REFERENCIAS.....	56
VIII.	ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Coeficientes Isoceraunicos - Perú	11
Tabla 2 -Valores máximos del radio de la esfera rodante, del tamaño de la malla y del ángulo de protección, para cada clase de SPCR	17
Tabla 3 – Dimensiones de estructura existente	21
Tabla 4 - Espectro de energía de la corriente del rayo	21
<i>Tabla 5 – Valores mínimos de los parámetros del rayo y radio de la esfera ficticia asociada a los distintos niveles de protección</i>	<i>22</i>
Tabla 6 - Fuentes de daños, tipo de daños y tipo de pérdidas en función del punto de impacto	25
Tabla 7 - Componentes del riesgo a considerar en una estructura para cada tipo de pérdidas	27
Tabla 8 – Factor Cd	28
Tabla 9 – Factor de instalación de la línea	29
Tabla 10 – Factor del tipo de línea C_T	29
Tabla 11 – Factor del medio ambiente de la línea C_E	29
Tabla 12 – Valores de probabilidad PA de que una descarga la estructura produzca impactos en los seres vivos por tensiones de toque y paso.....	30
Tabla 13 – Valores de PB en función de las medidas de protección para reducir los daños físicos	31
Tabla 14 – Valores de probabilidad PDPS en función del nivel de protección para el que se han diseñado los dispositivos de protección contra sobretensiones	31
Tabla 15 – Valores de los factores CLD y CLI dependiendo del apantallamiento, la puesta a tierra y las condiciones de aislamiento	32
Tabla 16 – Valor del factor KS3 en función del cableado interno	33
Tabla 17 - Valores de la probabilidad PTU que una descarga en una línea que ingresa causará un choque eléctrico a los seres vivos debido a tensiones de toque peligrosas	34
Tabla 18 - Valores de la probabilidad PEB como una función del nivel de protección para él que los dispositivos de protección contra las sobretensiones están diseñados.....	34
Tabla 19 - Valores de la probabilidad PLD dependiendo de la resistencia RS de la pantalla del cable y la tensión de impulso soportada UW del equipo	35

Tabla 20 - Valores de la probabilidad PLI dependiendo del tipo de línea y de la tensión de impulso soportada U_w del equipo	36
Tabla 21 - Factor de reducción r_t como una función del tipo de superficie del suelo o piso	37
Tabla 22– Tipo de pérdida L4: Valores medios de los tipos LT, LF y LO.....	37
Tabla 23 – Factor de reducción r_p como una función de las provisiones tomadas para reducir las consecuencias del fuego	38
Tabla 24– Factor de reducción r_f como una función del riesgo de fuego o explosión en la estructura	38
Tabla 25 – Tabla de resumen de resultados	39
Tabla 26- Valores típicos del riesgo tolerable R_T	40
Tabla 27 - Resumen de resultados del número de pararrayos	41
Tabla 28 – Resumen de resultados del número de pararrayos	47
Tabla 29 - Tiempos Máximos Permisibles	50
Tabla 30 - Valores de resistividad	50
Tabla 31 - corriente de cortocircuito	51
Tabla 32 - Resultados de la simulación de malla a tierra	51
Tabla 33 – comparación entre norma NFPA 780 e IEC 62305.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 – Edificio Estructural existente y futura ampliación indicado de color rojo.....	5
Figura N° 2 – Mapa Ceraúnico, región Junín	9
Figura N° 3 – Mapa de Niveles Isoceraúnicos del Perú.....	10
Figura N° 4 - principio de una jaula de Faraday	12
Figura N° 5 – Mástil Franklin	12
Figura N° 6 - Pararrayo con cable horizontal.....	13
Figura N° 7 - Logo de la NFPA.....	14
Figura N° 8- Zona de protección en la que se muestra una esfera rodante.....	15
Figura N° 9- Zona de protección mediante la aplicación del método de la esfera rodante.....	15
Figura N° 10 – Curva de Selección para cada nivel de protección	17
Figura N° 11 –Ubicación de la región Junín	20
Figura N° 12 – Mapa isoceraunico/ determinación del valor Td.....	23
Figura N° 13 – Superficie de captación (AD, AM, AI, AL)	30
Figura N° 14 – Distribución general lateral de los pararrayos.....	41
Figura N° 15 – Distribución frontal de pararrayos	42
Figura N° 16 – Vista 3D de la esfera rodante en el edificio-A.....	42
Figura N° 17 – Vista 3D de la esfera rodante en el edificio-B.....	43
Figura N° 18 – Disposición de ubicación pararrayos existente	44
Figura N° 19 – Vista lateral izquierda del edificio existente	44
Figura N° 20 – Vista lateral derecha del edificio existente	45
Figura N° 21 - Vista lateral de la estructura existente.....	46
Figura N° 22- Vista lateral de la estructura existente.....	46
Figura N° 23 – Esfera rodante 3D sobre edificio estructural.....	47
Figura N° 24 – Pantalla de inicio del software	48
Figura N° 25 – vista general del software.....	48
Figura N° 26 - Malla a tierra General.....	49
Figura N° 27 – Valores del caso de estudio	52
Figura N° 28 – Resistividad del terreno.....	52
Figura N° 29 - Resumen de resultado de software	53

RESUMEN

El propósito del trabajo fue diseñar un sistema de protección contra descargas atmosféricas basado en la norma IEC 62305, además de ello se realizó una comparativa con la normativa NFPA 780, en un escenario en el cual existe una nave industrial que cuenta con un sistema de protección atmosférica basado en la normativa NFPA.

La información recolectada de la unidad minera donde está ubicada la nave industrial, fue analizada, obteniendo datos como; número de pararrayos, tipo de disposición y medidas de separación entre los pararrayos.

Se concluye que se necesitaran 12 pararrayos en total para todo el proyecto, adicionalmente como parte del análisis, se pudo determinar que la configuración existente del sistema de protección atmosférica debería ser redistribuida para así poder cumplir con lo requerido por la normativa IEC 62305, también se analizó la ampliación del sistema de malla a tierra existente, con lo cual se diseñó de forma correcta todo el sistema de protección, como parte final obtendremos que el aumento entre el uso de la normativa IEC 62305 con un radio de esfera de 30 metros, en comparación con la normativa NFPA conlleva a un incremento del 50% del número de pararrayos.

ABSTRACT

The purpose of this work was to design a protection system against atmospheric discharges based on the IEC 62305 standard, in addition to this, a comparison was made with the NFPA 780 standard, in a scenario in which there is an industrial warehouse that has a atmospheric protection system based on NFPA regulations.

The information obtained from the facilities of the mining unit where the industrial warehouse is located is analyzed, obtaining data such as; number of lightning rods, type of arrangement and separation measures between the lightning rods.

Concluding that a total of 12 lightning rods were needed for the entire project, in addition, as part of the analysis it was possible to determine that the existing configuration of the atmospheric protection system should be redistributed to comply with the requirements of the IEC 62305 standard. expansion of the existing ground mesh system with which we correctly design the entire protection system, as a final part we obtain that the increase between the use of the IEC 62305 standard with a sphere radius of 30 meters, compared to the standard NFPA leads to a 50% increase in the number of lightning rods.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es el tercer país en Latinoamérica que ha sufrido decesos laborales por la caída de rayos y tormentas eléctricas, el país registra el fallecimiento de 2,3 personas por cada millón de peruanos. de acuerdo a las cifras dadas por la ELAT (Grupo de Electricidad Atmosférica), un organismo vinculado al Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil (ELAT, 2018).

Según datos de Osinerming en el Sector de Mediana Minería y Gran Minería, en los periodos desde el 2007 hasta el 2018 se han producido 473 accidentes fatales de los cuales 3 han sido ocasionadas por la Exposición o contacto con tormentas eléctricas (caída de rayo) es decir el 0.63% del total general (OSINERMING, 2018).

Los accidentes en minería por caída de rayos no son muy recurrentes y esto es debido a que la ley exige un sistema de protección Atmosférica. Según el decreto supremo N° 024-2016-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, en el Artículo 382 menciona que se deberá instalar un sistema de protección de personal e instalaciones contra tormentas eléctricas en lugares donde se presenten estos fenómenos naturales. debiendo contar con equipos de detección y alerta de tormentas, pararrayos y refugios; Gracias a este sistema de protección contra descargas Atmosféricas (SPCDA) mencionado, las ocurrencias de muerte por caída de rayos son bajas y cuando suceden generalmente son por no acatar los procedimientos que rigen en minería ya que estos permiten identificar los peligros y minimizar los riesgos (MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, 2016).

Este tipo de sistema de protección ha demostrado eficacia siempre y cuando sean correctamente diseñados, sin embargo, al no tomar en cuenta los datos correctos en el proceso de diseño pueden poner en riesgo la vida de las personas; como, por ejemplo, Un accidente por caída de rayos ocurrió en el año 2015 en la minera Cerro Verde, cuando una tormenta eléctrica se reportó en diferentes zonas de la minera. Uno de los rayos cayó directamente sobre el ingeniero supervisor de una empresa contratista, matándolo al instante. Mientras un obrero que estaba cerca de él, quedó herido; incluso un

pararrayos quedó destrozado, esto nos demuestra la importancia de un correcto diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas pues es la primera línea de defensa de protección cuando se producen dichos eventos (OSINERMING, 2018).

Existen varias normas de diseño para un SPCDA entre las cuales destacan la Norma NFPA 780 y la norma IEC 62305 las cuales tienen un método en común el cual es el de la esfera rodante, este es el método más fiable y usado y que nos da la confianza requerida (DIETER BETZ, 2009).

Desde el año 2017 el Perú adoptó las normativas IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) entre ellas se encuentra las normas de Protección contra el rayo, debido a que en el decreto supremo N° 024-2016-EM en el artículo 82 inciso E, indica que toda planta debe contar con un sistema de protección de personal e instalaciones contra tormentas eléctricas, pero no indica la normativa a usar. se concluye que la normativa a usar es la IEC pues formamos parte de esta comisión.

Existe una Compañía Minera ubicada en la región Junín, a una altura aproximada de 4,770 msnm. Esta compañía ha previsto la expansión de sus circuitos operacionales en su planta concentradora para aumentar su producción. esto también conlleva a la expansión de los edificios estructurales que la componen, por lo tanto; también es necesario ampliar el sistema de protección contra descargas atmosféricas. En la Figura 1 se puede apreciar el edificio estructural existente y en líneas rojas la ampliación, así como también se puede observar en la parte superior los pararrayos existentes.



Figura N° 1 – Edificio Estructural existente y futura ampliación indicado de color rojo
Fuente: Elaboración propia

Actualmente la planta cuenta con un SPCDA diseñado bajo la norma NFPA 780 y al crecer el edificio este sistema existente se tendrá que evaluar para que se pueda adaptar a la norma IEC 62305 para evitar futuros accidentes.

Se formula el siguiente problema ¿cuál será la configuración óptima del SPCDA con el cual se logre una correcta protección del edificio estructural de la Compañía Minera?

El presente trabajo tiene una justificación social y técnica, debido a que deriva en la necesidad de contar con un sistema que pueda proteger la vida de los trabajadores y siendo además un requisito indispensable exigido por ley. Debido que en las zonas donde se ubica el proyecto la caída de rayos son frecuentes, además servirá como guía para otros casos donde se tengan inconvenientes similares al enlazar ambas normas.

Las normas de protección contra rayos con las cuales se diseñan estos sistemas están basadas en estudios estadísticos y experimentos científicos en campo, y, además como todo fenómeno de origen natural, no puede ser totalmente dominado ni protegido en su objetivo. Es por ello solo se delimitará daños sufridos por impactos de rayos a los seres humanos y estructuras.

El objetivo general de este trabajo es el estudio de un sistema de protección atmosférica según normas IEC 62305 para edificio Estructural de la compañía minera.

Los objetivos específicos de este proyecto son: i) Calcular el sistema de protección atmosférica según la normativa IEC 62305 de la futura ampliación. ii) calcular el sistema de protección atmosférica existente con la actual normativa IEC 62305. iii) Realizar un análisis comparativo de protección atmosférica entre las normativas NFPA aplicada a la instalación existente y la actual norma IEC.

II. MARCO TEÓRICO

El estudio del sistema de protección contra descargas atmosféricas ha sido estudiado por varios autores cada uno adaptándolo de diferentes maneras a sus casos específicos y que servirán de manera importante para el enriquecer la presente investigación, entre los cuales se puede mencionar a los siguientes.

En un trabajo de investigación, el autor (TITO, 2019) diseñó un sistema de protección atmosférica para la planta concentradora de la unidad cuajone, perteneciente a la minera Southern Cooper, para ello utilizó la norma NTP-IEC 62305, con la finalidad de mejorar el sistema de protección atmosférica de las instalaciones, con la norma aplicada se obtuvo como resultados la mejora de la protección contra descargas atmosféricas de un “cero %” de protección antes del estudio hasta un 100% luego de la implementación del sistema.

Dentro de otros trabajos relacionados con el diseño de protecciones atmosféricas se encontró un trabajo de investigación, donde el autor (FLORES GUERRERO, 2019) aplicó una metodología didáctica para proteger de descargas atmosféricas a la estructura de una edificación y las personas dentro de ella tomado como núcleo la normativa internacional NFPA 780. Posteriormente, utilizando como base total la normativa desarrolló un diagrama de flujo de trabajo, identificando los datos requeridos para poder hacer el estudio de recomendación del sistema de pararrayos. formulando un diagrama de bloques que permite elegir el material, las posiciones de las puntas captadoras y la forma de llevarlo hacia una malla a tierra, y así completar el diseño de un sistema de protecciones atmosféricas. este diagrama de bloques le resultó muy efectivo para la correcta evaluación del sistema de protección atmosférica.

Posteriormente, como ejemplo aplicativo, evaluó el edificio “E” de la Universidad de Piura, comprobando si es recomendable o no el poner pararrayos en él. Para finalmente llegar a seleccionar el material a utilizar, la posición de sus puntas captadoras y su malla a tierra.

En otro trabajo de investigación el autor (CUELLAR CALDERON, y otros, 2018) diseñó un SPCDA confiable para la planta generadora térmica a vapor en Acajutla para poder proteger esta planta usando el método de la esfera rodante de la NFPA 780 para ello midió distancias en el área de influencia y además identificó áreas. Habiendo realizado un levantamiento tridimensional a escala de la planta generadora, es posible aplicar el método de la esfera rodante utilizando software de dibujo como SketchUp y crear un sólido de protección bajo el rodamiento de la esfera y garantizar la protección de todos los elementos dentro del sólido, cumpliendo con los requerimientos de la NFPA 780. Esta técnica usando un software 3D hizo más eficiente el cálculo e identificación de las zonas de influencia haciendo un desarrollo más preciso del sistema de protección desarrollado.

En un trabajo de investigación similar el autor (CORNEJO VALENCIA, 2018) desarrolló un sistema de protección atmosférica para plantas solares adaptando el método de la esfera rodante de la NFPA 780 para este caso ya que no existe una normativa específica para este sector para tal fin se basó en estudios de diferentes países que habían tenido similares casos. obteniendo como resultados que los pararrayos no deberían de sobrepasar los 3 metros de altura puesto que al tener esta altura el rango de protección se limitaba a 20 metros de radio suficiente para el área de estudio.

Generalmente los trabajos de investigación hallados Aplican la norma NFPA para dimensionar el SPCDA, en una investigación que fue enfocada de manera distinta, el autor (ORTIZ DE LA ROSA, 2013) realizó una investigación uniendo un sistema de pararrayos en un arreglo doble y así comprobar su eficacia en la protección de las zonas de estudio enfocado en la protección de los equipos electrónicos que se encuentran en las instalaciones. Su investigación fue direccionada a un ámbito económico obteniendo un monto de inversión de \$ 157449.82 en comparación con las pérdidas materiales de \$ 42100.00, lo cual nos ayuda a entender que es sustentable económicamente ya que los rayos caen varias veces en determinadas épocas.

Para el mejor entendimiento del presente trabajo se analizan algunas teorías que refuerzan la investigación.

Las descargas atmosféricas son fenómenos completamente aleatorios ya que no se puede determinar el momento y lugar donde se pueden presentar, sin embargo, existen datos los cuales proporcionan información de que tan vulnerable es una determinada zona geográfica a las descargas atmosféricas. Estos datos son proporcionados por los mapas Ceraúnicos los cuales representan el promedio de días con tormenta anual en una zona y se mide por observación en las estaciones meteorológicas, en el Perú el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin) en su página web ha publicado este mapa el cual se muestra en la Figura 2 en ella se muestra la tendencia de caída de rayos en la región Junín (TURCO ALIAGA, 2016) (OSINERMING, 2020).

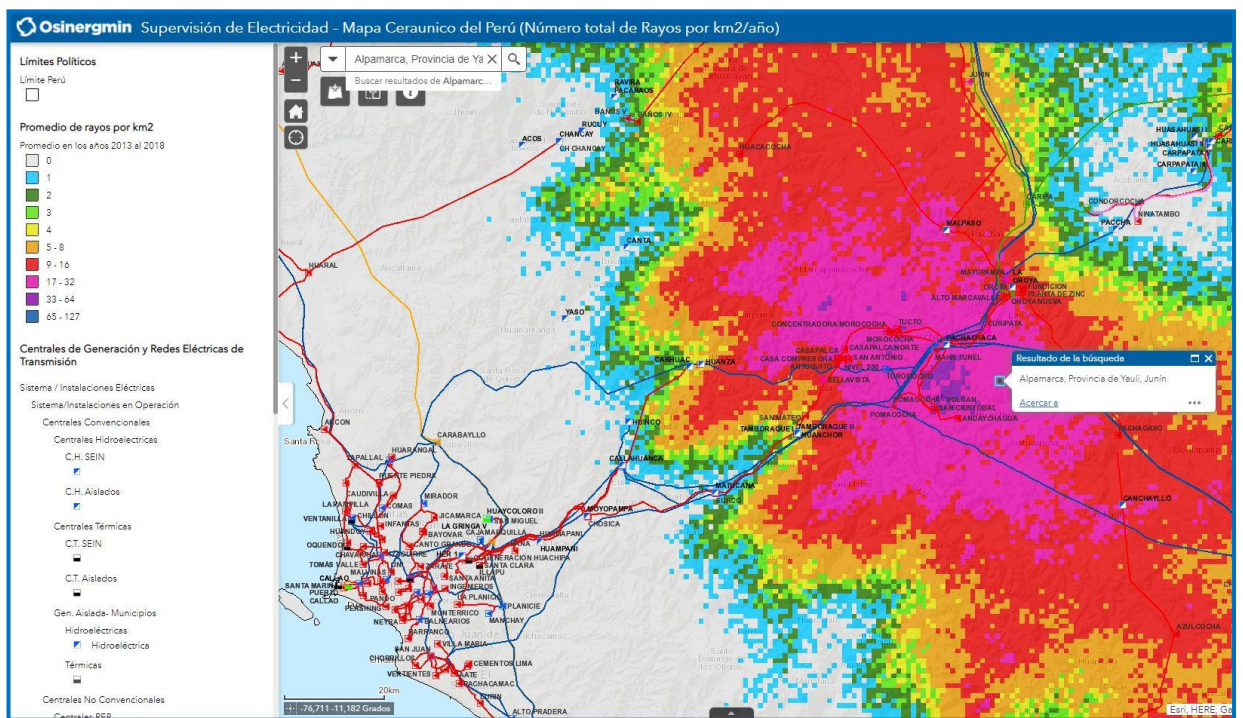


Figura N° 2 – Mapa Ceraúnico, región Junín

Fuente: (Osinerming, 2018)

En una determinada zona geográfica de un país, las zonas que tienen el mismo nivel Ceraúnico se juntan formando lo que se denomina como mapa isoceráunico. Estos niveles se establecen por periodos de once años, y se conoce como ciclo solar.

En la Figura 3 se muestra el mapa isoceráunico del Perú donde se muestran las tendencias de descargas atmosféricas según las líneas.

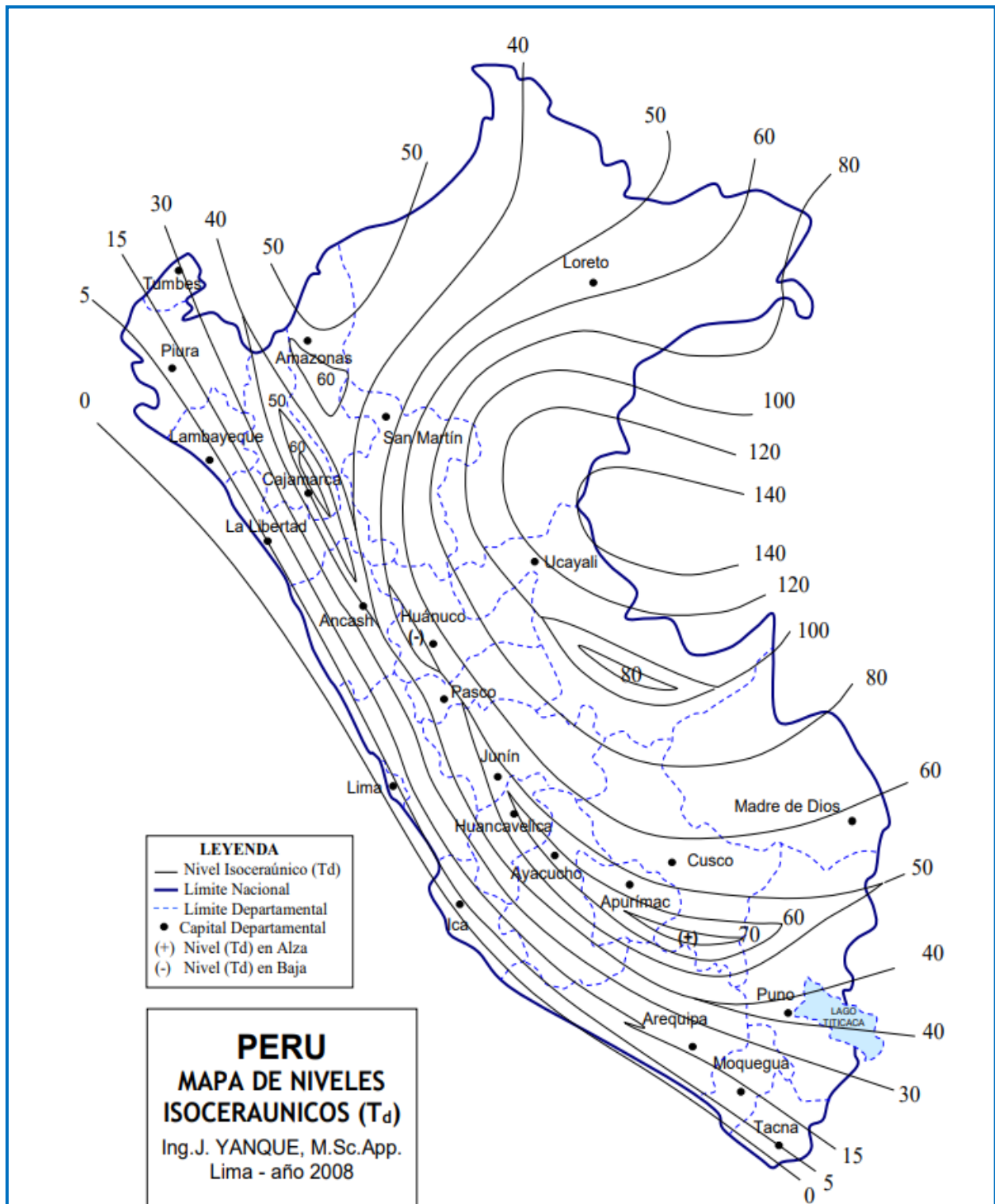


Figura N° 3 – Mapa de Niveles Isoceraúnicos del Perú

Fuente: (Yanque, 2008)

El mapa de Niveles Isoceraúnicos del Perú, incluye datos satelitales, información continental, registros compatibilizados con la geografía y orografía territorial; entre las cuales destacan las siguientes zonas ecológicas.

Tabla 1 - Coeficientes Isoceraunicos - Perú

Zonas Referenciales	Altitud (m)	Tormentas/Año (Td)
Sierra Baja Altitud	Hasta 2000	20
Sierra de Media Altitud	2000 - 3500	40
Sierra de Gran Altitud	3500 a mas	50
Microclimas de Alta Cota	Norte, Sur en alza, Centro en baja.	60 a70 Td < 30
Zona Yunga, Valles Altos e Interandinos	1000 - 2000	60
Selva Baja o Llana	Hasta 800	120
Selva Alta o Accidentada	800 - 1500	80
Costa Norte Ecuatorial	Hasta 1000	15
Costa Centro – Sur	Hasta 1000	0

Fuente: (Yanque, 2012)

Para la protección contra descargas atmosféricas se conocen tres principios básicos

- El principio de jaula electrostática según Faraday
- principio de Mástil según Franklin.
- Pararrayo con cable horizontal

El principio de la jaula electrostática según Faraday, establece que un elemento encerrado en una envolvente de un material conductor conectado a tierra, protege al elemento ubicado dentro de esta envolvente. Debido a esto queda libre de interferencias electromagnéticas y también de cualquier fenómeno eléctrico por fuerte que sea tal como se muestra en la Figura 4. El cual representa a un edificio protegido por una malla de conductores y es llevado a la puesta a tierra (DIETER BETZ, 2009).

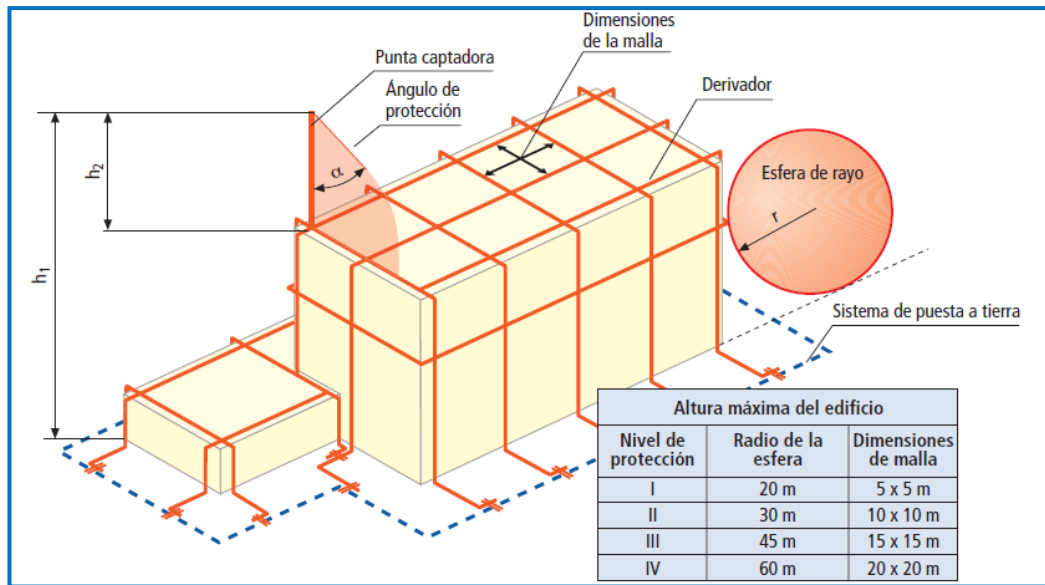


Figura N° 4 - principio de una jaula de Faraday
Fuente: (DEHN, y otros, 2007)

El principio del mástil de Franklin nos menciona que la distancia más cercana entre una carga estática de origen atmosférico que se encuentra en las nubes y la superficie terrestre, deberá ser punto más alto de una zona geográfica. con este principio funciona un pararrayos, como el que se muestra en la Figura 5. el cual tiene la función de derivar a tierra las descargas atmosféricas de una forma segura y sin dañar al elemento a proteger (DIETER BETZ, 2009)



Figura N° 5 – Mástil Franklin
Fuente: (Ingesco, 2020)

El Pararrayo con cable horizontal es el volumen protegido por un cable que se compone de volúmenes que están protegidos por puntas verticales imaginarias que tengan vértices, como se muestra en la Figura 6.

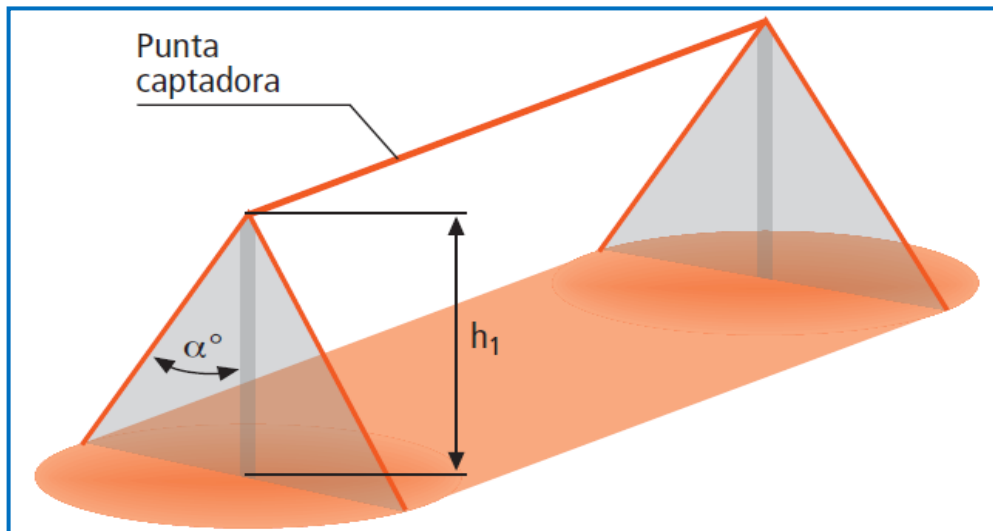


Figura N° 6 - Pararrayo con cable horizontal
Fuente: (DEHN, y otros, 2007)

De lo anterior, se citan las características más relevantes que deben cumplir estos sistemas:

- La punta de un pararrayos debe superar como mínimo 2 metros la máxima altura de la estructura a proteger.
- El radio de cobertura, será determinado por la longitud resultante del punto donde se ubica el terminal aéreo de captación; hasta el punto más desfavorable de la estructura a proteger, cumpliendo con un margen de seguridad mayor de 10% (Asociación española de normalización y certificación, 1996).
- Por ningún motivo el radio de protección del pararrayo debe ser mayor a los 100 m.
- Los cables que bajan hacia el sistema de puesta a tierra serán lo más verticalmente posible, sin curvas con radios mayores a 20 cm, tampoco deberá tener variaciones de dirección con ángulos a 90°, además por recomendación se debe tener una segunda bajada a tierra para poder mejorar el indicador de seguridad de la instalación.

El mantenimiento para un SPCDA debe consistir en una revisión anual e inmediatamente después de haber recibido una descarga eléctrica atmosférica. No olvidar, que estos trabajos conservan el buen estado la instalación y además evita costos mayores en la reparación (DIETER BETZ, 2009).

La NFPA (National Fire Protection Association), es una asociación de que se fundó en el año 1986 tiene una orientación en el estudio y normatividad de la prevención y protección contra incendios. su influencia debido a sus conocimientos intelectuales y técnicos la han hecho muy importante en muchos países de América, su principal misión es reducir los riesgos en la calidad de vida y esto lo logra de manera consensuada a partir de códigos de construcción e instalación, así como también del desarrollo de tecnologías para reducir los problemas de incendios y peligros que lo asocie, el logo de esta asociación se muestra en la Figura 8 (NFPA 780, 2014).



Figura N° 7 - Logo de la NFPA.
Fuente: Norma NFPA 780 (2014)

El método de la esfera rodante define una esfera de 46 metros de radio la cual, al pasar por los volúmenes de las estructuras, no debería permitir que haya el espacio necesario para que esta pueda introducirse como se muestra en la figura 8, Cuando la esfera sea tangente al terreno y descansa contra un dispositivo de interceptación de descargas, debe considerarse que todo el espacio del plano vertical entre los dos puntos de contacto y bajo la esfera se encuentra en la zona de protección (NFPA 780, 2014).

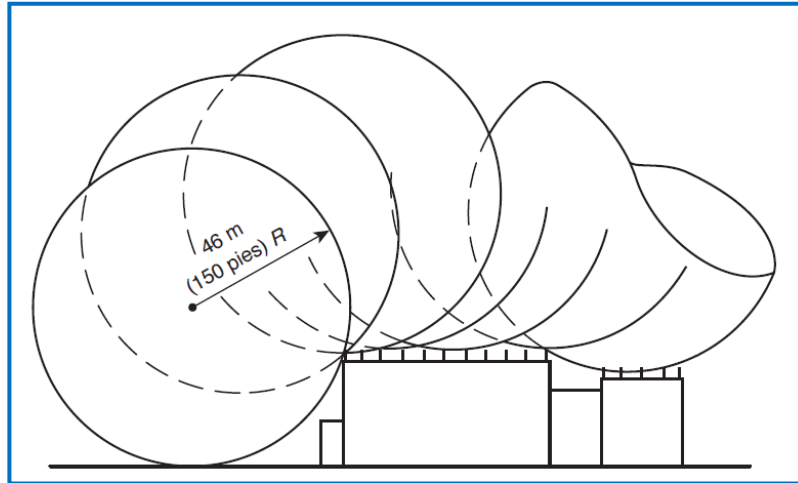


Figura N° 8- Zona de protección en la que se muestra una esfera rodante.
Fuente: Norma NFPA 780 (2014)

La figura 9 nos muestra una esfera rodante de 46 metros de altura para una estructura de 46 metros de altura, también muestra zonas de protección para diferentes alturas 7.6 m, 15 m, 23 m, 30 m, 46 m, por encima del suelo. Teniendo en cuenta que la distancia horizontal debe aplicarse únicamente en el plano horizontal de la altura protegida (NFPA 780, 2014).

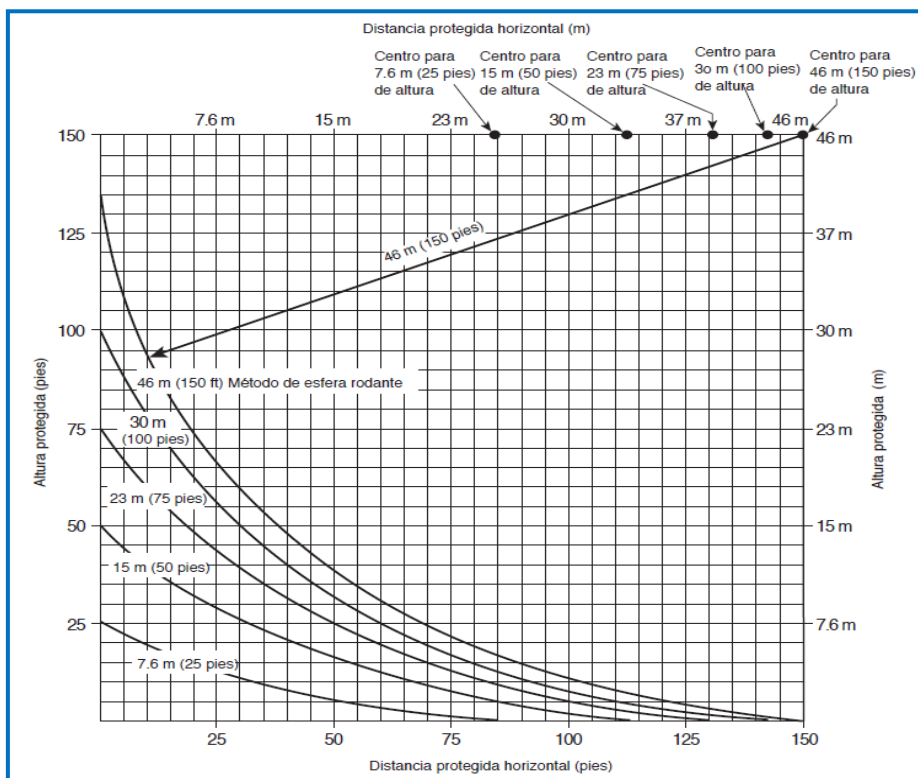


Figura N° 9- Zona de protección mediante la aplicación del método de la esfera rodante.
Fuente: Norma NFPA 780 (2014)

Para el método de la esfera rodante la distancia horizontal será calculada con la siguiente fórmula:

$$d = \sqrt{h_1(2R - h_1)} - \sqrt{h_2(2R - h_2)}$$

Donde:

d = distancia horizontal protegida

h_1 = distancia horizontal protegida

R = Radio de la esfera rodante (46 m)

h_2 = Altura del techo más bajo (parte superior del objeto)

Para que la fórmula mencionada sea válida la esfera debe ser tangente al techo más bajo o estar en contacto con la tierra y en contacto con el lado vertical de la porción más alta de la estructura.

IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) es la organización mundial de normalización, comprende a todos los comités electrotécnicos de cada país (Comités Nacionales de IEC). Su objetivo es promover la cooperación internacional en los temas relacionados a los campos eléctrico y electrónico. Para tal fin la IEC publica Normas Internacionales. Especificaciones Técnicas, Informes Técnicos, Especificaciones y Guías. Para su elaboración se confía a los comités técnicos; Organizaciones internacionales gubernamentales y no gubernamentales relacionadas con IEC también participan en la elaboración. La IEC colabora con la Organización Internacional de Normalización (ISO), (IEC 62305, 2017).

La IEC 62305 nos dice que para el método de la esfera rodante se debe usar para la identificación del espacio protegido y las zonas de una estructura. Según los datos de la tabla 2 puede excluir el empleo del método del ángulo de protección.

Al aplicar este método, la ubicación de un sistema de captura es adecuado si ningún punto del volumen que se desea proteger, tiene contacto con una esfera de radio r rodando sobre el suelo, en la periferia y en la parte superior de la estructura en todas las direcciones posibles. Entonces, la esfera sólo debe tocar la tierra o el sistema de captura.

Tabla 2 -Valores máximos del radio de la esfera rodante, del tamaño de la malla y del ángulo de protección, para cada clase de SPCR

Clase de SPCR	Método de protección		
	Radio de la esfera rodante r m	Tamaño de la malla W m	Angulo de protección α°
I	20	5x5	Véase la figura 10
II	30	10x10	
III	45	15x15	
IV	60	20x20	

Fuente: (IEC, 2015)

En la figura 10 se muestra las curvas de selección por clase dadas por la norma, donde:

- H equivale a la altura del captador por encima del plano de referencia de la zona a proteger y no varía para valores de H inferiores a 2 m.
- α° es el Angulo de protección.

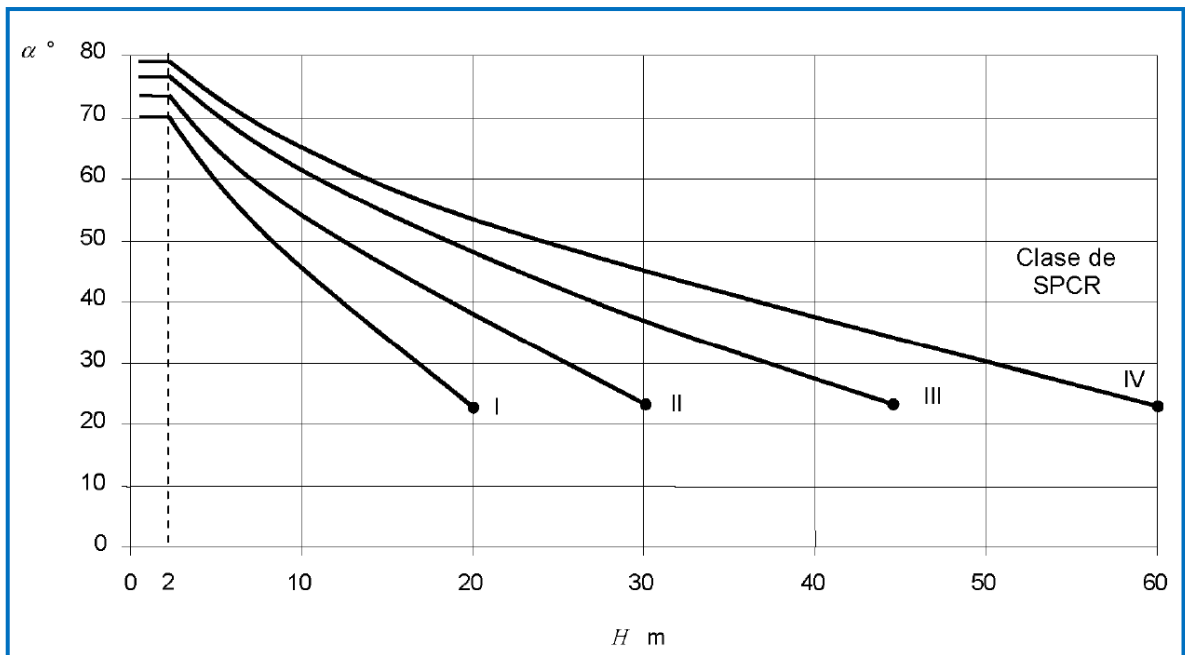


Figura N° 10 – Curva de Selección para cada nivel de protección
Fuente: (IEC, 2015)

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada debido a que el presente estudio resuelve el problema planteado con respecto al sistema de protección atmosférica, haciendo uso de teorías fundamentadas.

El diseño de la investigación será del tipo experimental.

3.2 Variables y operacionalización

Este trabajo tiene como variable independiente el espectro de energía de la corriente del rayo y como variable dependiente el número de pararrayos.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población:

El presente estudio de investigación tuvo como población los sistemas de protección atmosférica del Perú.

Muestra y Muestreo:

La muestra fue seleccionada por muestreo simple por conveniencia y está conformada por los pararrayos existentes del edificio de Flotación de la Compañía minera.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas que se usaron fueron las de análisis de datos y observación, la tabla detallada se encuentra en la sección de anexos.

3.5 Procedimientos

A continuación, se describe los pasos que se siguieron para determinar los objetivos de nuestro trabajo de investigación.

Como primera etapa de este trabajo se realizó el viaje a la unidad minera con el objetivo de recolectar datos en campo del SPCDA existente. Luego de obtener los datos en campo se procede al cálculo del SPCDA de la ampliación, con la normativa IEC.

Como segunda etapa se revisó la documentación y los planos, donde se muestran las dimensiones del edificio estructural existente. Seguidamente se

procedió a los cálculos según la normativa IEC para obtener el número de Pararrayos adicionales a implementarse.

Como parte final con los datos calculados, se hizo una comparativa entre las normativas NFPA e IEC.

3.6 Método de análisis de datos

El análisis de datos se hizo mediante hojas de cálculo, esto después de ser obtenidos los datos en campo y planos existentes. se evaluó cual es el rango de protección actual del sistema de protección atmosférica existente, mediante los procedimientos de la normativa IEC 62305 usando un software CAD. Luego de analizar los datos y hacer la evaluación. Se procedió a analizar el área donde se construirá el nuevo edificio estructural basándonos en la norma IEC 62305 usando un software CAD. Con los resultados obtenidos se realizó una tabla comparativa mediante una hoja de cálculo, donde se muestran la cobertura de ambas normas, analizando su aceptación con respecto al diseño final.

3.7 Aspectos éticos

El autor se compromete a usar datos verdaderos, además muestra resultados concretos que son honestos y confiables, además se citaran correctamente todas las fuentes utilizadas.

IV. RESULTADOS

4.1 Cálculo del sistema de protección atmosférica según la normativa IEC 62305 de la futura ampliación

Para el correcto dimensionamiento y análisis del sistema de protección atmosférica procedemos a describir los pasos.

4.1.1 Recolección de datos

Los datos obtenidos fueron los siguientes:

- a) Condiciones climáticas
 - Ubicación de la zona estudiada: Región Junín

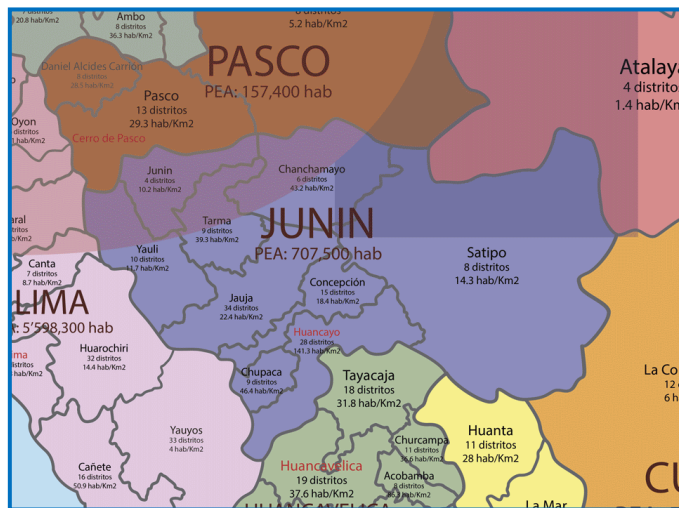


Figura N° 11 –Ubicación de la región Junín
Fuente: INEI

- Altitud: 4700 msnm
 - Temperatura: -1 °C a 14 °C
 - Clima: Húmedo
- b) Datos dimensionales

Según los datos recolectados en campo sobre la estructura existente las dimensiones son las siguientes.

Tabla 3 – Dimensiones de estructura existente

	Dimensiones	Unidades
Ancho	25	m
Largo	38	m
Alto	24.5	m

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Determinación del radio de la esfera

El espectro de energía de la corriente del rayo es muy amplio; la corriente del rayo varía de 2 kA (probabilidad 85 - 90%) hasta 200 kA (probabilidad 0.7–1.0%). Las corrientes máximas pueden exceder los 200 kA con forma de onda de 10/350 μ s.

Tabla 4 - Espectro de energía de la corriente del rayo

Parameter	Values			Type of stroke
	95%	50%	5%	
I [kA]	4 ^a	20 ^a	90	Negative first stroke ^b
	4.9	11.8	28.6	Subsequent negative short ^b
	4.6	35	250	Positive first short(single)

Fuente: Berger, R.B. Anderson, and H. Kroninger, "Parameters of lightning flashes"

Notas:

- Los valores de $I = 4$ kA and $I = 20$ kA corresponden a probabilidades de 98% y 80%, respectivamente.
- Parámetros y valores relativos.

Por tanto, La mayor probabilidad de corriente pico, mínima, se encuentra entre 5 y 10kA (Probabilidad mayor al 80%, como criterio técnico exigente). Es por ello en la Tabla mostrada a continuación, el peor caso, sería con una corriente pico mínima de 5 kA y el de mayor probabilidad, lo cual corresponde a un nivel de riesgo tipo II, con un radio de esfera rodante de 30 m.

En conclusión, NIVEL DE RIESGO: TIPO II.

Tabla 5 – Valores mínimos de los parámetros del rayo y radio de la esfera ficticia asociada a los distintos niveles de protección

Criterios de intercepción			Niveles de protección			
	Símbolo	Unidad	I	II	III	IV
Valor de cresta mínimo de la corriente	<i>I</i>	kA	3	5	10	16
Radio de la esfera ficticia	<i>r</i>	m	20	30	45	60

Fuente: (IEC62305, 2010)

4.1.3 Determinación del número de tormentas por año

Además, se procede a calcular el valor Td (tormentas/año) que se dan en la zona de evaluación, para ello contamos con los siguientes datos:

- Ubicación: Región Junín

Por lo tanto, el valor del Td correspondiente será de 40 tormentas por año como se muestra en la siguiente figura.

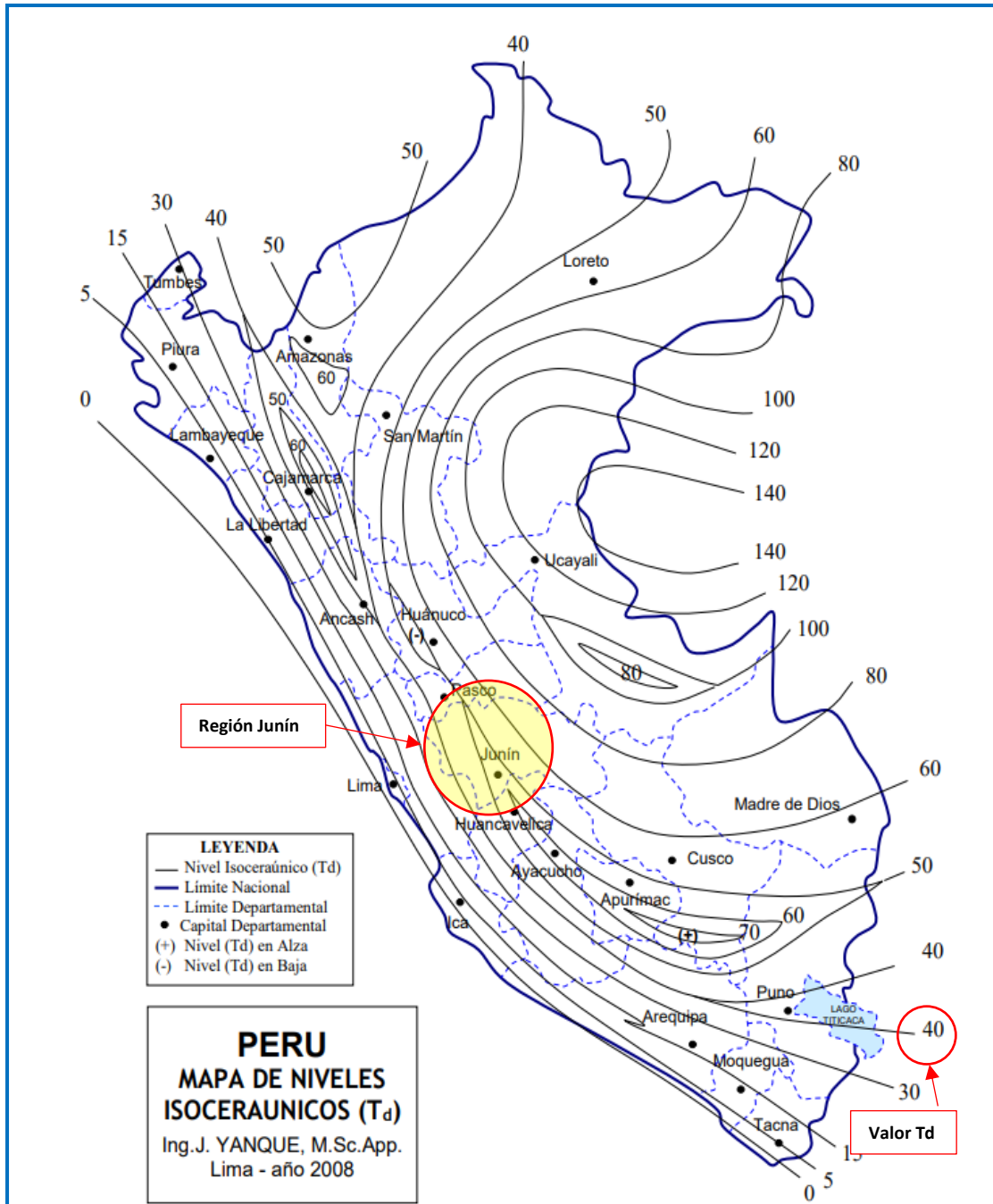


Figura N° 12 – Mapa isoceraunico/ determinación del valor Td

4.1.4 Daños y pérdidas

Procedemos a elegir los valores de riesgo, los riesgos a evaluar en una estructura pueden ser los siguientes:

R1: riesgo de pérdida de vida humana (incluyendo las heridas permanentes).

R2: riesgo de pérdida de servicio público.

R3: riesgo de pérdida de patrimonio cultural.

R4: riesgo de pérdida de valor económico.

Para evaluar los riesgos, R, deben definirse y calcularse las componentes del riesgo correspondientes (riesgos parciales en función de la fuente y del tipo de daño).

4.1.5 Fuente de daños

S1: descargas en una estructura

4.1.6 Tipo de daños

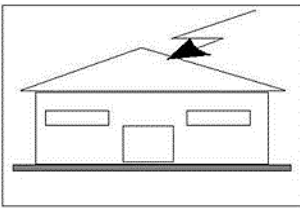
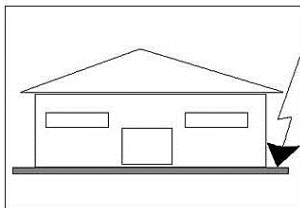
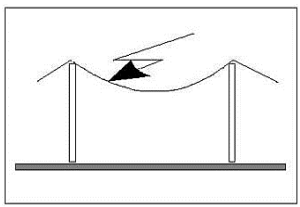
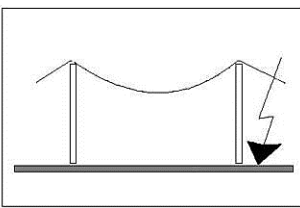
D2: daños físicos

4.1.7 Tipo de pérdidas

L4: pérdida de valor económico (estructura y su contenido, servicio y pérdida de actividad).

En la siguiente tabla se muestran los valores resumen de las fuentes y tipos de pérdidas de donde elegimos nuestros valores.

Tabla 6 - Fuentes de daños, tipo de daños y tipo de pérdidas en función del punto de impacto

Punto de impacto	Fuente de daño	Tipo de daño	Tipo de pérdida
	S1	D1	L1, L4 ^a
		D2	L1, L2, L3, L4
		D3	L1 ^b , L2, L4
	S2	D3	L1 ^b , L2, L4
	S3	D1	L1, L4 ^a
		D2	L1, L2, L3, L4
		D3	L1 ^b , L2, L4
	S4	D3	L1 ^b , L2, L4
<p>a) Solamente en propiedades donde puede haber pérdida de animales. b) Solamente para estructuras con riesgo de explosión y para hospitales o estructuras similares en las que la falla de los sistemas internos pone en peligro la vida humana inmediatamente.</p>			

Fuente: (IEC62305, 2010)

4.1.8 Riesgo y componentes del riesgo

Para determinar el riesgo es necesario calcular todos sus componentes de acuerdo a la norma, a continuación, se muestra la formula con la cual se realizará el cálculo.

$$R_4 = R_{A4} + R_{B4} + R_{C4} + R_{M4} + R_{U4} + R_{V4} + R_{W4} + R_{Z4}$$

Cada componente tiene factores los cuales determinan su valor, y estos se muestran a continuación.

$$R_{A4} = N_D * P_A * L_A$$

$$R_{B4} = N_D * P_B * L_{B4}$$

$$R_{C4} = N_D * P_C * L_{C4}$$

$$R_{M4} = N_M * P_M * L_{M4}$$

$$R_{U4} = N_L * P_U * L_{U4}$$

$$R_{V4} = N_L * P_V * L_{V4}$$

$$R_{W4} = N_L * P_W * L_{W4}$$

$$R_{Z4} = N_L * P_Z * L_{Z4}$$

En la siguiente tabla se muestran el resumen de los factores a considerar para la evaluación.

Tabla 7 - Componentes del riesgo a considerar en una estructura para cada tipo de pérdidas

Fuente de daño	Descarga en la estructura S1			Descarga cerca de la estructura S2	Descarga en una línea conectada a la estructura S3			Descarga cerca de una línea conectada a la estructura S4
	RA	RB	RC	RM	RU	RV	RW	RZ
Componente del riesgo								
Riesgo para cada tipo de pérdidas								
R ₁	*	*	* 1)	* 1)	*	*	* 1)	* 1)
R ₂		*	*	*		*	*	*
R ₃		*				*		
R ₄	*2)	*	*	*	*2)	*	*	*
1) " Sólo para estructuras con riesgo de explosión y hospitales u otras estructuras en las que la falla de los sistemas internos ponga en peligro inmediato la vida humana"								
2) "Sólo para propiedades donde puede producirse pérdida de animales."								

Fuente: (IEC62305, 2010)

Como siguiente paso procedemos a calcular los factores que interviene en cada ecuación:

4.1.8.1 Evaluación del número anual N de sucesos peligrosos (Anexo A - norma IEC 62305)

4.1.8.1.1 Numero de eventos peligrosos ND para la estructura:

$$N_D = N_G * A_D * C_D * 10^{-6}$$

$$N_G = 0.1 * T_D$$

$$N_G = 0.1 * 40$$

$$N_G = 4$$

$$A_D = L * W + 2 * (3 * H) * (L + W) + \pi * (3 * H)^2$$

$$A_D = 25 * 38 + 2 * (3 * 24.5) * (25 + 38) + \pi * (3 * 24.5)^2$$

$$A_D = 27182.66$$

De la tabla obtenemos Cd

Tabla 8 – Factor Cd

Situación relativa	Cd
Estructura rodeada por objetos más altos	0.25
Estructura rodeada por objetos de la misma altura o más pequeños	0.5
Estructura aislada: sin otros objetos en las proximidades	1
Estructura aislada en la parte superior de una colina o de un montículo	2

Fuente: (IEC62305, 2010)

Reemplazando:

$$N_D = 4 * 27182.66 * 0.5 * 10^{-6}$$

$$N_D = 0.0543$$

4.1.8.1.2 Evaluación del valor medio anual del número de eventos peligrosos por descargas cerca de una estructura Nm

$$N_M = N_G * A_M * 10^{-6}$$

$$A_M = 2 * 500 * (L + W) + \pi * 500^2$$

$$A_M = 2 * 500(25 + 38) + \pi * 500^2$$

$$A_M = 848398.16$$

Reemplazando

$$N_M = 4 * 848398.16 * 10^{-6}$$

$$N_M = 3.39$$

4.1.8.2 Evaluación del valor medio anual del número de eventos peligrosos por descargas en una línea NL

$$N_L = N_G * A_L * C_1 * C_E * C_T * 10^{-6}$$

Donde:

$$A_L = 40 * L_L$$

Cuando se desconoce la longitud de la línea LL=1000.

$$A_L = 40 * 1000$$

$$A_L = 40000$$

Obtenemos los demás datos de las siguientes tablas

Tabla 9 – Factor de instalación de la línea

Trazado	C₁
Aérea	1
Subterránea	0.5
Cables enterrados tendidos íntegramente dentro de una terminación de tierra enmalladas (apartado 5.2 de la Norma IEC 62305-4:2010)	0.01

Fuente: (IEC62305, 2010)

Tabla 10 – Factor del tipo de línea C_T

Instalación	C_T
Línea de energía de BT, Telecomunicaciones o de datos.	1
Línea de energía de AT (con transformador de AT/BT)	0.2

Fuente: (IEC62305, 2010)

Tabla 11 – Factor del medio ambiente de la línea C_E

Medio ambiente	C_E
Rural	1
Suburbana	0.5
Urbana	0.1
Urbana con edificios altos (a)	0.01
(a) Edificios más altos de 20 m.	

Fuente: (IEC62305, 2010)

Reemplazando:

$$N_L = 4 * 40000 * 1 * 1 * 1 * 10^{-6}$$

$$N_L = 0.16$$

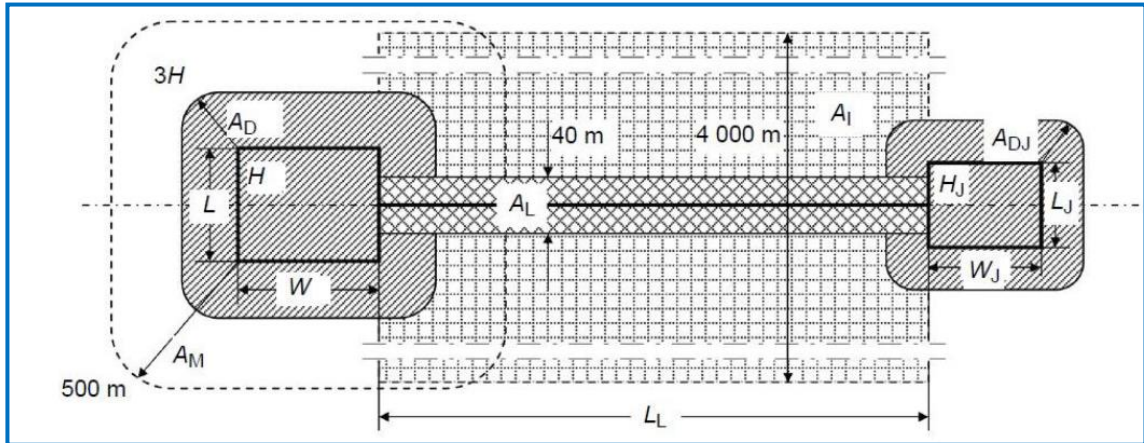


Figura N° 13 – Superficie de captación (AD, AM, AI, AL)
 Fuente: (IEC62305, 2010)

4.1.8.3 Evaluación de la probabilidad de daños Px en una estructura (Anexo B - norma IEC 62305)

4.1.8.3.1 Probabilidad P_A de que una descarga en la estructura produzca daños a los seres vivos por choque eléctrico

$$P_A = P_{TA} * P_B$$

De tablas hallamos los valores necesitados

Tabla 12 – Valores de probabilidad PA de que una descarga la estructura produzca impactos en los seres vivos por tensiones de toque y paso

Medidas de protección	PTA
Sin medidas de protección	1
Avisos de advertencia	10-1
Aislamiento eléctrico (por ejemplo, al menos 3mm de polietileno reticulado) de las partes expuestas (por ejemplo, conductores de bajada).	10-2
Equipotencialización efectiva del terreno	10-2
Restricciones físicas o estructura del edificio utilizada como sistema de conductores de bajada	0

Fuente: (IEC62305, 2010)

Tabla 13 – Valores de PB en función de las medidas de protección para reducir los daños físicos

Características de la estructura	Niveles de protección	P_B
Estructura no protegida por un SPCR	-	1
Estructura protegida por un SPCR	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Estructura cuenta con dispositivo captador de nivel I, con armaduras metálicas continuas o armaduras del hormigón actuando como conductores de bajada naturales.		0,01
Estructuras de techo metálico o con sistema de captación, incluyendo la posibilidad de los componentes naturales, con completa protección de las instalaciones situadas en el tejado contra descargas directas y con armaduras metálicas continuas o armaduras de hormigón armado actuando como conductores de bajada		0,00 1

Fuente: (IEC62305, 2010)

Reemplazando:

$$P_A = 10^{-2} * 0.05$$

$$P_A = 0.001$$

4.1.8.3.2 Probabilidad P_C de que una descarga en la estructura produzca fallas de los sistemas internos

$$P_C = P_{DPS} * C_{LD}$$

Obteniendo valores de las tablas

Tabla 14 – Valores de probabilidad PDPS en función del nivel de protección para el que se han diseñado los dispositivos de protección contra sobretensiones

Nivel de protección	PSPD
Sin protección coordinada de dispositivos de protección contra sobretensiones	1
III – IV	0,05
II	0,02
I	0,01
NOTA 2	0,005 - 0,001

Fuente: (IEC62305, 2010)

Tabla 15 – Valores de los factores CLD y CLI dependiendo del apantallamiento, la puesta a tierra y las condiciones de aislamiento

Tipo de línea externa	Conexión a la entrada	C_{LD}	CLI
Línea aérea sin pantalla	Sin definir	1	1
Línea subterránea sin pantalla	Sin definir	1	1
Línea de energía múltiple con neutro conectado a tierra	Ninguna	1	0,2
Línea subterránea con pantalla (energía o telecomunicaciones)	Pantalla no conectada a la misma barra equipotencial del equipo	1	0,3
Línea aérea con pantalla (energía o telecomunicaciones)	Pantalla no conectada a la misma barra equipotencial del equipo	1	0,1
Línea subterránea con pantalla (energía o telecomunicaciones)	Pantalla conectada a la misma barra equipotencial del equipo	1	0
Línea aérea con pantalla (energía o telecomunicaciones)	Pantalla conectada a la misma barra equipotencial del equipo	1	0
Cable de protección contra el rayo o cableado de protección contra el rayo en ductos (canalizaciones, tuberías metálicas o tuberías ligeras metálicas)	Pantalla conectada a la misma barra equipotencial del equipo	0	0
(Ninguna línea externa)	Ninguna conexión a las líneas externas (sistemas stand alone)	0	0
Cualquier tipo	Interface de aislamiento de acuerdo con la norma IEC 62305 4.	0	0

Fuente: (IEC62305, 2010)

$$P_C = 0.02 * 0$$

$$P_C = 0$$

4.1.8.3.3 Probabilidad P_M de que una descarga cerca de una estructura produzca fallas de los sistemas internos

$$P_M = P_{DPS} * P_{MS}$$

$$P_{MS} = (K_{S1} * K_{S2} * K_{S3} * K_{S4})^2$$

Hallando valores:

$$K_{S1} = 0.12 * W_{m1}$$

$$K_{S2} = 0.12 * W_{m2}$$

Donde $W_{M1,2} = 25$ m

$$K_{S1} = K_{S2} = 0.12 * 25$$

$$K_{S1} = K_{S2} = 3$$

Hallando K_{S3} de la tabla

Tabla 16 – Valor del factor K_{S3} en función del cableado interno

Tipo de cableado interno	K_{S3}
Cable sin pantalla - sin precauciones de trazado del cableado para evitar lazos 1)	1
Cable sin pantalla – con precauciones de trazado del cableado para evitar grandes lazos 2)	0,2
Cable sin pantalla – con precauciones de trazado del cableado para evitar lazos 3)	0,01
Cable con pantalla y cables tendidos en tuberías metálicas 4)	0,001

Fuente: (IEC62305, 2010)

$$K_{S4} = \frac{1}{U_w}$$

$$K_{S4} = \frac{1}{1}$$

$$K_{S4} = 1$$

Reemplazando:

$$P_{MS} = (3 * 3 * 0.001 * 1)^2$$

$$P_{MS} = 0.000081$$

Hallando P_M

$$P_M = 0.02 * 0.000081$$

$$P_M = 0.00000162$$

4.1.8.3.4 Probabilidad P_U de que una descarga en una línea produzca daños a los seres vivos por choque eléctrico

$$P_U = P_{TU} * P_{EB} * P_{LD} * C_{LD}$$

De las tablas obtenemos P_{TU} , P_{EB} , P_{LD}

Tabla 17 - Valores de la probabilidad P_{TU} que una descarga en una línea que ingresa causará un choque eléctrico a los seres vivos debido a tensiones de toque peligrosas

Tipo de cableado interno	P_{TU}
Ninguna medida de protección	1
Avisos de advertencia	10^{-1}
Aislamiento eléctrico	10^{-2}
Restricciones físicas	0

Fuente: (IEC62305, 2010)

Tabla 18 - Valores de la probabilidad P_{EB} como una función del nivel de protección para él que los dispositivos de protección contra las sobretensiones están diseñados

Nivel de protección contra el rayo	P_{EB}
Ningún DPS	1
III – IV	0,05
II	0,02
I	0,01
Nota 3	0,005 – 0,001

Fuente: (IEC62305, 2010)

Tabla 19 - Valores de la probabilidad PLD dependiendo de la resistencia RS de la pantalla del cable y la tensión de impulso soportada UW del equipo

Tipo de línea	Condiciones de trazado, apantallamiento y conexión de puesta a tierra		Tensión soportada UW en kV				
			1	1,5	2,5	4	6
Líneas de energía o Líneas de telecomunicación	Línea aérea o enterrada, sin pantalla o con pantalla cuya pantalla no está conectada a la misma barra de conexión equipotencial que el equipo.		1	1	1	1	1
	Aérea o enterrada con pantalla cuya pantalla está conectada a la misma barra de conexión equipotencial que los equipos.	$5\Omega/\text{km} < R_S \leq 20 \Omega/\text{km}$	1	1	0,9 5	0,9	0,8
		$1\Omega/\text{km} < R_S \leq 5 \Omega/\text{km}$	0,9	0,8	0,6	0,3	0,1
		$R_S \leq 1 \Omega/\text{km}$	0,6	0,4	0,2	0,0 4	0,0 2

Fuente: (IEC62305, 2010)

Reemplazando:

$$P_U = 1 * 1 * 1 * 1$$

$$P_U = 1$$

4.1.8.3.5 Probabilidad p_v de que una descarga en una línea produzca daños físicos

Estos valores fueron hallados en los pasos anteriores

$$P_V = P_{EB} * P_{LD} * C_{LD}$$

$$P_V = 1 * 1 * 1$$

$$P_V = 1$$

4.1.8.3.6 Probabilidad P_w de que una descarga en una línea produzca fallas en los sistemas internos

$$P_W = P_{DPS} * P_{LD} * C_{LD}$$

Estos valores fueron hallados en los pasos anteriores

$$P_W = 0.02 * 1 * 1$$

$$P_W = 0.02$$

4.1.8.3.7 Probabilidad Pz de que una descarga cerca de una línea produzca fallas en los sistemas internos

$$P_Z = P_{DPS} * P_{LI} * C_{LI}$$

Tabla 20 - Valores de la probabilidad PLI dependiendo del tipo de línea y de la tensión de impulso soportada Uw del equipo

Tipo de línea	Tensión soportada UW en kV				
	1	1,5	2,5	4	6
Líneas de energía	1	0,6	0,3	0,16	0,1
Líneas de telecomunicaciones	1	0,5	0,2	0,08	0,04

Fuente: (IEC62305, 2010)

Reemplazando en la formula obtenemos:

$$P_Z = 0.02 * 0.3 * 1$$

$$P_Z = 0.006$$

4.1.8.4 Evaluación de la magnitud de las perdidas (Anexo C - norma IEC 62305)

4.1.8.4.1 Pérdidas económicas

$$L_A = r_t * L_T * \frac{c_a}{c_t}$$

Las relaciones c_a/c_t y $(c_a + c_b + c_c + c_s) / c_t$ y c_s/c_t , En caso de utilizar un valor representativo para el riesgo tolerable R4, las relaciones no tienen que ser tomadas en cuenta. En estos casos, las relaciones tienen que ser reemplazadas por el valor 1.

Obtenemos el valor de r_t de la siguiente tabla.

Tabla 21 - Factor de reducción r_t como una función del tipo de superficie del suelo o piso

Tipo de superficie ^b	Resistencia de contacto $k\Omega$ ^a	r_t
Agrícola, concreto	≤ 1	10^{-2}
Mármol, cerámica	1 – 10	10^{-3}
Grava, moqueta, alfombras	10 - 100	10^{-4}
Asfalto, linóleo, madera	≥ 100	10^{-5}

a) Valores medidos entre un electrodo de área de compresión de 400 cm² con una fuerza uniforme de 500 N y un punto del infinito.
 b) Una capa de material aislante, por ejemplo, asfalto de 5 cm de espesor (o una capa de grava de 15 cm de espesor) generalmente reducen el riesgo a un nivel tolerable.

Fuente: (IEC62305, 2010)

Tabla 22– Tipo de pérdida L4: Valores medios de los tipos LT, LF y LO

Tipo de daño	Valor de pérdida típica		Tipo de estructura
D1 Heridas debido al choque	LT	10^{-2}	Todos los tipos donde solamente hay animales
D2 Daños físicos	LF	1	Riesgo de explosión
		0,5	Hospital, industrial, museo, agrícola
		0,2	Hotel, escuela, oficina, iglesia, entretenimiento público, comercial
		10^{-1}	Otros
D3 Fallas de los sistemas internos	LO	10^{-1}	Riesgo de explosión
		10^{-2}	Hospital, industrial, oficinas, hotel, comercial
		10^{-3}	Museo, agrícola, escuela, iglesia, entretenimiento público
		10^{-4}	Otros

Fuente: (IEC62305, 2010)

$$L_A = 0.01 * 0.01 * 1$$

$$L_A = 0.0001$$

Calculando L_B

$$L_B = L_V = r_p * r_f * L_F * \frac{(c_a + c_b + c_c + c_s)}{c_t}$$

Tabla 23 – Factor de reducción r_p como una función de las provisiones tomadas para reducir las consecuencias del fuego

Provisiones	r_p
Ninguna provisión	1
Una de las siguientes provisiones: extinguidores; instalaciones de extinguidores operados manualmente fijos; instalaciones de alarma manuales; hidrantes; compartimientos contra el fuego; rutas de escape.	0,5
Una de las siguientes provisiones: instalaciones de extinguidores operados automáticamente fijos; instalaciones de alarma automáticas. ^a	0,2
a) Solamente si está protegido contra sobretensiones y otros daños y si los bomberos pueden llegar en menos de 10 min.	

Fuente: (IEC62305, 2010)

Tabla 24– Factor de reducción r_f como una función del riesgo de fuego o explosión en la estructura

Riesgo	Magnitud del riesgo	r_f
Explosión	Zonas 0, 20 y explosivo sólido	1
	Zonas 1, 21	10^{-1}
	Zonas 2, 22	10^{-3}
Fuego	Alto	10^{-1}
	Normal	10^{-2}
	Bajo	10^{-3}
Explosión o fuego	Ninguna	0

Fuente: (IEC62305, 2010)

$$L_B = L_V = 0.5 * 0 * 0.5 * 1$$

$$L_B = L_V = 0$$

Calculando L_C

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O * \frac{c_s}{c_t}$$

Reemplazando:

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = 0.01 * 1$$

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = 0.01$$

Calculando L_U

$$L_U = r_t * L_T * \frac{c_a}{c_t}$$

Reemplazando:

$$L_U = 0.01 * 0.01 * 1$$

$$L_U = 0.0001$$

Reemplazando en las fórmulas iniciales obtenemos los valores mostrados en la tabla 22.

Tabla 25 – Tabla de resumen de resultados

$R_A = N_X * P_X * L_X$				
R_{A4}	N_D	P_A	L_A	Total
	0.0543	0.3	0.0001	0.0000016
R_{B4}	N_D	P_B	L_B	Total
	0.0543	0.001	0	0
R_{C4}	N_D	P_C	L_B	Total
	0.0543	0	0	0
R_{M4}	N_M	P_M	L_M	Total
	3.39	0.00000162	0.01	0.0000001
R_{U4}	N_L	P_U	L_U	Total
	0.16	1	0.0001	0.0000160
R_{V4}	N_L	P_V	L_V	Total
	0.16	1	0	0
R_{W4}	N_L	P_W	L_W	Total
	0.16	0.02	0.01	0.0000320
R_{Z4}	N_L	P_Z	L_Z	Total
	0.16	0.006	0.01	0.0000096

Fuente: (IEC62305, 2010)

Reemplazando en la formula general:

$$R_4 = R_{A4} + R_{B4} + R_{C4} + R_{M4} + R_{U4} + R_{V4} + R_{W4} + R_{Z4}$$

$$R_4 = 0.0000016 + 0 + 0 + 0.0000001 + 0.0000160 + 0 + 0.0000320 + 0.0000096$$

$$R_4 = 0.0000593$$

De la tabla comparamos los valores:

Tabla 26- Valores típicos del riesgo tolerable R_T

Tipos de pérdidas	R_T (y^{-1})
Pérdida de vida humana o daños permanentes	10^{-5}
Pérdida de servicio público	10^{-3}
Pérdida de patrimonio cultural	10^{-4}

Fuente: (IEC62305, 2010)

De acuerdo con la norma IEC 62305-1 compararemos el valor calculado del riesgo con el riesgo tolerable R_T .

Si $R > R_T$ entonces hay necesidad de protección

Comparando $0.0000593 > 0.00001$, entonces si hay necesidad de protección.

4.1.9 Cálculo del número de pararrayos

Haciendo uso de la vista lateral de los planos se procede a dibujar la esfera rodante mediante el uso de una esfera de radio de 30 metros que rodara encima del techo de la estructura, Según se puede apreciar en las siguientes figuras puede apreciar que se necesitarán 7 pararrayos en distribución vertical y 3 en modo horizontal (la norma detalla la utilización de pararrayos tipo franklin), los pasos para obtener la distribución de los pararrayos es la siguiente:

1. Se ubica las vistas de perfil y frontal
2. Se dibuja un círculo de radio 30 metros.
3. Se coloca la esfera encima de la estructura y en los puntos de contacto se procede a colocar los pararrayos de modo que la esfera no toque la estructura.
4. Estos pasos se deben de repetir en ambas vistas.
5. Para validar el desarrollo se utilizó el software dialux, el cual nos da una perspectiva en 3D de la ubicación de los pararrayos y la esfera.

Tabla 27 - Resumen de resultados del número de pararrayos

Numero de pararrayos	Filas	Columnas
IEC 62305	3	7

Fuente: Elaboración propia

La distribución de pararrayos se puede verificar en las siguientes figuras.

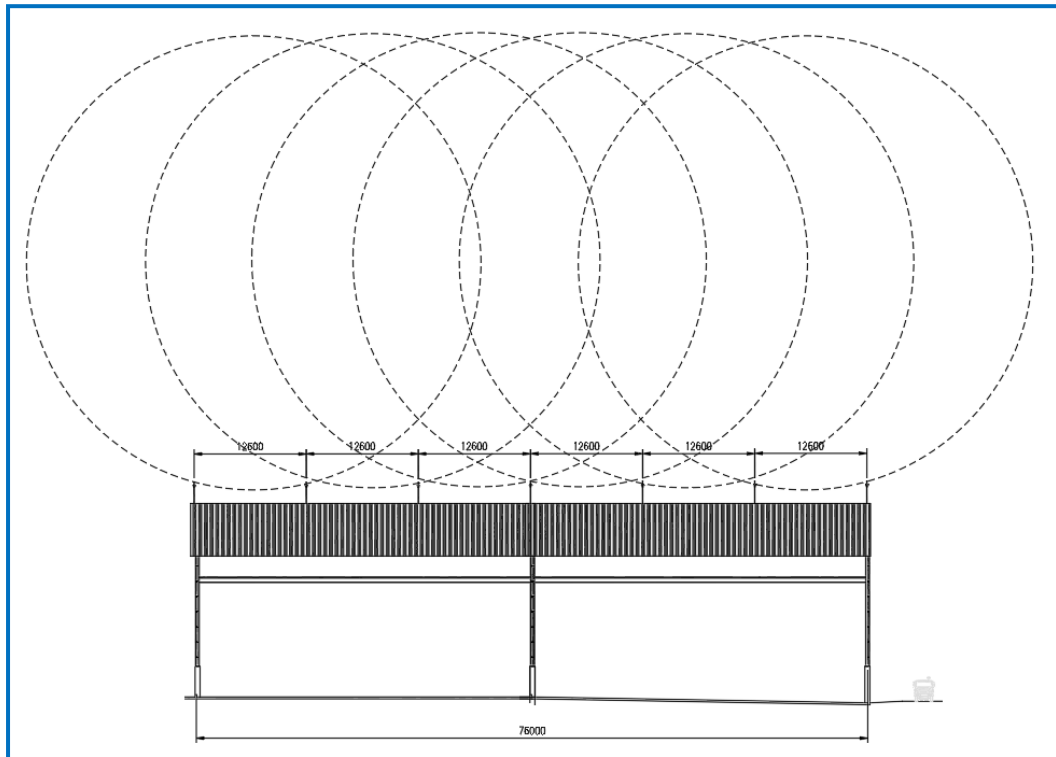


Figura N° 14 – Distribución general lateral de los pararrayos
Fuente: Elaboración propia

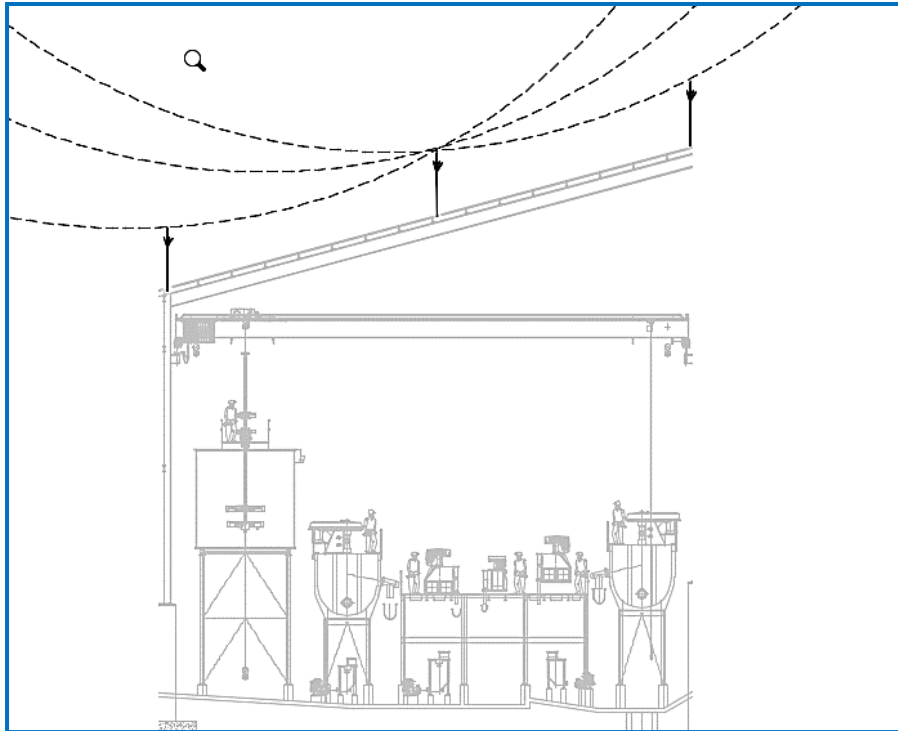


Figura N° 15 – Distribución frontal de pararrayos
Fuente: Elaboración propia

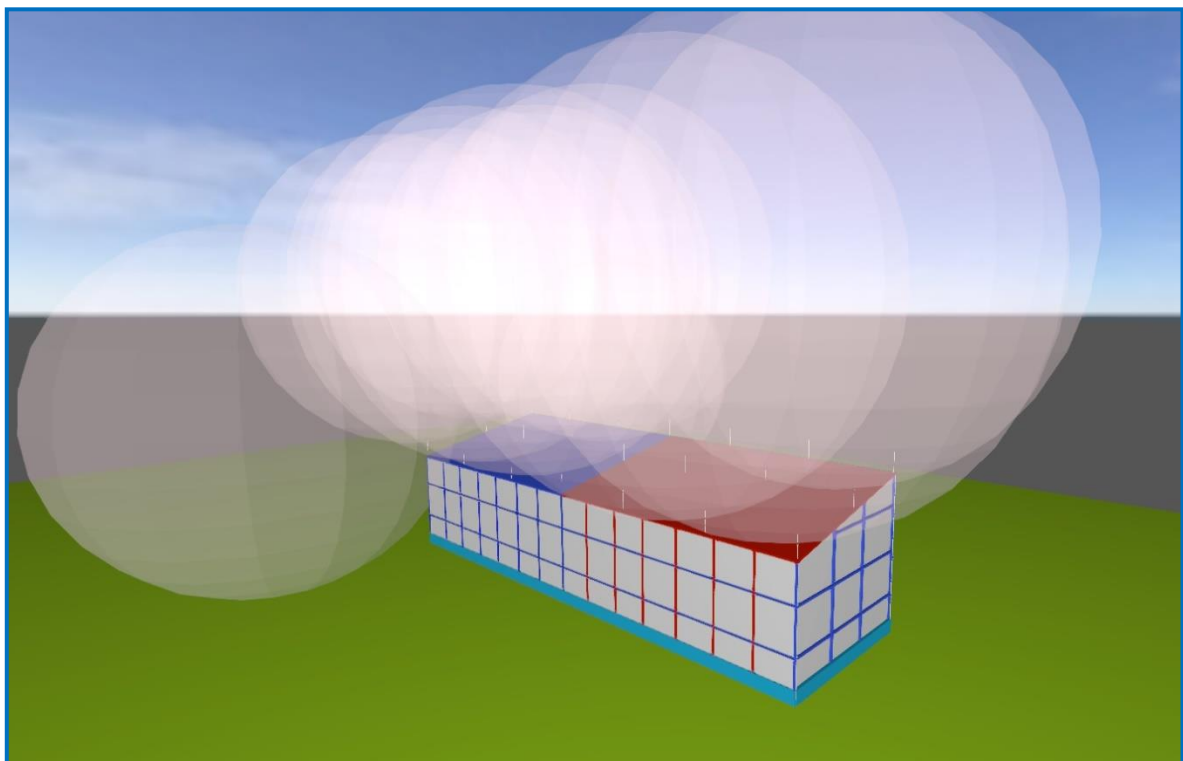


Figura N° 16 – Vista 3D de la esfera rodante en el edificio-A
Fuente: Elaboración propia

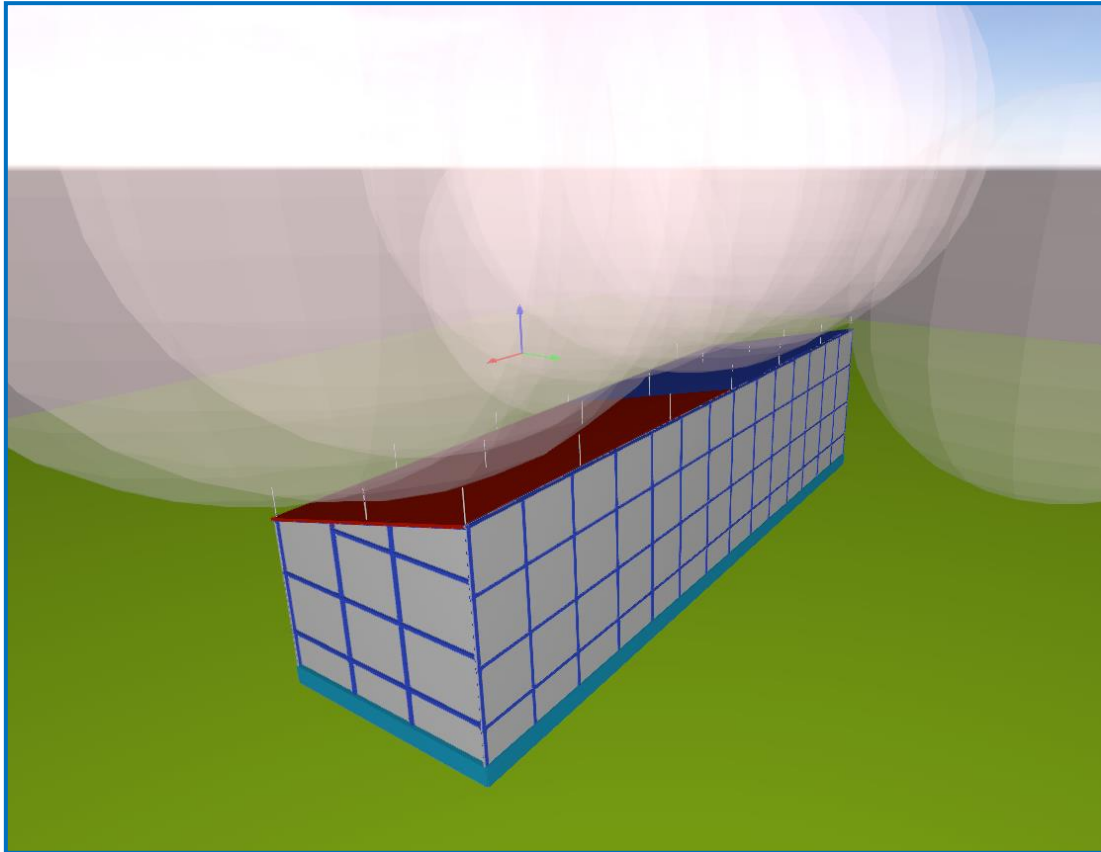


Figura N° 17 – Vista 3D de la esfera rodante en el edificio-B
Fuente: Elaboración propia

4.2 Cálculo del sistema de protección atmosférica existente con la actual normativa IEC 62305

Para este ítem utilizaremos los datos de niveles de riesgo ya calculados en el ítem 4.1, además se hace un análisis del sistema de protección atmosférica actual.

4.2.1 Disposición Actual del sistema de protección atmosférica existente

Como se muestra en la siguiente figura encerrado en círculos rojos, se muestra la disposición existente de pararrayos con el cual cuenta el edificio estructural existente.

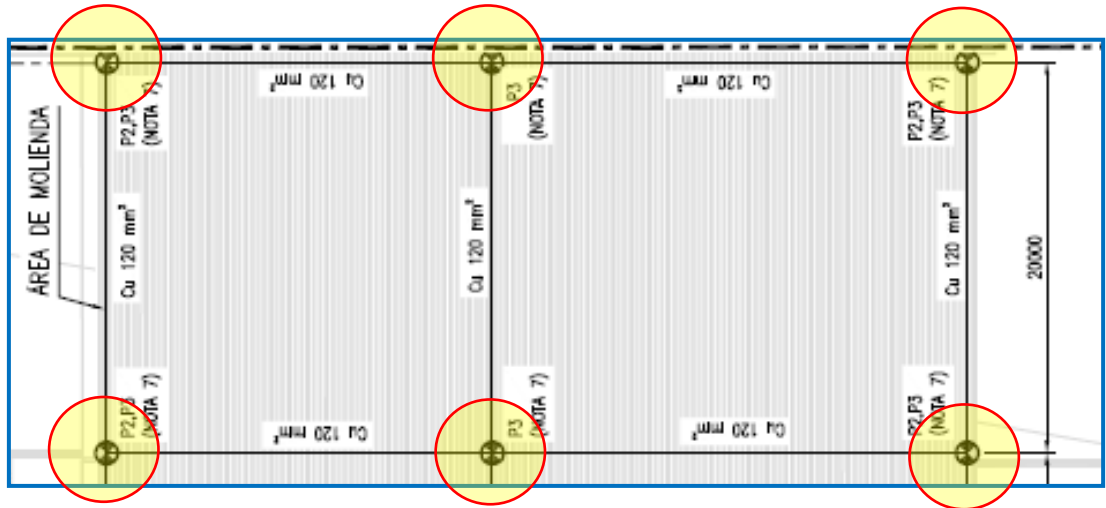


Figura N° 18 – Disposición de ubicación pararrayos existente
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra algunas fotos de la ubicación de los pararrayos existentes encerrados en círculo rojo, los cuales son en total son 6.

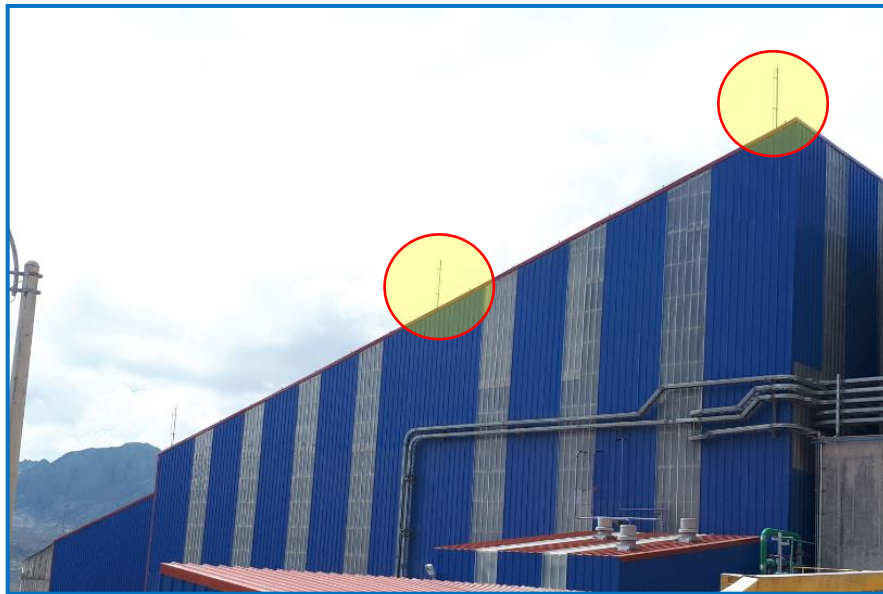


Figura N° 19 – Vista lateral izquierda del edificio existente



Figura N° 20 – Vista lateral derecha del edificio existente

4.2.2 Cálculo del número de pararrayos de la estructura existente

Haciendo uso de la vista lateral de los planos se procede a dibujar la esfera rodante mediante el uso de una esfera de radio de 30 metros que rodara encima del techo de la estructura, Según se puede apreciar en las siguientes figuras puede apreciar que se necesitarán 4 pararrayos en distribución vertical y 3 en modo horizontal, los pasos para obtener la distribución de los pararrayos es la siguiente:

6. Se ubica las vistas de perfil y frontal
7. Se dibuja un círculo de radio 30 metros.
8. Se coloca la esfera encima de la estructura y en los puntos de contacto se procede a colocar los pararrayos de modo que la esfera no toque la estructura.
9. Estos pasos se deben de repetir en ambas vistas.

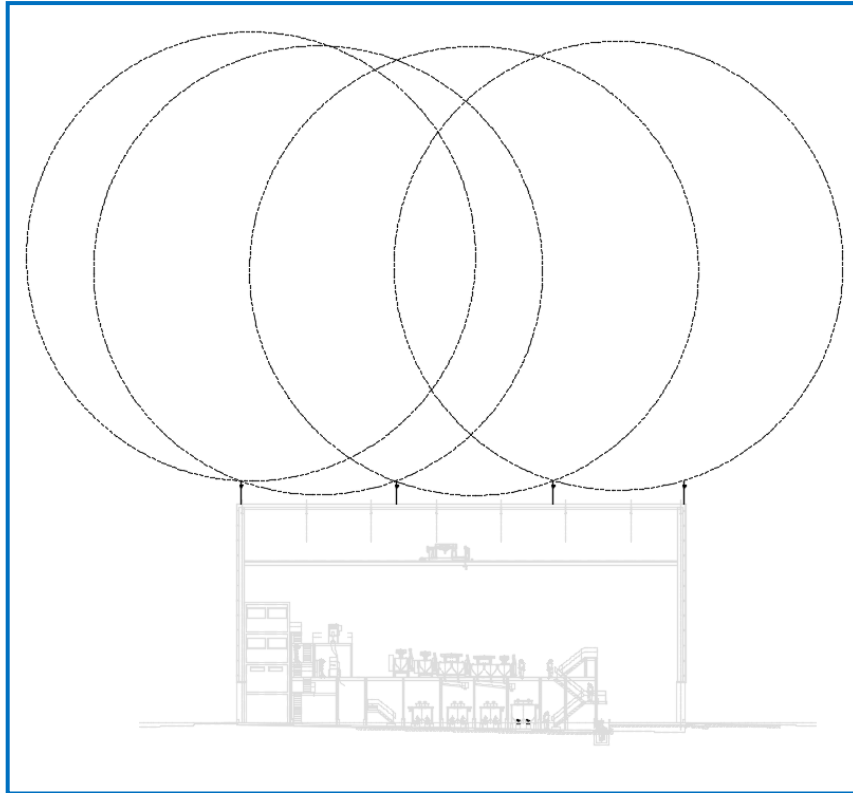


Figura N° 21 - Vista lateral de la estructura existente
Fuente: Elaboración propia

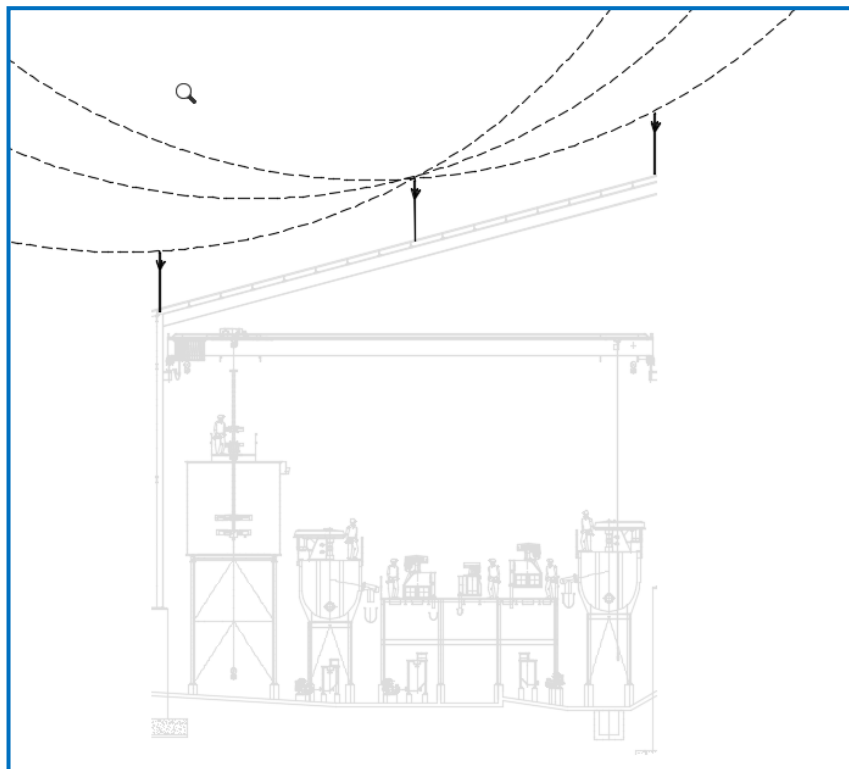


Figura N° 22- Vista lateral de la estructura existente
Fuente: Elaboración propia

En la figura a continuación se muestra el 3D indicando la distribución de los pararrayos y además la esfera rodando sobre el edificio estructural existente.

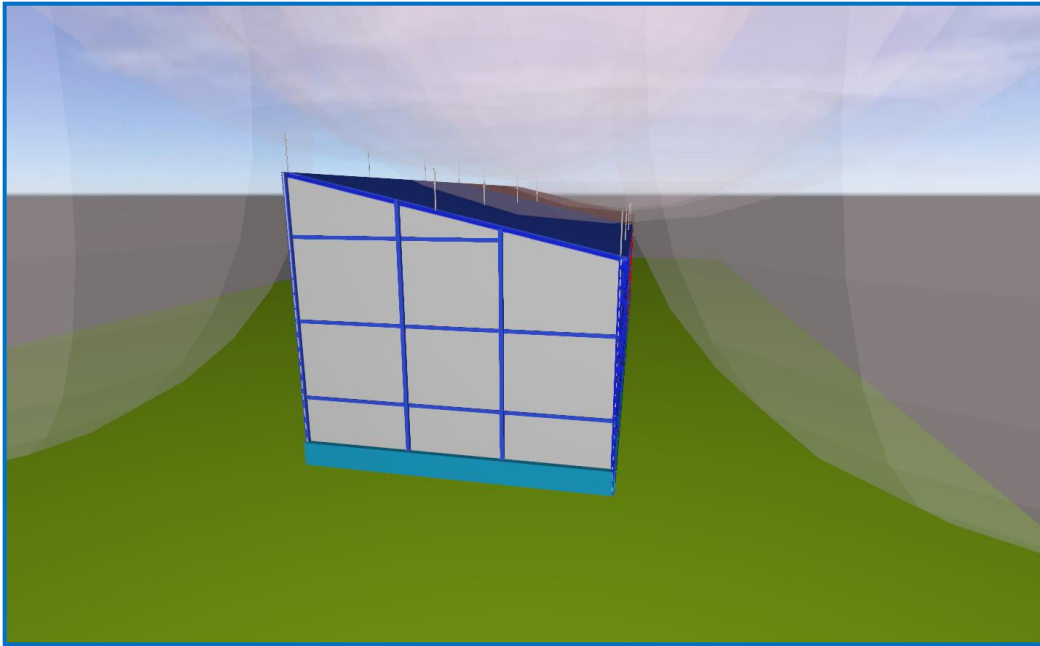


Figura N° 23 – Esfera rodante 3D sobre edificio estructural

Fuente: Elaboración propia

Según se puede apreciar en las figuras anteriores se necesitarán 3 pararrayos en distribución horizontal, de lo explicado se obtiene la siguiente tabla resumen:

Tabla 28 – Resumen de resultados del número de pararrayos

Norma	Filas	Columnas	Total
IEC 62305	3	4	12

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Cálculo de malla a tierra

Para la ampliación de la planta y por ser un aspecto clave la ampliación de la malla a tierra se procede a calcular cómo será la integración de la nueva malla a tierra con las instalaciones existentes.

La malla a tierra se será calculada mediante el software ETAP, el cual analiza la malla a tierra mediante el método de análisis finitos.

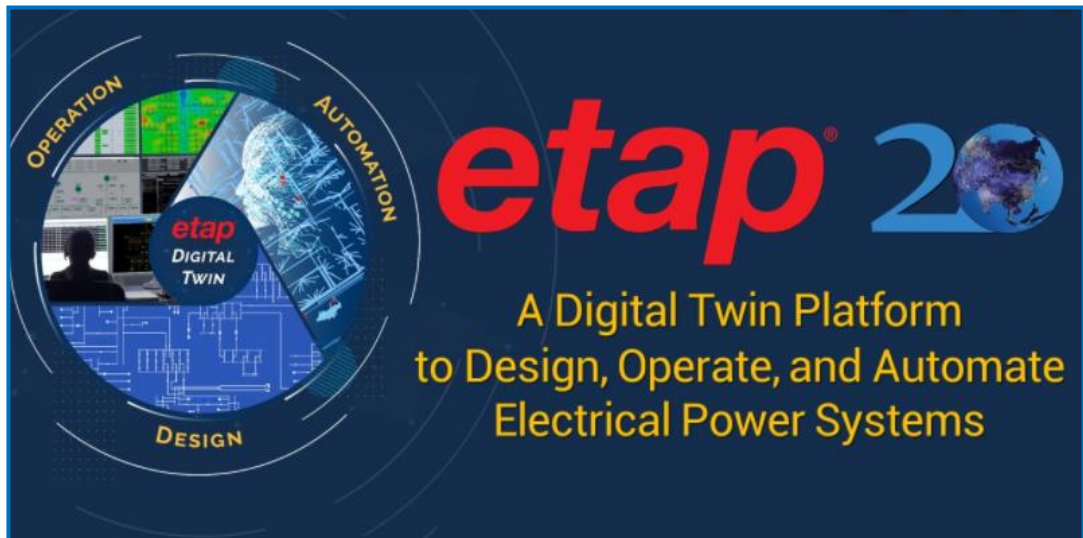


Figura N° 24 – Pantalla de inicio del software

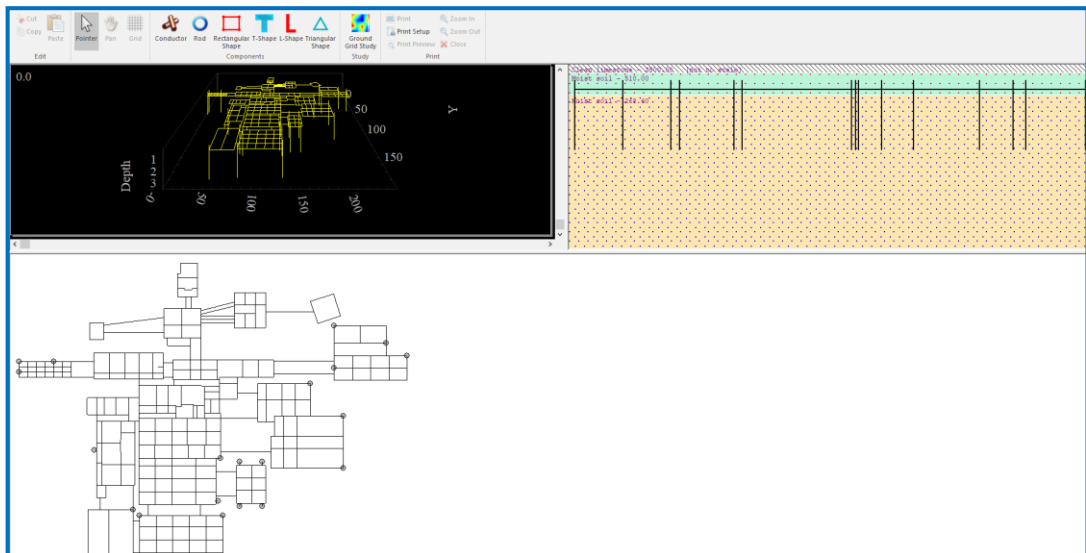


Figura N° 25 – vista general del software

En la siguiente figura se muestra la distribución de la malla general de la planta donde incluye la parte de la ampliación.

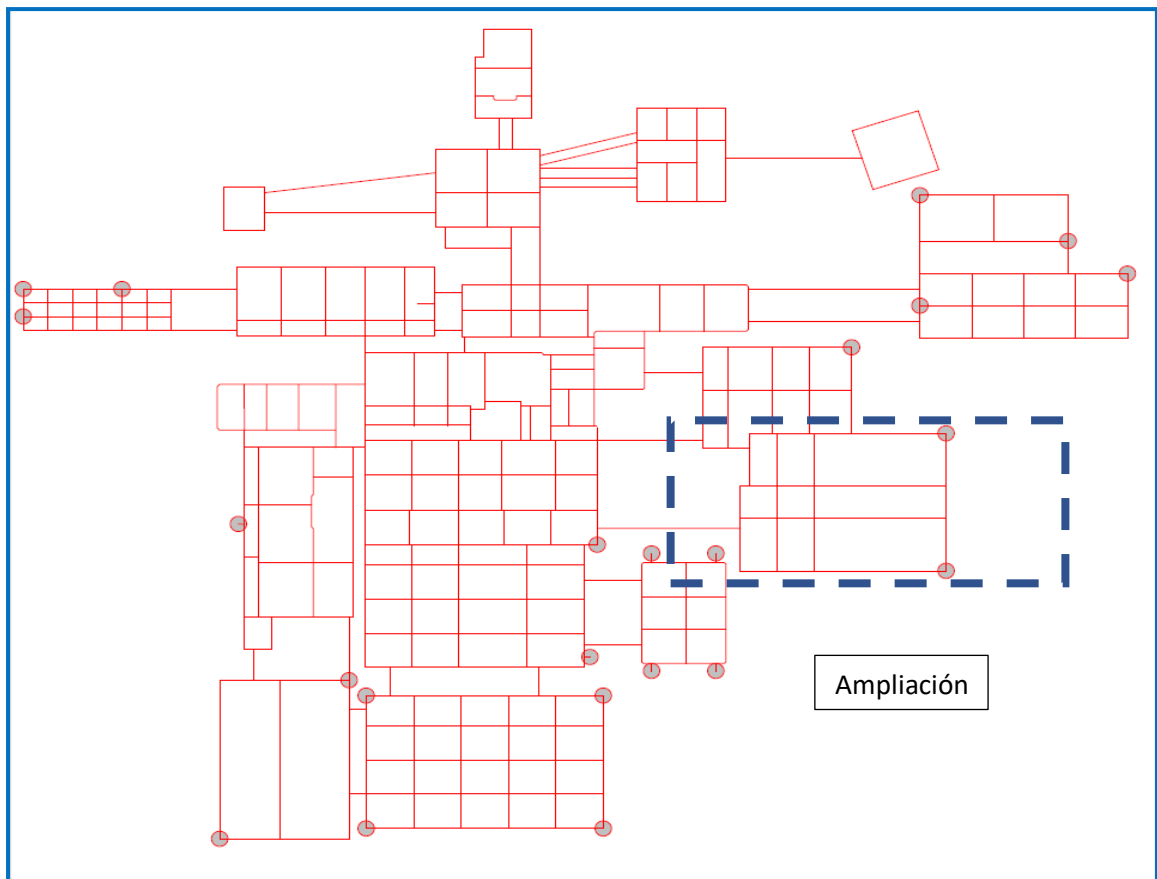


Figura N° 26 - Malla a tierra General
Fuente: Elaboración propia

Para los cálculos de la malla a tierra se usaron las siguientes consideraciones y datos:

- ✓ La malla de puesta a tierra circundará e incluirá toda el área involucrada.
- ✓ El diseño de la malla de puesta a tierra cumplirá con la publicación IEEE 80, satisfaciendo también los requerimientos del Código Nacional de Electricidad.
- ✓ Para el diseño, el tiempo de despeje de las protecciones no será mayor de 0,5 segundos.
- ✓ La tensión de paso y de toque permisible y probable se calculará teniendo en cuenta:

- 70 kg de peso corporal.
- LA duración del shock de corriente (tiempo de despeje de falla), tiempos máximos permisibles se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 29 - Tiempos Máximos Permisibles

kV	Seg.
10	0.5
0.48	0.5

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Resistividad de material de superficie:
 - Se considera que la superficie de las subestaciones y demás instalaciones tiene una capa con resistividad de 3000 Ω -m y espesor de 150 mm.

Tabla 30 - Valores de resistividad

Grupo	Ubicación	ρ (1) (Ohm - m)	ρ (2) (Ohm - m)	d(1) (m)
I	Tolva de finos, almacén de reactivos, subestación eléctrica planta concentradora.	510	268.6	1
II	Molienda, flotación, filtrado, espesadores	285	182.2	1

Fuente: Datos proporcionados por la unidad minera

Donde:

ρ : Resistividad del terreno

d: Profundidad de la primera capa

Para las corrientes de malla la corriente de cortocircuito monofásica tomada es:

Tabla 31 - corriente de cortocircuito

Corriente de malla (A)
2000

Fuente: Datos proporcionados por la unidad minera

Para la evaluación de la malla a tierra se hizo uso del software ETAP el cual nos da como resultados los mostrados en la tabla, como se puede apreciar los valores obtenidos son bajos menores a 5 ohmios que son los más recomendados según la norma técnica peruana.

Tabla 32 - Resultados de la simulación de malla a tierra

Área	Resistencia de malla aislada (Ω)	Resistencia total de malla (Ω)
Molienda-Flotación	2.207	0.894

Fuente: Datos proporcionados por la unidad minera

En las siguientes imágenes se pueden apreciar los datos ingresados al programa

GRD Study Case Editor

Study Case

Study Case ID: GRD1

Options: Weight 50 kg 70 kg; Ambient Temperature: 40 °C

Method: Finite Element; IEEE 80 - 2000/2013; IEEE 80 - 1986; IEEE 665 - 1995

Reports & Plots: Auto Display Summary & Alert; Report Details; Plot Step: 1; Boundary Extension: 0

Update: # of Conductors and Rods (Optimization)

Fault Durations: t_f : 0.5 Sec; t_c : 0.5 Sec; t_s : 0.5 Sec

Ground Short-Circuit Current: User Specified; I_{fg} : 2 kA; X/R: 1; Short-Circuit Study

Grid Current Factors: S_f : 100%; C_p : 100%

Remarks 2nd line

< GRD1 > Help OK Cancel

Figura N° 27 – Valores del caso de estudio
Fuente: Elaboración propia

Soil Editor

Info | Analysis

Resistivity ohm-m: 2500; Material: Clean limestone; Depth m: 0.15

User-Defined Calculated

Top Layer: 510; Moist soil; 1

Lower Layer: 268.6; Moist soil

Help OK Cancel

Figura N° 28 – Resistividad del terreno
Fuente: Elaboración propia

La imagen a continuación muestra el resultado del software para la malla general.

<u>Informe Resumen de la Malla de PAT</u>												
Rg Tierra	GPR Tierra	Potencial de Toque Máximo					Potencial de Paso Máximo					
		Resistencia ohm	Aumento de Pot Voltios	Admisible Voltios	Calculado Voltios %		Coordenadas (m) X Y		Admisible Voltios	Calculado Voltios %		Coordenadas (m) X Y
0.894	1792.0	901.7	615.2	68.2	211.6	81.9	2940.7	214.9	7.3	44.80	181.70	
Corriente Falta Total		2.000 kA		Factor Reflexión (K):			-0.661					
Corriente de Malla Máxima:		2.005 kA		Factor Decaimiento Capa Superficial (Cs):			0.816					
					Factor Decremental (Df):			1.003				

Figura N° 29 - Resumen de resultado de software
Fuente: Elaboración propia

En anexos se muestra las dimensiones de la malla a tierra calculada.

4.3 Análisis comparativo de protección atmosférica entre las normativas NFPA aplicada a la instalación existente y la actual norma IEC.

Con los datos analizados en el ítem anterior se obtiene la siguiente tabla resumen:

Tabla 33 – comparación entre norma NFPA 780 e IEC 62305

Norma Aplicada	Filas	Columnas	Número Total de pararrayos
Existentes NFPA	2	3	6
IEC 62305	3	4	12

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se puede apreciar que el número de pararrayos con la normativa IEC se incrementa en el análisis, debido a que la normativa IEC es más exigente con respecto a la normativa NFPA, esto trae consigo un aumento en el costo de su implementación, pero nos brinda una mayor probabilidad de protección del contra la posible caída de rayos.

V. DISCUSION

- i. Al realizar esta investigación notamos que la evaluación de riesgo con la metodología IEC 62305, es más minuciosa y estricta, debido a que se evalúan más factores de riesgo con respecto a los evaluados en la normativa NFPA 780, debido a ello el radio de envergadura de la esfera rodante es menor (30 metros); esto conllevar al aumento del número de pararrayos del sistema de protección contra descargas atmosféricas, lo que es recomendable, ya que así se puede garantizar con mayor certeza la protección no solo de las estructuras de la planta sino además de la vida de las personas, sin embargo hay que tener en cuenta que ambas normativas se basan en métodos probabilísticos esto debido a que los fenómenos naturales son difíciles de predecir.
- ii. Generalmente los diseños de protección atmosférica en edificios estructurales, no contemplan el diseño de la malla a tierra donde la corriente de rayo será disipada, es por ello que en instalaciones existentes donde se lleve a cabo una ampliación, también se debe tener en cuenta que el sistema de aterramiento debe crecer, para que pueda soportar las corrientes de descargas del rayo, es por ello que también fue objeto de análisis en la presente investigación, obteniendo resultados satisfactorios en su desarrollo; con lo cual el sistema de protección contra descargas atmosféricas resulta correctamente diseñado.
- iii. Al hacer la comparación entre la norma NFPA e IEC podemos verificar que hay un aumento del número de pararrayos basándonos en la normativa IEC, sin embargo, se debe tener en cuenta que se debe hacer una correcta evaluación del radio de la esfera rodante, la norma IEC 62305 nos muestra 4 niveles de protección, sin embargo, estos valores mínimos y máximos se basan en probabilidades por lo tanto aun existe una probabilidad de que en ciertas circunstancias estos fenómenos sobrepasen los valores que se muestran en dicha norma.

VI. CONCLUSIONES

- 1) Según el estudio de protección atmosférica que se realizó para la nueva ampliación se logró determinar el número de pararrayos a implementarse los cuales fueron 12, de los cuales 4 se colocaran en forma horizontal y 3 en vertical, cumpliéndose así con la protección requerida para la nave industrial.

- 2) Al evaluar el edificio existente con la normativa IEC 62305 se logró determinar un arreglo de 12 pararrayos el cual es un número similar a los calculados en para la nueva estructura a implementarse pues son de dimensiones similares, se debe tener en cuenta que los cálculos se hicieron de manera individual es decir primero el edificio nuevo luego el edificio estructural existente.

- 3) Al hacer un análisis comparativo entre la normativa NFPA 780 y la normativa IEC 62305 se pudo apreciar un incremento de elementos de protección (pararrayos) del 50% esto debido al menor radio de protección de la esfera rodante.

VII. REFERENCIAS

Apuntes del Curso de: Alta Tensión y Técnicas de Pruebas de Laboratorio.
Capítulo III. **YANQUE MONTUFAR, Justo. 2012.** Lima : s.n., 2012.

CORNEJO VALENCIA, Randy. 2018. DISEÑO DE APANTALLAMIENTO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DE CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 2 MVA EN ZONAS ALTOANDINAS. Arequipa : UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN, 2018.

CUELLAR CALDERON, Alberto, MARROQUÍN VILLALTA, Amilcar y SEGOVIA SALAZAR, Mario. 2018. DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EN PLANTA GENERADORA TERMICA, ACAJUTLA. San Salvador : UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, 2018.

DEHN y SÖHNE. 2007. Manual contra rayos de protección. Madrid : Dehn Iberica S.A., 2007. 9783981377040.

DIETER BETZ, Hanz. 2009. Lightning: Principles, Instruments and Applications. Munich : s.n., 2009. 9781402090783.

ELAT. 2018. [En línea] 2018. <http://www.inpe.br/webelat/homepage/>.

FLORES GUERRERO, Rolando. 2019. diseño de protecciones atmosféricas externas según normas NFPA 780 - caso edificio "E" – UDEP. Universidad de Piura. Piura : s.n., 2019.

IEC 62305. 2017. Protección contra el rayo. 2017.

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. 2016. [En línea] 2016.
https://minem.gob.pe/_legislacionM.php?idSector=1&idLegislacion=10221.

NFPA 780. 2014. Norma para la Instalación de Sistemas de Protección contra Rayos. 2014.

ORTIZ DE LA ROSA, Tomás. 2013. DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PARA UN EDIFICIO, APLICANDO EL MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO. Mexico D.F. : Instituto Politécnico Nacional, 2013.

OSINERMING. 2018. [En línea] 2018.
https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Compendio-Ilustrativo-Accidentes-Mineria-2018.pdf.

—. 2020. [En línea] 2020.
<https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/electricidad/mapa-ceraunico-peru>.

SALAZAR PAREDES, Jorge. 2018. DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PARA EL POLIDEPORTIVO Y PABELLON "S" DE LA U.C.S.M. Arequipa : Universidad Católica de Santa María, 2018.

TITO, HINOSTROZA. 2019. APLICACION DE LA NTP-IEC 62305 TOMOS 2 Y 3 EN EL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EN SOUTHERN COOPER CORPORATION UNIDAD CUAJONE. UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ. JULIACA : s.n., 2019.

TURCO ALIAGA, Ivan. 2016. INCIDENCIA DE LAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EN LINEAS AEREAS DE MEDIA TENSION SOBRE LOS 3800 MSNM. Huancayo : s.n., 2016.

VIII. ANEXOS

- ANEXO 1 - Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Espectro de energía de la corriente del rayo	Es el valor máximo que la corriente de descarga del rayo puede tomar (IEC 62305, 2015).	Valores proporcionados por la normativa IEC, con lo cual se definirá el valor de la corriente de descarga adecuado y por consiguiente su radio.	Radio de la esfera rodante (m)	Razón
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Numero de Pararrayos	Es la cantidad de pararrayos que son necesarios para una determinada estructura (IEC 62305, 2015).	Según las dimensiones del edificio y del radio de la esfera rodante, se calculará la cantidad de pararrayos necesarios.	Numero de pararrayos (m)	Razón

- ANEXO 2 - Instrumento de recolección de datos.

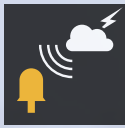
TÉCNICAS	USO	INSTRUMENTOS
Análisis Documental	Se recolecto información de fuentes confiables	Tesis, Artículos de investigación, Libros, Manuales, Catálogos.
Observación	Se obtuvo datos en campo, recolectando medidas y unidades de pararrayos instaladas	Ficha de registro de observación

• ANEXO 3 – Cronograma de desarrollo del proyecto

Ítem	ACTIVIDADES	SEMANA															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	Recopilación de datos																
1	Recopilación de datos en campo	■	■	■													
2	Recolección de datos y documentos				■	■											
B	Análisis de datos																
3	Resumen de Normativas						■										
4	Análisis dimensional de los edificios						■	■									
5	Listado de pararrayos existentes							■									
C	Cálculos y resultados																
6	Cálculos del sistema de protección atmosférica									■	■						
7	Comparativa entre normativas									■	■	■					
8	Proyección de costos del proyecto									■	■						
D	Elaboración de cuadros y conclusiones																
9	Selección de pararrayos												■				
10	Elaboración de cuadro de costos												■				
11	Discusión de resultados													■			
12	Elaboración de recomendaciones													■			
13	Desarrollo de Tesis													■			

- **ANEXO 4 - Catalogo de anexo de componentes de pararrayos**

PARARRAYOS



Y ACCESORIOS



> Necesidad de protección	44
> Legislación y normativa	46
> Situaciones de elevado riesgo recogidas en la normativa	47
> Cómo se forman los rayos	48
> Parámetros de los rayos	48
> Cálculo de riesgo de impacto de rayo	49
> Guía de diseño e instalación mediante pararrayos con dispositivo de cebado (PDC)	50
> Guía de diseño e instalación mediante puntas y mallas	52
> Guía rápida de selección de materiales	54
> Sistemas de captación y accesorios	56
> Pararrayos con dispositivo de cebado	56
> Puntas y mallas	60
> Fijaciones	65
> Mástiles y anclajes	70
> Conductores de bajada y accesorios	79
> Grapas para pletina	79
> Grapas para cable	82
> Grapas para cable y pletina	88
> Soportes	89
> Manguitos	97
> Manguitos seccionadores	103
> Accesorios	105
> Conductores	114



> GUÍA DE DISEÑO E INSTALACIÓN MEDIANTE PARARRAYOS CON DISPOSITIVO DE CEBADO (PDC)

Los pararrayos con dispositivo de cebado basan su funcionamiento en las características eléctricas de la formación del rayo. El rayo comienza con un trazador descendente que se propaga en cualquier dirección. Una vez se acerca a los objetos situados sobre el suelo, cualquiera de ellos puede recibir el impacto. El objetivo de un sistema externo de protección contra el rayo es que el punto de impacto de la descarga sea un objeto controlado, que proporcione a la corriente del rayo un camino hacia tierra sin dañar la estructura.

Los pararrayos con dispositivo de cebado (PDC) se caracterizan por emitir el trazador ascendente continuo antes que cualquier otro objeto dentro de su radio de protección. Las normas UNE 21186 y NF C 17-102 definen esta característica mediante el parámetro denominado **eficacia de un PDC (ΔT)**: "Diferencia expresada en microsegundos entre el tiempo de emisión de un PDC y el de una punta simple medida en laboratorio bajo las condiciones descritas en la norma de referencia".

Este tiempo de avance en el cebado determina el radio de protección del pararrayos. Cuanto mayor sea su anticipación en la formación del trazador ascendente, mayor será la distancia a la que capture el trazador descendente, evitando la caída de rayos en un área mayor. El tiempo de avance debe medirse en un laboratorio de alta tensión según un ensayo descrito en las normativas de protección contra el rayo mediante PDC.

Los elementos de un sistema de protección contra el rayo mediante PDC son los siguientes:

SISTEMA EXTERNO DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO

- Uno o más cabezales captadores.
- Dos o más conductores de bajada.
- Un sistema de toma de tierra.

SISTEMA INTERNO DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO

- Una instalación de protección contra sobretensiones adecuada.
- Otras medidas que minimicen los efectos destructivos del rayo (uniones equipotenciales, apantallamientos, etc.).

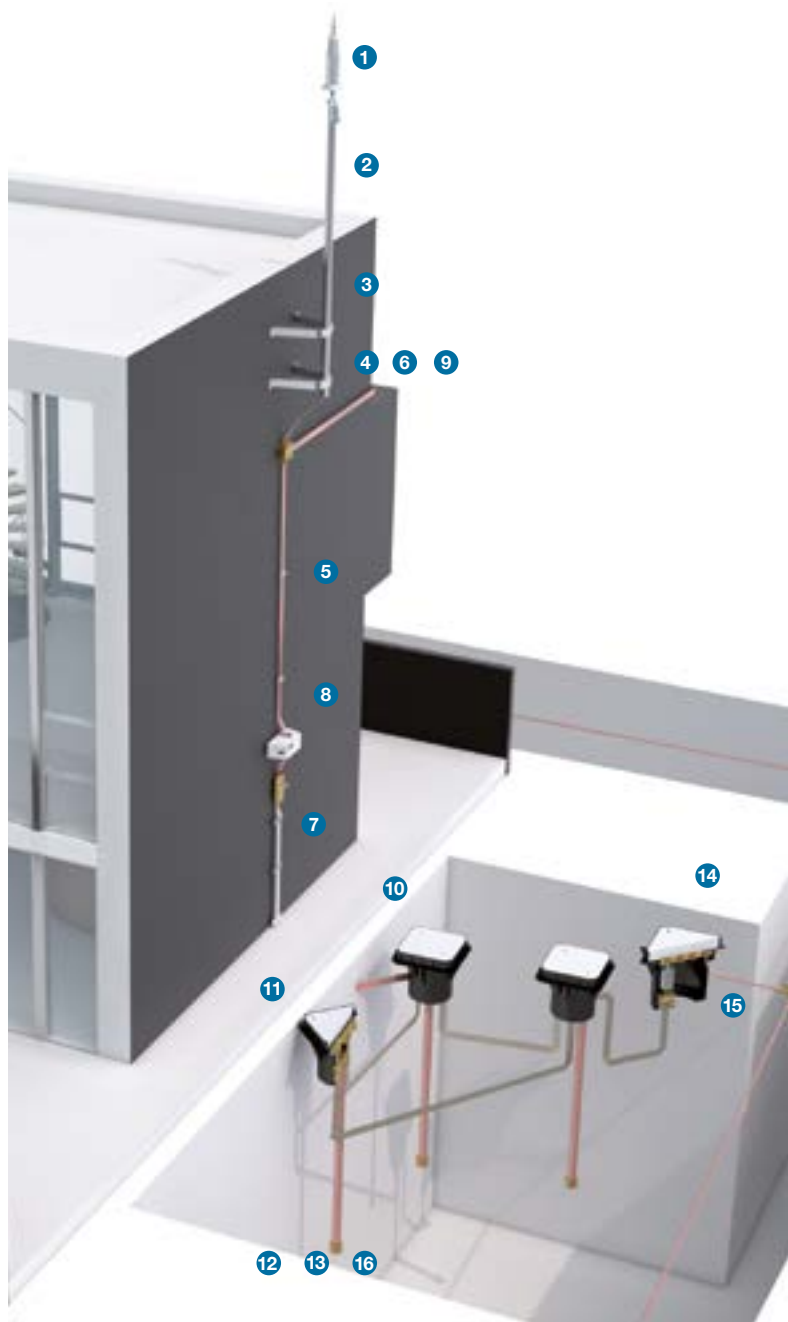
La **instalación**, en el caso de pararrayos con dispositivo de cebado, debe seguir la norma UNE 21186 (Protección contra el rayo: Pararrayos con dispositivo de cebado) y sus equivalentes en otros países (NF C 17-102, entre otras).

> RADIOS DE PROTECCIÓN (R_p)

Calculados según el Código Técnico de Edificación (CTE), la norma UNE 21186, NF C 17-102 y NP 4426.

Ref. →	NIVEL DE PROTECCIÓN I (D=20 m)				NIVEL DE PROTECCIÓN II (D=30 m)				NIVEL DE PROTECCIÓN III (D=45 m)				NIVEL DE PROTECCIÓN IV (D=60 m)			
	AT-1515 AT-2515	AT-1530 AT-2530	AT-1545 AT-2545	AT-1560 AT-2560	AT-1515 AT-2515	AT-1530 AT-2530	AT-1545 AT-2545	AT-1560 AT-2560	AT-1515 AT-2515	AT-1530 AT-2530	AT-1545 AT-2545	AT-1560 AT-2560	AT-1515 AT-2515	AT-1530 AT-2530	AT-1545 AT-2545	AT-1560 AT-2560
2	13	19	25	31	15	22	28	35	18	25	32	39	20	28	36	43
4	25	38	51	63	30	44	57	69	36	51	64	78	41	57	72	85
6	32	48	63	79	38	55	71	87	46	64	81	97	52	72	90	107
8	33	49	64	79	39	56	72	87	47	65	82	98	54	73	91	108
10	34	49	64	79	40	57	72	88	49	66	83	99	56	75	92	109
20	35	50	65	80	44	59	74	89	55	71	86	102	63	81	97	113
60	35	50	65	80	45	60	75	90	60	75	90	105	75	90	105	120

h (m): Altura del pararrayos sobre el elemento a proteger (en metros).
D (m): Radio de esfera rodante (en metros).



> GUÍA DE DISEÑO E INSTALACIÓN MEDIANTE PARARRAYOS CON DISPOSITIVO DE CEBADO (PDC)

> MATERIALES BÁSICOS RECOMENDADOS

CAPTACIÓN	DENOMINACIÓN	REF.	TABLA
<p>1 El radio de protección de un PDC depende de su altura (h) en relación con la superficie a proteger, de su avance de cebado, ΔT y del nivel de protección.</p> <p>2 El pararrayos estará al menos 2 metros por encima de cualquier otro elemento dentro de su radio de protección.</p>	Pararrayos con dispositivo de cebado	AT-1560	1, 2
	Pieza de adaptación	AT-011A	15
	Mástil	AT-056A	30
	Anclaje	AT-023B	31



BAJANTES	DENOMINACIÓN	REF.	TABLA
<p>3 Cada pararrayos ha de ir unido a tierra por dos bajantes situadas en el exterior de la estructura. Éstas deben ir preferiblemente por fachadas distintas del edificio.</p> <p>4 Cada conductor de bajada se instalará de forma que su recorrido sea lo más directo posible, evitando cualquier acodamiento brusco o remonte.</p> <p>El trazado de los conductores de bajada debe ser elegido de forma que evite la proximidad de conducciones eléctricas y su cruce.</p> <p>Cuando sea imposible realizar una bajante por el exterior de la estructura, se puede colocar el cable de bajada por el interior del edificio. Sin embargo no se recomienda porque reduce la eficacia del sistema de protección contra el rayo, dificulta su mantenimiento y aumenta el riesgo de sobretensiones.</p> <p>5 Las fijaciones de los conductores de bajada se realizarán tomando como referencia 3 fijaciones por metro.</p> <p>6 El conductor de bajada debe tener una sección mínima de 50 mm². Dado el carácter de impulso de la corriente del rayo, el conductor plano (pletina) es preferible al conductor redondo, ya que ofrece una mayor superficie exterior para una sección idéntica. Por otra parte, se recomienda el cobre estañado debido a sus propiedades físicas, mecánicas y eléctricas (conductividad, maleabilidad, resistencia a la corrosión, etc.).</p> <p>7 Los conductores deben estar protegidos mediante un tubo de protección hasta una altura superior a dos metros a partir del suelo.</p> <p>8 Se recomienda la instalación de un contador de rayos antes del tubo de protección para poder realizar las operaciones de verificación y mantenimiento indispensables en cualquier instalación de protección contra el rayo.</p> <p>9 Se deberá guardar siempre una distancia de seguridad de 5 metros entre el conductor de bajada y las canalizaciones exteriores de gas.</p>	Grapa	AT-240E	46
	Manguito	AT-020F	90
	Contador de rayos	AT-034G	106
	Tubo de protección	AT-060G	107
	Conductor	AT-052D	121



TOMAS DE TIERRA	DENOMINACIÓN	REF.	TABLA
<p>10 Se realizará una toma de tierra por cada conductor de bajada. Las tomas de tierra deben estar, salvo absoluta imposibilidad, siempre orientadas hacia el exterior de los edificios.</p> <p>11 La resistencia de la toma de tierra medida por medios convencionales debe ser inferior a 10 Ω, separándola de cualquier elemento de naturaleza conductora.</p> <p>Se debe realizar la interconexión con el circuito de tierra en el fondo de la excavación, directamente al pie de cada bajante mediante un dispositivo que permita la desconexión de la toma de tierra y que esté emplazado en un registro de inspección que lleve el símbolo de tierra.</p> <p>12 La inductancia de la toma de tierra debe ser lo más baja posible. La disposición recomendada son electrodos verticales en triángulo con una longitud total mínima</p> <p>de 6 metros, unidos entre sí por un conductor enterrado a 50 cm de profundidad y separados una distancia superior a su longitud.</p> <p>13 Se recomienda la utilización de un mejorador de la conductividad en terrenos de resistividad alta.</p> <p>14 Todas las tomas de tierra deberán estar unidas entre sí y a la toma de tierra general del edificio.</p> <p>15 Se recomienda la unión tanto de la toma de tierra del pararrayos con la toma de tierra general, como el mástil de una antena con el conductor de bajada, mediante una vía de chispas.</p> <p>16 Los elementos de las tomas de tierra de los pararrayos deberán estar separados, en el peor de los casos, 5 metros de toda canalización metálica o eléctrica enterrada.</p>	Electrodo de tierra	AT-025H	133
	Arqueta	AT-010H	144
	Puente de comprobación	AT-020H	148
	Vía de chispas para tomas de tierra	AT-050K	157
	Manguito	AT-020F	90
	Conductor	AT-052D	121





> GUÍA DE DISEÑO E INSTALACIÓN MEDIANTE PUNTAS Y MALLAS

La protección contra el rayo mediante puntas y mallas consiste en repartir y disipar la corriente de descarga del rayo por un entramado de conductores de bajada y tierras.

Los elementos de un sistema de protección contra el rayo mediante puntas y mallas son los siguientes:

> SISTEMA EXTERNO DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO

- Puntas Franklin y conductores de captura.
- Conductores de bajada.
- Sistema de toma de tierra.

> SISTEMA INTERNO DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO

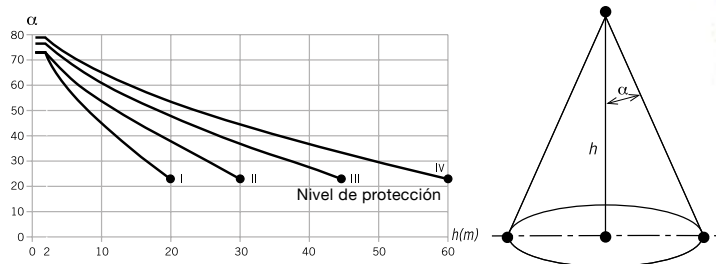
- Una instalación de protección contra sobretensiones adecuada.
- Otras medidas que minimicen los efectos destructivos del rayo (uniones equipotenciales, apantallamientos, etc.).

La instalación, en el caso de mallas y puntas, debe seguir las normas de la serie UNE-EN 62305 (Protección contra el rayo).

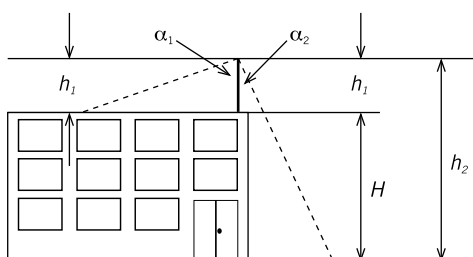
El volumen protegido por los dispositivos de captura se puede determinar utilizando tres métodos:

> MÉTODO DEL ÁNGULO DE PROTECCIÓN

Según este método el volumen protegido por una punta Franklin sería el situado en el interior de un cono cuyo vértice es el extremo del captador por una línea con origen en el captador y con un ángulo que depende de la altura y del nivel de protección según la siguiente tabla y gráfica:



Las puntas Franklin se deben colocar en los puntos más elevados y vulnerables (esquinas, salientes, etc.) tal y como se muestra en el siguiente dibujo:

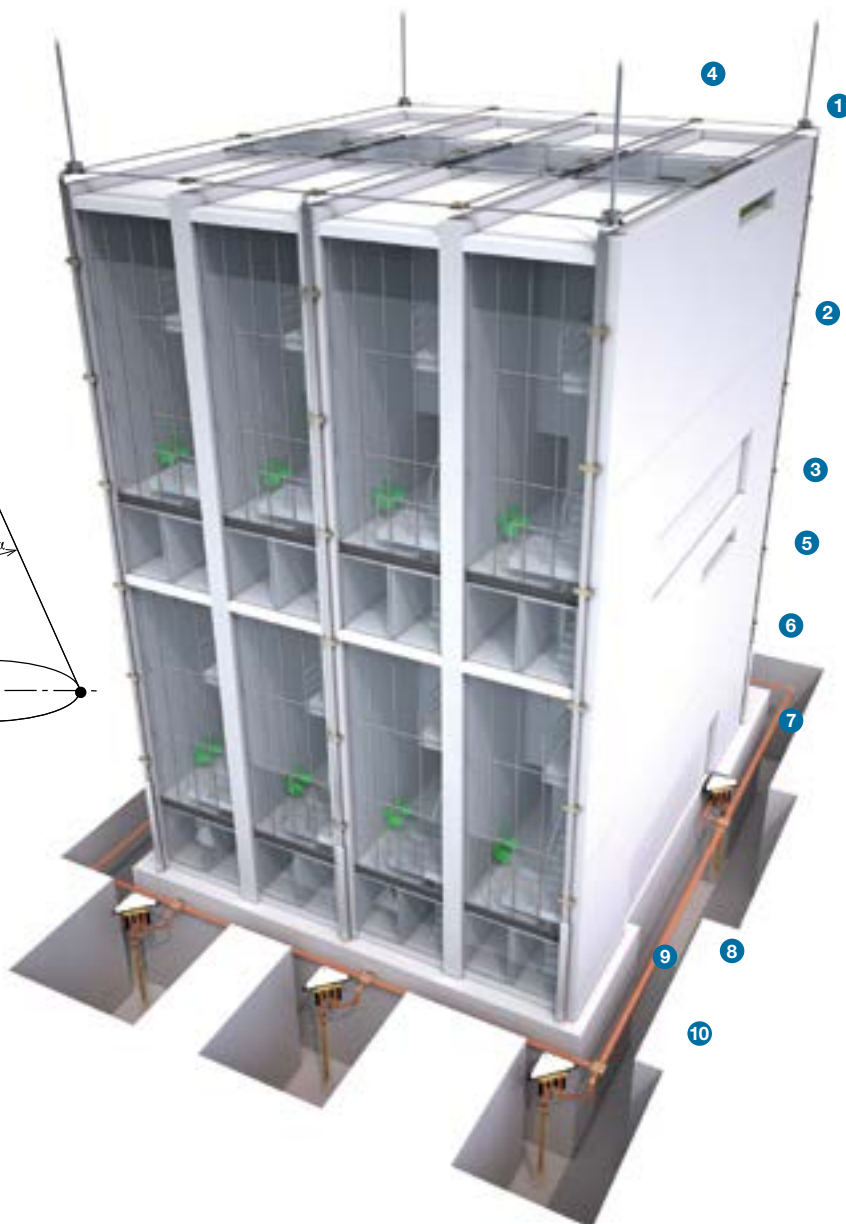
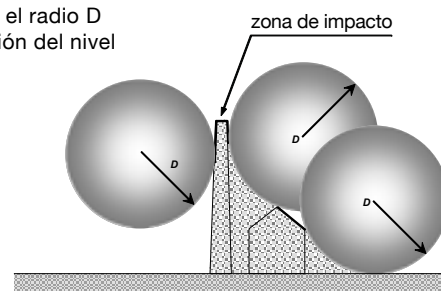


> MÉTODO DE LA ESFERA RODANTE

Este método está basado en un modelo electrogeométrico que asume que el último tramo del trazador descendente puede propagarse hacia cualquier dirección. El modelo representa esto con una esfera (de radio variable según el nivel de protección requerido) cuyo centro es la punta del rayo. Esta esfera se hace rodar por la superficie exterior de la estructura a proteger, de forma que los puntos en contacto con la esfera son susceptibles de recibir el impacto de un rayo.

Según la norma UNE-EN 62305-3 el radio D de la esfera rodante varía en función del nivel de protección:

- Nivel de protección I: D = 20 m
- Nivel de protección II: D = 30 m
- Nivel de protección III: D = 45 m
- Nivel de protección IV: D = 60 m

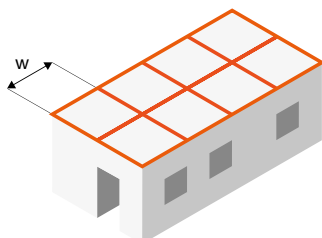


> GUÍA DE DISEÑO E INSTALACIÓN MEDIANTE PUNTAS Y MALLAS

> MÉTODO DE MALLADO

Según este método se debe instalar una retícula de conductores sobre la estructura con una separación que dependerá del nivel de protección:

Nivel de protección	w	Distancia entre bajantes
I	5 m	10 m
II	10 m	10 m
III	15 m	15 m
IV	20 m	20 m



> MATERIALES RECOMENDADOS

DENOMINACIÓN	REF.	TABLA
Punta Franklin	AT-008A	5
Soporte de punta Franklin	AT-116B	17
Punta Franklin autosoportada	AT-104A	10
Dilatador de aluminio	AT-012G	108
Fijación del conductor sobre terraza	AT-041E	66
Manguito	AT-039F	88
Conductor	AT-057D	123

CAPTACIÓN

- Se protegerán las esquinas, los elementos prominentes, el perímetro y la superficie de la cubierta según los métodos descritos.

En edificios por encima de 60 m se protegerá también con una retícula de nivel IV el 20% superior de las fachadas.

BAJANTES

- Deben proporcionar varios caminos paralelos para el reparto de la corriente del rayo.

El recorrido de estos caminos hasta la toma de tierra debe ser lo más directo posible.

Para minimizar el riesgo de chispas peligrosas, las bajantes se deben conectar a las partes metálicas conectadas a tierra si están a una distancia menor de la separación de seguridad definida en las normativas.

- La fijación de los conductores de una malla debe ser en intervalos de aproximadamente 1 m.

- Para evitar que las dilataciones por temperatura de la malla dañen al sistema de protección contra el rayo, se recomienda colocar dilatadores cada 20 m.

- Se instalará un tubo de protección en cada bajante, cubriendo al menos 2 m desde el suelo para evitar daños mecánicos.

- Cada bajante se conecta a la toma de tierra. Se recomienda la unión equipotencial de todas las bajantes a nivel de tierra y cada 20 m.

DENOMINACIÓN	REF.	TABLA
Grapa	AT-240E	46
Soporte de tubería	AT-025J	87
Manguito	AT-039F	88
Conector bimetalico	AT-094F	103
Tubo de protección	AT-060G	107
Protección de uniones	AT-010J	143
Conductor	AT-057D	123

TOMAS DE TIERRA

- La configuración recomendable para la toma de tierra es en anillo, uniendo todas las bajantes.

Se debe disponer en cada bajante de un elemento seccionador que permita medir la toma de tierra de cada bajante.

- Se recomienda que la resistencia de la toma de tierra sea inferior a 10 Ω.

- Los conductores en tierra deben estar enterrados un mínimo de 50 cm.

- No está permitido la utilización de conductores o piezas de aluminio en contacto directo con la tierra.

Las uniones directas entre conductores de cobre y aluminio o cobre y acero galvanizado no están permitidas ya que generan par galvánico que puede aislar la bajante de la toma de tierra. Para poder realizar estas uniones hay que utilizar conectores bimetalicos o inoxidable.

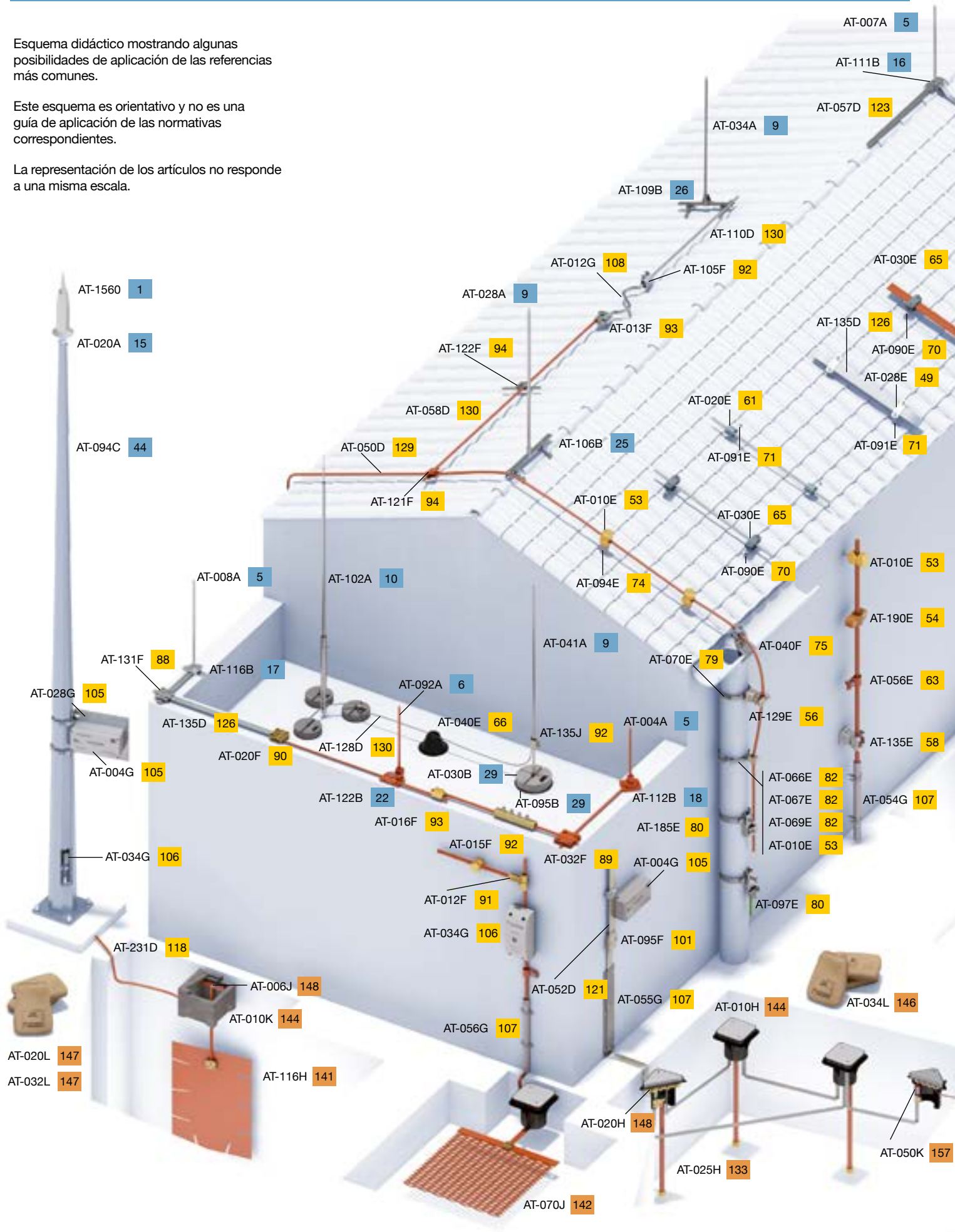
DENOMINACIÓN	REF.	TABLA
Electrodo de tierra	AT-041H	135
Manguito	AT-020F	90
Mejorador de conductividad	AT-010L	145
Arqueta	AT-010H	144
Puente de comprobación	AT-020H	148
Grapa de tierra	AT-090H	158
Conductor	AT-011D	120

> GUÍA RÁPIDA DE SELECCIÓN DE MATERIALES

Esquema didáctico mostrando algunas posibilidades de aplicación de las referencias más comunes.

Este esquema es orientativo y no es una guía de aplicación de las normativas correspondientes.

La representación de los artículos no responde a una misma escala.





> SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y ACCESORIOS

> PARARRAYOS CON DISPOSITIVO DE CEBADO

1 > DAT CONTROLER® PLUS

> DESCRIPCIÓN GENERAL

DAT CONTROLER® PLUS es un pararrayos con dispositivo de cebado (PDC) que basa su funcionamiento en las características eléctricas de formación de los rayos, emitiendo el trazador ascendente continuo antes que cualquier otro objeto dentro de su radio de protección, característica denominada normativamente como **tiempo de avance en el cebado** (ΔT). Cuanto mayor sea su anticipación en la formación del trazador ascendente, mayor será la distancia a la que capture el trazador descendente, protegiendo frente al rayo en un área mayor (las normas limitan a $\Delta T \leq 60 \mu s$).

Los pararrayos **DAT CONTROLER® PLUS** disponen de las mayores garantías de funcionamiento:

1 EXIGENCIAS NORMATIVAS*

Conformidad norma UNE 21186:2011
"Pararrayos con dispositivo de cebado".

- Ensayo niebla salina ✓
- Ensayo atmósfera húmeda sulfurosa ✓
- Ensayo de corriente soportada 100 kA (10/350 μs) ✓
- Ensayo de tiempo de avance ΔT ✓

2 MÁS ALLÁ DE LAS NORMAS: CARACTERÍSTICAS ADICIONALES

Marca AENOR



- Cumplimiento reglamento particular RP 058 de AENOR para pararrayos con dispositivo de cebado ✓
- Toma de muestras de seguimiento realizada por técnicos de AENOR ✓
- Ensayos en laboratorios oficiales independientes ✓

Corriente soportada certificada
20 impactos 100 kA (10/350 μs)

- Aplicación directa de 20 impulsos de corriente (10/350 μs) con una corriente de pico superior de 100 kA y energía específica mayor a 2,5 MJ/ Ω ✓

Funcionamiento en condiciones de lluvia (aislamiento superior al 95%)



- Ensayo conforme UNE-EN 60060-1:2012 ✓
- El diseño patentado del **DAT CONTROLER® PLUS** impide que la lluvia ponga en contacto la carcasa metálica a potencial eléctrico atmosférico (en azul) con el eje metálico a potencial de tierra (en rojo) ✓
- La alimentación del dispositivo de cebado de un PDC viene determinada por la elevada diferencia de potencial que se da, en condiciones de tormenta, entre sus armaduras metálicas aisladas. Es necesario garantizar dicha diferencia de potencial en condiciones de lluvia

Verificación del estado del cabezal

- In situ (DAT CONTROLER® PLUS) ✓
- De forma remota (DAT CONTROLER® PLUS + AT-REMOTE TESTER) ✓

*La última edición de la norma UNE 21186, NF C 17-102 y NP 4426 exige realizar, **consecutivamente y sobre la misma muestra**, los siguientes ensayos:

1. Ensayos medioambientales, en ambientes de gran concentración salina y sulfurosa, para asegurar el funcionamiento del pararrayos en ambientes altamente corrosivos.
2. Ensayo de corriente, aplicando al pararrayos 3 impulsos de 100 kA con onda 10/350 μs , para asegurar su funcionamiento tras repetidas corrientes de rayo.
3. Ensayo de tiempo de avance, para calcular el factor ΔT que determinará su radio de protección.



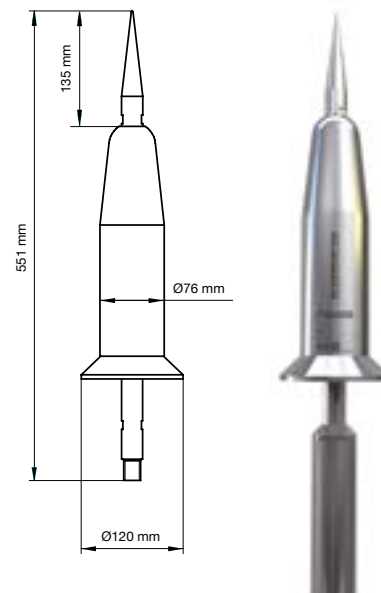
> SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y ACCESORIOS

> PARARRAYOS CON DISPOSITIVO DE CEBADO

> CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Material:	Acero inoxidable AISI 316L
Peso:	3,8 kg
Estanqueidad:	IP67
Temperatura de trabajo:	-25 °C a +88 °C
Tipo de dispositivo de cebado:	Electropulsante (emisor de impulsos)
Aislante interno:	Resina de poliuretano
Fijación:	Rosca macho M20
Normativa:	UNE 21186:2011; NF C 17-102:2011; NP 4426:2013

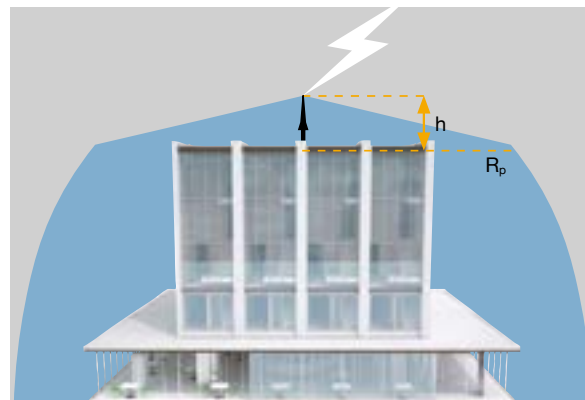
La instalación del pararrayos **DAT CONTROLLER® PLUS** debe realizarse siguiendo la norma UNE 21186:2011, NF C 17-102:2011 y NP 4426:2013. "Protección contra el rayo: Pararrayos con dispositivo de cebado".



> TIEMPOS DE AVANCE (ΔT) DAT CONTROLLER® PLUS

Los pararrayos **DAT CONTROLLER® PLUS** han superado todos los ensayos según la normativa. Por seguridad y facilidad de cálculo se ha aplicado un redondeo a la baja de los resultados obtenidos, certificándose los siguientes tiempos de avance (ΔT) en microsegundos:

Ref.	Modelo	ΔT certificado
AT-1515	DAT CONTROLLER® PLUS 15	15 μs
AT-1530	DAT CONTROLLER® PLUS 30	30 μs
AT-1545	DAT CONTROLLER® PLUS 45	45 μs
AT-1560	DAT CONTROLLER® PLUS 60	60 μs



> RADIOS DE PROTECCIÓN EN METROS (Rp) DAT CONTROLLER® PLUS Y DAT CONTROLLER® PLUS + AT-REMOTE TESTER

Ref. →	NIVEL DE PROTECCIÓN I (D=20 m)				NIVEL DE PROTECCIÓN II (D=30 m)				NIVEL DE PROTECCIÓN III (D=45 m)				NIVEL DE PROTECCIÓN IV (D=60 m)				
	AT-1515	AT-1530	AT-1545	AT-1560	AT-1515	AT-1530	AT-1545	AT-1560	AT-1515	AT-1530	AT-1545	AT-1560	AT-1515	AT-1530	AT-1545	AT-1560	
h (m)	2	13	19	25	31	15	22	28	35	18	25	32	39	20	28	36	43
	4	25	38	51	63	30	44	57	69	36	51	64	78	41	57	72	85
	6	32	48	63	79	38	55	71	87	46	64	81	97	52	72	90	107
	8	33	49	64	79	39	56	72	87	47	65	82	98	54	73	91	108
	10	34	49	64	79	40	57	72	88	49	66	83	99	56	75	92	109
	20	35	50	65	80	44	59	74	89	55	71	86	102	63	81	97	113
60	35	50	65	80	45	60	75	90	60	75	90	105	75	90	105	120	

h (m): Altura del pararrayos sobre el elemento a proteger (en metros).
D (m): Radio de esfera rodante (en metros).



> SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y ACCESORIOS

> PARARRAYOS CON DISPOSITIVO DE CEBADO

> CERTIFICACIONES DE DAT CONTROLER® PLUS



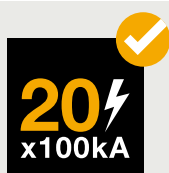
CERTIFICADO DE RADIO DE PROTECCIÓN Y CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA

Certificado de radio de protección para cada modelo y nivel calculado según normas UNE 21186:2011, NF C 17-102:2011 y NP 4426:2013.



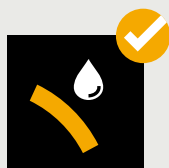
CERTIFICACIÓN DE PRODUCTO AENOR Nº 058/000005

- Resistencia a condiciones ambientales extremas certificada (Ensayo niebla salina y atmósfera húmeda sulfurosa).
- Corriente soportada certificada: 100 kA (10/350 µs).
- Tiempo de avance en el cebado ΔT certificado (Anexo C, UNE 21186:2011).



CERTIFICADO DE CORRIENTE SOPORTADA 20 IMPACTOS 100 kA (10/350 µs)

Aplicación directa de 20 impulsos de corriente (10/350 µs) con una corriente de pico superior de 100 kA y energía específica mayor a 2,5 MJ/Ω (con polaridad positiva y negativa), conforme a UNE-EN 60060-1 y IEC 61083-1.



CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO EN CONDICIONES DE LLUVIA

Aislamiento superior al 95%

Ensayos realizados aplicando la norma UNE-EN 60060-1:2012 en el Instituto Tecnológico de la Energía (ITE).

- Ensayos comparativos seco/lluvia con tensión continua (simulando el campo eléctrico durante la tormenta).
- Ensayos comparativos seco/lluvia con impulsos tipo maniobra (simulando la aproximación del trazador descendente).
- Ensayos comparativos seco/lluvia con impulsos tipo rayo.

> SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y ACCESORIOS

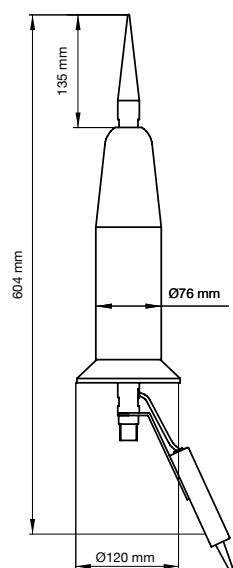
> PARARRAYOS CON DISPOSITIVO DE CEBADO

2 > DAT CONTROLER® PLUS + AT-REMOTE TESTER

> DESCRIPCIÓN GENERAL

DAT CONTROLER® PLUS puede convertirse en un pararrayos testeable de forma remota, hasta una distancia de 100 metros, cuando a petición del cliente es incorporado desde fábrica el dispositivo AT-REMOTE TESTER (referencia AT-2510).

Ref.	Composición	Descripción
AT-2515	AT-1515 + AT-2510	DAT CONTROLER® PLUS 15 + AT-REMOTE TESTER
AT-2530	AT-1530 + AT-2510	DAT CONTROLER® PLUS 30 + AT-REMOTE TESTER
AT-2545	AT-1545 + AT-2510	DAT CONTROLER® PLUS 45 + AT-REMOTE TESTER
AT-2560	AT-1560 + AT-2510	DAT CONTROLER® PLUS 60 + AT-REMOTE TESTER

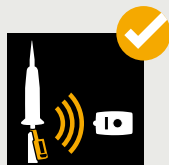


AT-REMOTE TESTER

- ✓ Alcance: 100 metros
- ✓ Comunicación por radiofrecuencia.
- ✓ Sistema totalmente autónomo gracias a paneles solares.
- ✓ Resistencia a condiciones ambientales extremas certificada (ensayo niebla salina y atmósfera húmeda sulfurosa).
- ✓ Corriente soportada certificada: 20 x 100 kA (10/350 µs).
- ✓ Aislamiento superior al 95%, conforme UNE 60060-1:2012.

El AT-REMOTE TESTER comprueba de forma continua el estado del cabezal y emite una señal con el resultado. Esta verificación se llevará a cabo por personal técnico autorizado y mediante un dispositivo de análisis específico.

> CERTIFICACIONES DEL AT-REMOTE TESTER



CERTIFICADO DE CORRIENTE SOPORTADA 20 x 100 kA (10/350 µs) PARA DISPOSITIVO DE VERIFICACIÓN REMOTA DEL PARARRAYOS DAT CONTROLER® PLUS

Aplicación directa de 20 impulsos de corriente (10/350 µs) con una corriente de pico superior a 100 kA y energía específica mayor a 2,5 MJ/Ω, conforme UNE-EN 60060-1 e IEC 61083-1 en los pararrayos con verificación del estado del cabezal de forma remota (**DAT CONTROLER® PLUS + AT-REMOTE TESTER**).



**> SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y ACCESORIOS****> PUNTAS Y MALLAS****3 > PUNTA CAPTADORA**

Puntas de Ø20 mm que se fijan con accesorios como el AT-022F o AT-003M (tablas 27, 28), excepto AT-023A y AT-019A que se fijan, por ejemplo, con AT-010A (tabla 15). Puntas de Ø16 mm que se fijan con accesorios como el AT-161A (tabla 15) o el AT-124B (tabla 18).

Referencia	Dimensiones (mm)	Rosca	Material	Peso (kg)
AT-053L	Ø20 x 300	Rosca hembra M10	Acero inoxidable	0,65
AT-055L	Ø20 x 500	Rosca hembra M10	Acero inoxidable	1,14
AT-096A	Ø20 x 1000	Rosca hembra M10	Acero inoxidable	2,35
AT-097A	Ø20 x 300	Rosca hembra M10	Cobre cromado	0,70
AT-098A	Ø20 x 500	Rosca hembra M10	Cobre cromado	1,25
AT-099A	Ø20 x 1000	Rosca hembra M10	Cobre cromado	2,60
AT-023A	Ø20 x 400	M20	Acero inoxidable	0,90
AT-019A	Ø20 x 400	M20	Cobre cromado	1,00
AT-121A	Ø16 x 300	M16	Acero inoxidable	0,50
AT-122A	Ø16 x 600	M16	Acero inoxidable	1,00

Cumple con IEC 62305, IEC 62561



■ AT-023A (SS - acero inoxidable)
■ AT-019A (CC - cobre cromado)

■ AT-053L (SS - acero inoxidable)
■ AT-097A (CC - cobre cromado)

4 > PUNTA CAPTADORA CON MÁSTIL

Se usan en conjunto con anclajes reducidos como el AT-107B (tabla 24) o los anclajes de mástil (tablas 31 a 41). AT-024A y AT-017A incluyen una pieza de adaptación AT-011A (tabla 15) para fijar el conductor (pletina, cable o redondo) por el interior del mástil. El resto de referencias precisan fijar el conductor por el exterior del mástil (por ejemplo AT-033A, tabla 64). El anclaje reducido AT-107B incluye una grapa a la que puede unirse el conductor.

Referencia	Dimensiones (mm)	Altura total (m)	Material	Peso (kg)
AT-013A	Ø20 x 400 + Mástil Ø1" x 1000	1,4	Acero inoxidable / Acero inoxidable (mástil)	2,5
AT-014A	Ø20 x 400 + Mástil Ø1" x 2000	2,4	Acero inoxidable / Acero inoxidable (mástil)	4,5
AT-024A	Ø20 x 400 + Mástil Ø1½" x 2000	2,4	Acero inoxidable / Acero galvanizado (mástil)	8,3
AT-015A	Ø20 x 400 + Mástil Ø1" x 1000	1,4	Cobre cromado / Acero inoxidable (mástil)	2,6
AT-016A	Ø20 x 400 + Mástil Ø1" x 2000	2,4	Cobre cromado / Acero inoxidable (mástil)	4,6
AT-017A	Ø20 x 400 + Mástil Ø1½" x 2000	2,4	Cobre cromado / Acero galvanizado (mástil)	8,4

Cumple con IEC 62305, IEC 62561

■ AT-024A (SS - acero inoxidable)
■ AT-017A (CC - cobre cromado)



> SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y ACCESORIOS

> PUNTAS Y MALLAS

5 > PUNTA FRANKLIN

Puntas disponibles en cobre o aluminio. Pueden ensamblarse en multipuntas (tabla 11) y en soportes como AT-104B o AT-110B (tablas 16 a 21).

Referencia	Dimensiones (mm)	Longitud total (m)	Rosca	Incluye	Material	Peso (kg)
AT-004A	Ø16 x 350 + Ø15 x 150	0,5	M16	Tuerca de apriete	Cobre	0,73
AT-005A	Ø16 x 850 + Ø15 x 150	1	M16	Tuerca de apriete	Cobre	1,51
AT-006A	Ø16 x 1850 + Ø15 x 150	2	M16	Tuerca de apriete	Cobre	3,00
AT-007A	Ø16 x 350 + Ø15 x 150	0,5	M16	Tuerca de apriete	Aluminio	0,29
AT-008A	Ø16 x 850 + Ø15 x 150	1	M16	Tuerca de apriete	Aluminio	0,53
AT-009A	Ø16 x 1850 + Ø15 x 150	2	M16	Tuerca de apriete	Aluminio	1,06

Cumple con IEC 62305, IEC 62561

- AT-004A (Cu - cobre)
- AT-007A (Al - aluminio)



6 > PUNTA FRANKLIN DE Ø10

Puntas disponibles en cobre o aluminio. Pueden ensamblarse en soportes horizontales y verticales como por ejemplo AT-122B (tablas 22 y 23). Solo adecuadas para aplicaciones donde el estrés mecánico (como el inducido por el viento) no sea crítico.

Referencia	Dimensiones (mm)	Rosca	Incluye	Material	Peso (kg)
AT-092A	Ø10 x 500	M10	Tuerca de apriete	Cobre	0,33
AT-093A	Ø10 x 1000	M10	Tuerca de apriete	Cobre	0,65
AT-094A	Ø10 x 500	M10	Tuerca de apriete	Aluminio	0,11
AT-095A	Ø10 x 1000	M10	Tuerca de apriete	Aluminio	0,22

Cumple con IEC 62305, IEC 62561

- AT-092A (Cu - cobre)
- AT-094A (Al - aluminio)



7 > PUNTA ROSCADA

Adecuada para zócalos de hormigón roscados como AT-097B (tabla 29) o piezas de adaptación como AT-161A (tabla 15).

Referencia	Dimensiones (mm)	Altura total (m)	Rosca	Material	Peso (kg)
AT-114A	Ø16 x 500 + Ø10 x 1000	1,5	M16	Aluminio	0,48
AT-115A	Ø16 x 1000 + Ø10 x 1000	2	M16	Aluminio	0,76
AT-116A	Ø16 x 1500 + Ø10 x 1000	2,5	M16	Aluminio	1,02
AT-117A	Ø16 x 2000 + Ø10 x 1000	3	M16	Aluminio	1,30
AT-118A	Ø16 x 2500 + Ø10 x 1000	3,5	M16	Aluminio	1,52
AT-119A	Ø16 x 3000 + Ø10 x 1000	4	M16	Aluminio	1,73

Cumple con IEC 62305, IEC 62561



AT-116A



> SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y ACCESORIOS

> PUNTAS Y MALLAS

8 > PUNTA LIGERA



Punta hueca no roscada adecuada para anclaje reducido (AT-107B, tabla 24) y zócalos de hormigón apilables con cuña (AT-030B, tabla 29)

Referencia	Dimensiones (mm)	Altura total (m)	Material	Peso (kg)
AT-163A	Ø18 x 1000	1	Cobre	0,84
AT-164A	Ø18 x 1500	1,5	Cobre	1,19
AT-165A	Ø18 x 2000	2	Cobre	1,53
AT-166A	Ø18 x 2500	2,5	Cobre	1,88
AT-167A	Ø18 x 3000	3	Cobre	2,22
AT-168A	Ø18 x 1000	1	Aluminio	0,26
AT-169A	Ø18 x 1500	1,5	Aluminio	0,36
AT-171A	Ø18 x 2000	2	Aluminio	0,47
AT-172A	Ø18 x 2500	2,5	Aluminio	0,57
AT-173A	Ø18 x 3000	3	Aluminio	0,68
AT-174A	Ø18 x 1000	1	Acero inoxidable	0,76
AT-175A	Ø18 x 1500	1,5	Acero inoxidable	1,08
AT-176A	Ø18 x 2000	2	Acero inoxidable	1,40
AT-177A	Ø18 x 2500	2,5	Acero inoxidable	1,72
AT-178A	Ø18 x 3000	3	Acero inoxidable	2,04
AT-179A	Ø18 x 1000	1	Acero galvanizado	0,77
AT-180A	Ø18 x 1500	1,5	Acero galvanizado	1,10
AT-181A	Ø18 x 2000	2	Acero galvanizado	1,42
AT-182A	Ø18 x 2500	2,5	Acero galvanizado	1,75
AT-183A	Ø18 x 3000	3	Acero galvanizado	2,07

Cumple con IEC 62305, IEC 62561

- AT-179A (GS - acero galvanizado)
- AT-174A (SS - acero inoxidable)
- AT-163A (Cu - cobre)
- AT-168A (Al - aluminio)

9 > PUNTA PARA CUÑA



AT-045A

Punta no roscada adecuada para zócalos de hormigón apilables con cuña (por ejemplo AT-030B, tabla 29)

Referencia	Dimensiones (mm)	Altura total (m)	Material	Peso (kg)
AT-025A	Ø16 x 750	0,75	Acero galvanizado	1,22
AT-026A	Ø16 x 1000	1	Acero galvanizado	1,60
AT-027A	Ø16 x 1250	1,25	Acero galvanizado	2,00
AT-028A	Ø16 x 1500	1,50	Acero galvanizado	2,40
AT-029A	Ø16 x 2000	2	Acero galvanizado	3,20
AT-030A	Ø16 x 2500	2,50	Acero galvanizado	4,20
AT-031A	Ø16 x 3000	3	Acero galvanizado	4,80
AT-032A	Ø16 x 1000	1	Acero inoxidable	1,60
AT-034A	Ø16 x 1500	1,50	Acero inoxidable	2,38
AT-035A	Ø16 x 2000	2	Acero inoxidable	3,20
AT-036A	Ø16 x 1000	1	Cobre	1,85
AT-037A	Ø16 x 1500	1,50	Cobre	2,77
AT-038A	Ø16 x 1000	1	Aluminio	0,54
AT-039A	Ø16 x 1500	1,50	Aluminio	0,82
AT-040A	Ø16 x 2000	2	Aluminio	1,80
AT-041A	Ø16 x 2500	2,50	Aluminio	1,40
AT-042A	Ø16 x 3000	3	Aluminio	1,68
AT-043A	Ø10 x 1000	1	Aluminio	0,22
AT-044A	Ø16 x 500 + Ø10 x 1000	1,50	Aluminio	0,48
AT-045A	Ø16 x 1000 + Ø10 x 1000	2	Aluminio	0,76
AT-046A	Ø16 x 1500 + Ø10 x 1000	2,50	Aluminio	1,02
AT-047A	Ø16 x 2000 + Ø10 x 1000	3	Aluminio	1,30

Cumple con IEC 62305, IEC 62561

- AT-026A (GS - acero galvanizado)
- AT-032A (SS - acero inoxidable)
- AT-036A (Cu - cobre)
- AT-038A (Al - aluminio)

> SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y ACCESORIOS

> PUNTAS Y MALLAS

10 > PUNTA AUTOSOPORTADA

Punta soportada por un trípode autoportante, para la protección de estructuras que sobresalgan en el tejado como los equipos de aire acondicionado. Las puntas están diseñadas para una velocidad del viento de 145 km/h. Incluyen zócalos de hormigón apilables, arandela de protección y grapa para conductor de Ø6 - 10 mm. La punta es de aluminio.

Referencia	Dimensión de ocupación en la base (m)	Altura del mástil (m)	Nº de zócalos de hormigón	Carga (kg/m²)	Material	Peso (kg)
AT-100A	0,80 x 0,73	3	3	110	Acero galvanizado / Aluminio	64
AT-101A	0,80 x 0,73	3,5	3	110	Acero galvanizado / Aluminio	64
AT-102A	0,82 x 0,82	4	4	110	Acero galvanizado / Aluminio	78
AT-103A	0,82 x 0,82	4,5	4	110	Acero galvanizado / Aluminio	78
AT-104A	1,10 x 1	5	6	105	Acero galvanizado / Aluminio	116
AT-105A	1,10 x 1	5,5	6	105	Acero galvanizado / Aluminio	116
AT-106A	1,25 x 1,25	6	8	100	Acero galvanizado / Aluminio	160
AT-107A	1,25 x 1,25	6,5	8	100	Acero galvanizado / Aluminio	160
AT-108A	1,25 x 1,25	7	8	100	Acero galvanizado / Aluminio	160
AT-109A	1,25 x 1,25	7,5	8	100	Acero galvanizado / Aluminio	160
AT-110A	1,25 x 1,25	8	8	100	Acero galvanizado / Aluminio	160
AT-111A	1,50 x 1,40	8,5	12	115	Acero inoxidable / Aluminio	240
AT-081A	1,50 x 1,40	9	12	115	Acero inoxidable / Aluminio	245
AT-082A	1,50 x 1,40	9,5	12	115	Acero inoxidable / Aluminio	245
AT-083A	2,10 x 1,80	10	12	60	Acero inoxidable / Aluminio	250
AT-084A	2,10 x 1,80	11	12	60	Acero inoxidable / Aluminio	255
AT-086A	3,30 x 3	12	18	38	Acero inoxidable / Aluminio	380
AT-146A	3,30 x 3	13	24	49	Acero inoxidable / Aluminio	485
AT-147A	3,10 x 3,10	14	24	52	Acero inoxidable / Aluminio	503
AT-148A	3,10 x 3,10	15	24	53	Acero inoxidable / Aluminio	510

Cumple con IEC 62305, IEC 62561



APLICACIÓN AT-111A

11 > MULTIPUNTA DE BRONCE

Multipunta utilizable únicamente con terminales de cobre (por ejemplo AT-004A, tabla 5)

Referencia	Dimensiones de las puntas (mm)	Material	Peso (g)
AT-000A	3 x (Ø9 x 90)	Bronce	325

Cumple con IEC 62305, IEC 62561, BS EN 1982



AT-000A

APLICACIÓN AT-000A

12 > MULTIPUNTA DE COBRE CON MÁSTIL

Multipunta de cobre macizo para instalar en la parte superior de estructuras metálicas. Altura total: 1,5 m (incluyendo mástil y anclaje). Dispone de 8 orificios para su anclaje de Ø18 mm a 80 mm del centro.

Referencia	Dimensiones de la multipunta (mm)	Material	Peso (kg)
AT-001A	(Ø16 x 495) + 4 x (Ø16 x 315)	Cobre (puntas) / Acero galvanizado (mástil)	9,5

Cumple con IEC 62305, IEC 62561



APLICACIÓN AT-001A



> SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y ACCESORIOS

> PUNTAS Y MALLAS

13 > MULTIPUNTA



- AT-003A (Cu - cobre)
- AT-002A (SS - acero inoxidable)

Multipunta con pieza de adaptación de latón. Uso adecuado con mástil de 1½" de acero galvanizado (por ejemplo AT-056A, tabla 30).

Referencia	Dimensiones de la multipunta (mm)	Rango del conductor		Material	Peso (g)
		Ø (mm)	mm ²		
AT-002A	(Ø16 x 185) + 4 x (Ø8 x 72)	8 - 10	50 - 70	Acero inoxidable (puntas)	885
AT-003A	(Ø16 x 185) + 4 x (Ø8 x 72)	8 - 10	50 - 70	Cobre (puntas)	940

Cumple con IEC 62305, IEC 62561

14 > PUNTO DE DESCARGA



- AT-112A (Cu - cobre)
- AT-113A (Al - aluminio)

Provisto de tornillo para fijar los conductores.

Referencia	Dimensiones (mm)	Material	Peso (g)
AT-112A	112 x 112 x 25	Cobre	410
AT-113A	112 x 112 x 25	Aluminio	130

Cumple con IEC 62305, IEC 62561

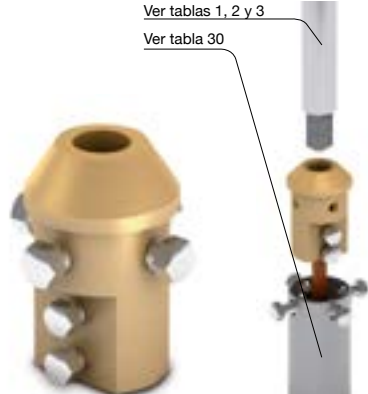
> FIJACIONES

15 > PIEZA DE ADAPTACIÓN

APLICACIÓN AT-011A

Ver tablas 1, 2 y 3

Ver tabla 30



- AT-011A (NB - latón)
- AT-021A (SS - acero inoxidable)

Se utiliza para la fijación del pararrayos en el mástil y la conexión interior con el conductor (pletina, cable o redondo). En la AT-161A se pueden fijar puntas como AT-121A (tabla 3) o AT-114A (tabla 7)

Referencia	Mástil Ø	Dimensiones (mm)	Rango de conductores			Rosca	Material	Peso (g)
			Ø (mm)	mm ²	Pletina (mm)			
AT-010A	1½"	Ø48 x 70	8 - 10	50 - 70	-	M20	Latón	675
AT-011A	1½"	Ø48 x 70	8 - 10	50 - 70	30 x 2 - 30 x 3,5	M20	Latón	655
AT-012A	1"	Ø34 x 97	8 - 10	50 - 70	-	M20	Latón	420
AT-020A	1½"	Ø48 x 70	8 - 10	50 - 70	-	M20	Acero inoxidable	615
AT-021A	1½"	Ø48 x 70	8 - 10	50 - 70	30 x 2 - 30 x 3,5	M20	Acero inoxidable	640
AT-022A	1"	Ø34 x 97	8 - 10	50 - 70	-	M20	Acero inoxidable	400
AT-151A	1½"	Ø48 x 70	8 - 10	50 - 70	30 x 2 - 30 x 3,5	M20	Aluminio	335
AT-161A	1½"	Ø48 x 70	8 - 10	50 - 70	30 x 2 - 30 x 3,5	M16	Acero inoxidable	625

Cumple con UNE 21186, NF C 17-102, IEC 62305, IEC 62561

ETAP Electrical Power System Software Demo

SUCCESSFUL DEMO DOWNLOAD REGISTRATION



Dear Javier Portilla Socon,

Thank you for your interest in the ETAP Enterprise Suite of electrical power system analysis and operation software. ETAP is a full spectrum analytical software specializing in the analysis, simulation, monitoring, control, optimization, and automation of electrical power systems. The ETAP Demo is a 30-day working copy of ETAP for sample industrial and transmission systems with functional restrictions.

Please use the Installation Code below to install the demo:

June, 2021: 1Z3H

July, 2021: VDTD

The ETAP demo provides access to specific activated modules, however, to evaluate additional modules, simply provide us with your Return Code and we will furnish you with an Activation Code for the requested modules.

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quién suscribe, Pedro Sánchez Domínguez , mediante la presente hago constar que el instrumento utilizado para la recolección de datos del trabajo de grado titulado: **Estudio de un Sistema de Protección Atmosférica Según Normas IEC 62305 Para una Nave Industrial en el Departamento de Junín**, elaborado por el estudiante Javier alexis Portilla Socon, aspirante al título de ingeniero Mecánico Electricista, reúne los requisitos suficiente y necesarios para ser considerados válidos y confiable, y por tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos que se plantean en la investigación.

Atentamente:



PEDRO SÁNCHEZ DOMÍNGUEZ

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ITEM	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse una tabla por favor indique)
	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Cantidad ³		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	x		x		x		
2	x		x		x		
3	x		x		x		
4							
ASPECTOS GENERALES					SI	NO	
Los instrumentos contienen instrucciones claras y precisas para el correcto llenado de parámetros.					x		
Los ítems permiten lograr la obtención de data importante para la investigación.					x		
Los ítems son suficientes para la recolección de información. En caso sea la respuesta negativa sugiera añadir ítems.					x		
VALIDEZ							
APLICABLE			x	NO APLICABLE			
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

¹ Corresponde al concepto teórico formulado de las variables y/o dimensiones.

² Los ítems están apropiados para representar los indicadores y variables.

³ No se encuentra ninguna dificultad para el llenado de los cuadros siendo conciso, exacto y directo.

DATOS GENERALES DEL EXPERTO

Apellidos y nombres: Sánchez Domínguez Pedro

Profesión: Ingeniero

Especialidad: En Energía


 Firma del Experto
 CIP: 165810

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quién suscribe, Frank Cristhoper Oviedo Marchan , mediante la presente hago constar que el instrumento utilizado para la recolección de datos del trabajo de grado titulado: **Estudio de un Sistema de Protección Atmosférica Según Normas IEC 62305 Para una Nave Industrial en el Departamento de Junín**, elaborado por el estudiante Javier Alexis Portilla Socon, aspirante al título de ingeniero Mecánico Electricista, reúne los requisitos suficiente y necesarios para ser considerados válidos y confiable, y por tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos que se plantean en la investigación.

Atentamente:



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ITEM	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse una tabla por favor indique)
	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Cantidad ³		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	x		x		x		
2	x		x		x		
3	x		x		x		
4							
ASPECTOS GENERALES					SI	NO	
Los instrumentos contienen instrucciones claras y precisas para el correcto llenado de parámetros.					x		
Los ítems permiten lograr la obtención de data importante para la investigación.					x		
Los ítems son suficientes para la recolección de información. En caso sea la respuesta negativa sugiera añadir ítems.					x		
VALIDEZ							
APLICABLE			x	NO APLICABLE			
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

¹ Corresponde al concepto teórico formulado de las variables y/o dimensiones.

² Los ítems están apropiados para representar los indicadores y variables.

³ No se encuentra ninguna dificultad para el llenado de los cuadros siendo conciso, exacto y directo.

DATOS GENERALES DEL EXPERTO

Apellidos y nombres: Oviedo Marchan Frank Cristhoper

Profesión: Ingeniero


Especialidad: Energía

Firma del Experto
CIP: 186150

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quién suscribe, Jiancarlos José Vivar Valdivia , mediante la presente hago constar que el instrumento utilizado para la recolección de datos del trabajo de grado titulado: **Estudio de un Sistema de Protección Atmosférica Según Normas IEC 62305 Para una Nave Industrial en el Departamento de Junín**, elaborado por el estudiante Javier Alexis Portilla Socon, aspirante al título de ingeniero Mecánico Electricista, reúne los requisitos suficiente y necesarios para ser considerados válidos y confiable, y por tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos que se plantean en la investigación.

Atentamente:

A handwritten signature in blue ink, consisting of several vertical strokes and a horizontal line across the middle, with some additional scribbles at the bottom.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ITEM	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse una tabla por favor indique)
	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Cantidad ³		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	x		x		x		
2	x		x		x		
3	x		x		x		
4							
ASPECTOS GENERALES					SI	NO	
Los instrumentos contienen instrucciones claras y precisas para el correcto llenado de parámetros.					x		
Los ítems permiten lograr la obtención de data importante para la investigación.					x		
Los ítems son suficientes para la recolección de información. En caso sea la respuesta negativa sugiera añadir ítems.					x		
VALIDEZ							
APLICABLE			x	NO APLICABLE			
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

¹ Corresponde al concepto teórico formulado de las variables y/o dimensiones.

² Los ítems están apropiados para representar los indicadores y variables.

³ No se encuentra ninguna dificultad para el llenado de los cuadros siendo conciso, exacto y directo.

DATOS GENERALES DEL EXPERTO

Apellidos y nombres: Vivar Valdivia Jiancarlos José

Profesión: Ingeniero

Especialidad: Mecánico Eléctrico



Firma del Experto

CIP: 236481